

# **Abschlussbericht**

## Pilotstudie

### **Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten**

Projektnummer: UFO-Plan FKZ 705 62 449

#### Auftraggeber

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)  
14191 Berlin

#### Auftragnehmer

Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen  
Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie  
Direktor: Prof. Dr. med. Volker H. Mersch-Sundermann  
Aulweg 123, 35385 Gießen

#### seit 01.10.2007:

Albrecht-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene  
Department of Environmental Health Sciences  
Direktor: Prof. Dr. med. Volker H. Mersch-Sundermann  
Breisacher Str. 115b, 79106 Freiburg im Breisgau

Die Studie wurde durch Mittel des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) Berlin finanziert (Förderkennzeichen: UFO-Plan FKZ 705 62 449)

An der Durchführung der Studie und der Erstellung des Abschlussberichtes haben folgende Institutionen und Personen mitgewirkt:

**Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie (IIUT), Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen**

Prof. Dr. Volker Mersch-Sundermann (Direktor, Studienleiter)

Dr. rer. nat. Richard Gminski (stellvertretender Studienleiter)

Tao Tang, M.Sc.

LTA Anja Schnecko

**Institut für Hygiene und Umweltmedizin (IfHU), Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen**

Prof. Dr. med. Thomas Eikmann (Direktor)

Prof. Dr. med. Caroline Herr

Dipl.-Ing. Anja zur Nieden, M.P.H.

Dipl.-Ing. Susanne Harpel

Cand. med. Henrik Schumann

Cand. med. Jan-Christoph Selle

**Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS), Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen**

Priv.-Doz. Dr. med. Schneider (komm. Institutsleiter)

Prof. Dr. rer. nat. Dr. biol. hom. Klaus Rödelsperger

Dipl.-Ing. Bernd Brückel

**Betriebsärzte der Untersuchungsstandorte**

Dr. med. Dirk Bültermann

Dr. med. Thomas Kreis

Dr. Dr. med. Hans von Rechenberg

**Technische Durchführung der Innenraummessungen vor Ort**

Cand Dipl. Biol. Lars Jöckel

Cand. Dipl. Chem. Anton Beriska

Dipl-Geograph Philipp Lisiecki

## Inhaltsverzeichnis

A	Verzeichnis der Tabellen	IX
B	Verzeichnis der Abbildungen	X
C	Verzeichnis der Abkürzungen	XVI

	<b>Einleitung und Fragestellung</b>	<b>1</b>
1	Studienteil A – Untersuchungen zur Innenraumluftqualität	4
<b>1.1</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>5</b>
1.1.1	Auswahl der Gebäude und Büros	5
1.1.2	Untersuchungsstrategie	6
1.1.3	Raum- und Gerätespezifikationen	10
1.1.4	Messverfahren und Analytik	12
1.1.4.1	Temperatur und Feuchte	12
1.1.4.2	Anorganische Gase	12
1.1.4.3	Flüchtige, organische Verbindungen (TVOC und VOC)	13
1.1.4.3.1	Identifizierung und Quantifizierung	16
1.1.4.3.2	Verfahrenskenngrößen	18
1.1.4.3.3	Qualitätssicherung bei Probennahme und GC-Analytik	19
1.1.4.4	Stäube / Partikel	19
1.1.4.4.1	Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23 \mu\text{m}$ bis $\geq 20 \mu\text{m}$	20
1.1.4.4.2	Partikel mit Durchmesser $0,01 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$	22
1.1.4.5	Elektronenmikroskopie (REM/TEM)	23
1.1.4.5.1	Fragestellung	23
1.1.4.5.2	Präparation	23
1.1.4.5.3	Auswertung	24
1.1.4.6	Formaldehyd	25
1.1.4.7	Luftkeime (Schimmelpilze)	25
1.1.4.8	Statistische Auswertung	26
<b>1.2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>27</b>
1.2.1	Spezifikationen der Büroräume	27
1.2.2	Temperatur und Feuchte	31
1.2.3	Anorganische Gase	34
1.2.4	Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	34
1.2.4.1	Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)	34

1.2.4.2	Flüchtige organische Verbindungen (VOC Einzelstoffe)	35
1.2.5	Stäube / Partikel	49
1.2.5.1	Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23 \mu\text{m}$ bis $\geq 20 \mu\text{m}$	49
1.2.5.2	Partikel mit Durchmesser $0,01 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$	61
1.2.6	Elektronenmikroskopie	67
1.2.7	Formaldehyd	84
1.2.8	Luftkeime (Schimmelpilze)	84
<b>1.3</b>	<b>Diskussion der Innenraumlufdaten</b>	91
1.3.1	Spezifikation der Büroräume	92
1.3.2	Temperatur und Feuchte	93
1.3.3	Anorganische Gase	94
1.3.4	Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	96
1.3.4.1	Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)	96
1.3.4.2	Flüchtige organische Verbindungen (VOC)(Einzelstoffe)	97
1.3.5	Stäube / Partikel	101
1.3.5.1	Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23$ bis $> 20 \mu\text{m}$	101
1.3.5.2	Partikel mit Durchmesser $0,01$ bis $1 \mu\text{m}$	105
1.3.6	Elektronenmikroskopie	107
1.3.7	Formaldehyd	109
1.3.8	Luftkeime (Schimmelpilze)	110
<b>2</b>	<b>Studienteil B – Gesundheitliche Erhebung bei Probanden an Büroarbeitsplätzen</b>	113
<b>2.1</b>	<b>Einleitung / Ziele</b>	114
<b>2.2</b>	<b>Material und Methoden</b>	115
2.2.1	Auswahl von Orten und Rekrutierung von Studienteilnehmern	115
2.2.2	Fragestellung und Parameterauswahl	116
2.2.2.1	Fragebogenerhebung	118
2.2.2.1.1	Modul 1 – Arbeitsumwelt und Gesundheit	118
2.2.2.1.2	Modul 2 – Persönlichkeit, Psychosomatik, Lebensqualität	119
2.2.2.2	Untersuchungen und Tests	121
2.2.3	Vorgehensweise	125
2.2.3.1	Ethikvotum	125
2.2.3.2	Schulung und Einsatz medizinischer Interviewer	125
2.2.3.3	Tagesuntersuchungsgang	126

2.2.3.4	Protokollierung der Arbeitsumgebung	127
2.2.4	Datenaufbereitung und statistische Auswertung	128
<b>2.3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>130</b>
2.3.1	Kollektive in Auswertung	130
2.3.2	Explorative Auswertung	130
2.3.2.1	Soziodemographische Daten	131
2.3.2.2	Gesundheit	138
2.3.2.2.1	Selbstberichtete Erkrankungen	138
2.3.2.2.2	Körperliche und seelische Gesundheit (SF-36)	138
2.3.2.2.3	Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2)	141
2.3.2.2.4	C-reaktives Protein (CrP)	145
2.3.2.2.5	Stickstoffmonoxid (NO) im Exhalat	146
2.3.2.2.6	Lungenfunktion	150
2.3.2.2.7	IgE-Konzentrationen im Serum	151
2.3.2.2.8	Sensibilisierung gegenüber häufigen Allergenen (RAST)	151
2.3.2.3	Individuelle Charakteristika	152
2.3.2.3.1	Persönlichkeit (FPI-R)	152
2.3.2.3.2	Lebenszufriedenheit (FLZ)	154
2.3.2.3.3	Umweltbesorgnis (UWB)	156
2.3.2.3.4	Konzentrationsleistung (d2 Aufmerksamkeitstest)	157
2.3.2.4	Büroarbeitsplatz: Beschwerden und Arbeitsplatzbeurteilung	160
2.3.2.4.1	Beschwerdeprofil mit und ohne Tonerbezug	161
2.3.2.4.2	Beschwerdeprofil Büroarbeitsplatzumwelt	162
<b>2.4</b>	<b>Diskussion (Studienteil B)</b>	<b>163</b>
2.4.1	Machbarkeit und Grenzen der Studie	163
2.4.2	Charakterisierung der Probanden bezüglich der Fragestellung	165
2.4.2.1	Bereich Soziodemographie	165
2.4.2.2	Bereich Gesundheit	165
2.4.2.2.1	Entzündungsparameter	166
2.4.2.2.2	Allergien / Sensibilisierung	166
2.4.2.2.3	Lungenfunktionsprüfung	167
2.4.2.3	Bereich individuelle Charakteristika	168
2.4.2.4	Bereich Büroarbeitsplatz	168
2.4.3	Fazit	169
2.4.4	Anforderungen an die Hauptstudie	170

3	Studienteil C – Zusatzuntersuchungen	172
3.1	<b>Metalle im Urin</b>	174
3.1.1	Material und Methoden	174
3.1.2	Ergebnisse	175
3.1.3	Diskussion	176
3.1.4	Zusammenfassende Bewertung	178
3.2	<b>Lungenfunktionsanalyse ausgewählten Probanden aus der Pilotstudie</b>	179
3.2.1	Material und Methoden	179
3.2.2	Beschreibung des Patientenkollektivs	179
3.2.3	Untersuchungsbefunde	180
3.2.3.1	Allgemeine und anamnestische Daten	181
3.2.3.2	Lungenfunktionsanalysen	181
3.2.3.3	Untersuchung der unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität (UBH)	182
3.2.4	Zusammenfassende Bewertung	183
4	Schlussfolgerungen und Ausblick	185
5	Zusammenfassung	190
6	Danksagung	197
7	Literatur	198
8	<b>Anhang</b>	208
8.1	Anorganische Gase	209
8.2	Formaldehyd	209
8.3	Statistische Tests zur Prüfung auf Normalverteilung	210
8.3.1	Feuchtemessung	210
8.3.2	Temperatur	210
8.3.3	Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC)	210
8.3.4	Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23 - \geq 20 \mu\text{m}$	211
8.3.5	Partikel mit Durchmesser $0,01 - 1 \mu\text{m}$	211
8.3.6	Wilcoxon Signed Rank Test für TVOC unter der Annahme einer Nichtnormalverteilung	212

8.3.7	Wilcoxon Signed Rank Test für die Daten der Partikel mit Durchmesser 0,01 – 1,0 µm unter der Annahme einer Nicht-Normalverteilung	213
8.3.8	Student's t-Test für abhängige Stichproben für die Daten der Partikel mit Durchmesser 0,01 – 1,0 µm unter der Annahme einer Normalverteilung	214
8.4	Vergleichende elektronenmikroskopische Analysen zur Elementzusammensetzung von Dieselpartikeln und Nachweis von Hüllen bei früheren Untersuchungen von Tonerstaub	215
8.5	Standardisierte TEM-Auswertung der Filter 219, 220, 221, 222 und 229 bei 40.000-facher Vergrößerung	220
8.6	Studieninformation und Einverständniserklärung	226
8.7	Umweltmedizinischer Fragebogen zu Studienteil B	229
8.8	Vollständige Fragen- und Itemliste (Variablenliste)	253
8.9	Qualitätssicherung	314
	Impressum	317

## A Verzeichnis der Tabellen

Tab.	Titel	Seite
1	Standorte der Untersuchungen und Untersuchungszeiträume	6
2	Untersuchungs- und Messparameter (Innenraumuntersuchungen)	7
3	Beschreibung der Messphasen	8
4	Messbereiche des Multigasanalytators M6000 der Firma GfU, Potsdam	13
5a	Messprotokoll Arbeitsbedingungen der Thermodesorption und der Gaschromatographie	14
5b	Einstellungen des Massenspektrometers (MS)	14
6a	Verbindungen, die bei der VOC-Analyse über Einzelkalibrierung quantitativ bestimmt wurden	15
6b	Lineare Regressionsgleichung und Bestimmtheitsmass $r^2$ der bei der VOC-Analyse quantitativ bestimmten Einzelverbindungen	18
7	Raumspezifikation der untersuchten Büroräume	28
8	Bürogerätespezifikation der untersuchten Büroräume kodiert (nach IfHU)	29
9	Kenngrößen der Konzentrationsmessungen der in der Büroraumlufte identifizierten VOC (N: Anzahl der Phasen, in denen die jeweilige Verbindung oberhalb der Bestimmungsgrenze von $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen wurde/Anzahl der auswertbaren Phasen)	42
10	REM/TEM-Untersuchungen von Raumlufproben aus Büroräumen von Standort B und zugehörigem Tonermaterial	68
11	REM/TEM-Untersuchungen von Raumlufproben aus Büroräumen von Standort C und zugehörigem Tonermaterial	70
12	REM/TEM-Untersuchungen von Dieselruß	70
13	Übersicht zu den REM/TEM-Ergebnissen der quantitativen Auswertungen von Luftproben	81
14	Übersicht der Fragestellungen und Methoden der Machbarkeitsstudie	117
15	Inhalte und Quellen für Fragebogenmodul 1 – Erhebung von Arbeitsumwelt und Gesundheit	118
16	Laborparameter aus EDTA-Blutproben und Serumproben	124
17	Qualitätssicherung der Metallanalytik im 24-Stunden-Sammelurin	175
18	Ergebnisse der Metallanalytik im 24-Stundenurin, Angaben in $\mu\text{g}/\text{L}$ (N=65, unsortiert)	176
19	Personendaten und anamnestiche Angaben zum in der Lungenfunktion untersuchten Probandenkollektiv (N=11)	181
20	Untersuchungsbefunde der in der Lungenfunktion untersuchten Probanden mit Angabe von toner- bzw. laserdruckerassozierten Gesundheitsstörungen	182

## B Verzeichnis der Abbildungen

Abb.	Titel	Seite
1	Standarddruckvorlagen für den SW-Druck und Farbdruck	10
2	Messstrategie (die angegebenen Zeiten sind exemplarisch und variierten z.T.beträchtlich)	11
3	Typische Kalibriergerade für Toluol (10-1000 ng)	16
4	Temperaturen in den Büroräumen A-1 bis D-63 (Einmalmessungen zu Beginn der Messphasen RB, DB und AB)	32
5	Relative Luftfeuchte in den Büroräumen A-1 bis D-63 (Einmalmessungen zu Beginn der Messphasen RB, DB und AB)	33
6	Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Büroräumen A2-D63 (N=62) im Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB)(Ergebnisse sind Mittelwerte aus 2 Parallelmessungen)	37
7	Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Büroräumen A2-D63 (N=62) im Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB) nach Standorten und Gebäuden	38
8	Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Büroräumen A2-D63 (N=62), differenziert nach Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB), Arbeitsbetrieb (AB)	39
9	Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 22 Büroräumen (N=22) mit TVOCconc: DB > RB [linke Graphik: Einzelmessungen, rechte Graphik: MW + SD (blau) und Mediane (rot)] für RB-, DB- und AB-Phase	40
10	Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 25 Büroräumen (N=25) mit TVOCconc: DB<RB [linke Graphik: Einzelmessungen, rechte Graphik: MW + SD (blau) und Mediane (rot)] für RB-, DB- und AB-Phase	41
11	Mittelwerte, Standardabweichungen (MW + SD) und Medianwerte aller in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB (siehe Tabelle 9) gemessenen Konzentrationen an TVOC und Einzelverbindungen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen	43
12	25. und 75.Perzentile sowie Maxima aller in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB (siehe Tabelle 9) gemessenen Konzentrationen and TVOC und Einzelverbindungen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen	43
13	Mittelwerte (MW + SD) und Medianwerte der in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB in den Büroräumen gemessenen VOC-Konzentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	44
14	Konzentrationen von Benzol (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A2-D63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB	45
15	Konzentrationen von Styrol (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A2-D63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB	46
16	Konzentrationen von $\alpha$ -Pinen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A2-D63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB	47
17	Konzentrationen von Limonen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A2-D63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB	48
18a	Stäube in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [0,23 - >20 $\mu\text{m}$ , arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) über die jeweilige Messphase] in der Büroraumluft von 63 Büroräumen gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase	54

Abb.	Titel	Seite
18b	PM <sub>10</sub> -Stäube in µg/m <sup>3</sup> [Mittelwerte über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase	53
18c	PM <sub>2,5</sub> -Stäube in µg/m <sup>3</sup> [Mittelwerte über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase	54
18d	Vergleich der Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD)(links) sowie der Medianwerte (rechts) der Stäube (0,23 - ≥20 µm), PM <sub>10</sub> -Staubfraktion und der PM <sub>2,5</sub> -Staubfraktion in µg/m <sup>3</sup> [Mittelwerte aller Büroraumlufte-messungen über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB)	55
19	Stäube in µg/m <sup>3</sup> [0,23 - >20 µm, arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) in Büroräumen geordnet nach RB-, DB- und AB-Phase in der Raumlufte von 63 Büroräumen (N=189)	56
20	Stäube in µg/m <sup>3</sup> [0,23 - ≥20 µm, arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) in Büroräumen, in denen die mittlere Staubkonzentration während der DB-Phase um >20 µg/m <sup>3</sup> über der RB-Phase lag (N=20)	57
21	Beispiel: Stäube nach Fraktionen in µg/m <sup>3</sup> (0,23 - ≥20 µm) in Büroraum C-33	58
22	Beispiel: Stäube nach Fraktionen in µg/m <sup>3</sup> (0,23 - ≥20 µm) in Büroraum C-37	59
23	Beispiel: Stäube nach Fraktionen in µg/m <sup>3</sup> (0,23 - ≥20 µm) in Büroraum D-45	60
24	Mittelwerte und Standardabweichungen (MW+SD) der Konzentrationen (Partikel/cm <sup>3</sup> ) feiner und ultrafeiner Partikel (10 -1000 nm im CPC) in Büroräumen der Standorte B und D (N=30) in den Messphasen RB, DB und AB	63
25	Mittelwerte und Standardabweichungen (MW+SD) der Konzentrationen (Partikel/cm <sup>3</sup> ) feiner und ultrafeiner Partikel (10 -1000 nm im CPC) in Büroräumen der Standorte B und D (N=30), differenziert nach Messphasen RB, DB und AB	64
26	Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm <sup>3</sup> in Raum B-14 während der RB-, DB- und AB-Phase	65
27	Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm <sup>3</sup> in Raum B-16 während der RB-, DB- und AB-Phase	65
28	Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm <sup>3</sup> in Raum B-21 während der RB-, DB- und AB-Phase	66
29	Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm <sup>3</sup> in Raum D-57 während der RB-, DB- und AB-Phase	66
30	Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm <sup>3</sup> in Raum D-59 während der RB-, DB- und AB-Phase	67
31	REM-Aufnahmen von Tonerstaub aus Drucker zu Filter 217 (Raum B-23) und Filter 218 (Raum B-24) mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar	72
32	REM-Aufnahmen von Tonerstaub aus Drucker zu Filter 219 (Raum B-20) und mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar	72
33	REM-Aufnahme einer Streuprobe von Tonerstaub im Vergleich mit einem Partikel (Pfeil) auf der Filterprobe 219 (Raum B-20) der entsprechenden Luftmessung während des Druckvorgangs (beide Aufnahmen bei 10.000-facher Vergrößerung)	73

Abb.	Titel	Seite
34	REM-Aufnahmen von originären Tonerstaub korrespondierend zu Filter 220 (Raum B-16) und mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar	73
35	TEM-Aufnahmen der originären Tonerprobe korrespondierend zu Filter 219 (Raum B-20). Präparation aus wässriger Suspension. Bei 5000-facher Vergrößerung (links; Bildunterkante 16 µm) zeigt sich der von der Hülle befreite Inhalt eines Tonerpartikels. Bei 40.000-facher Vergrößerung (rechts; Bildunterkante 2 µm) zeigen sich neben größeren schwarzen auch flockige transparente Partikel, die aus Nanoteilchen bestehen können. Das Elementspektrum des größeren, schwarzen Partikel zeigt Fe>>Al>Si. Die Analyse eines Bereiches mit kontrastschwächeren Aggregaten (Pfeil) lässt ein verändertes Spektrum von Fe,Si>Al erkennen. Der Fe-Anteil kann dabei aufgrund der dichten Belegung als Störpeak angesehen werden.	74
36	TEM-Aufnahmen der originären „Tonerproben 3 und 4“ korrespondierend zu den Filtern 229/231 (Räume C-29, C-32) nach Präparation aus wässriger Suspension. Bei 2000-facher Vergrößerung (oben links, Bildunterkante = 40 µm) zeigt sich der von der Hülle befreite Inhalt zweier Tonerpartikel. Bei 10.000-facher (oben rechts) und 40.000-facher (unten links) Vergrößerung (Bildunterkanten = 8 µm und 2 µm) sind neben größeren schwarzen Partikel auch transparente Nanopartikeln erkennbar. Die Elementspektren der größeren schwarzen Partikel zeigen Fe>>Al>Si, die der kontrastschwachen ultrafeinen Aggregate dagegen Si bzw. Si>Fe (Pfeil)	74
37	Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im REM: REM-Aufnahme bei 10.000-facher Vergrößerung von Aggregaten des Filters 218 (Raum B-24) und des Filters 220 (Raum B-16)	75
38	Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im TEM: TEM-Aufnahmen bei 40.000-facher Vergrößerung der Filter 219 (Raum B-20), 221 (Raum B-21) und Raum 222 (Raum B-17). Die Elementanalyse von 5 Aggregaten aus den Filterproben 221 und 222 ergab Spektren mit Anteilen von Silizium (Si) und Aluminium (Al)	75
39	Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im TEM: TEM-Aufnahmen bei 20.000-facher (oben) und 40.000-facher (unten) Vergrößerung des Filters 222 (Raum B-17) mit Elementanalyse des Inhalts der Hülle eines Tonerpartikels („bubble“), bestehend aus kontrastreichen Eisen (Fe) (Pfeile) und ultrafeinen Silizium (Si)- und Aluminium (Al)-haltigen Teilchen	76
40	TEM-Aufnahmen von zwei Hüllen mit transparenten Nanopartikeln und größeren schwarzen Teilchen auf dem Filter 229 (Raum C-29) bei 40.000-facher Vergrößerung (Bildunterkante = 2 µm). Innerhalb einer jeden der beiden Hüllen wurde ein Flächenspektrum in einem Bereich von ca. 0,5 µm x 0,5 µm aufgenommen. Dabei ergaben sich die Reihenfolge der Elemente in der größeren von schwarzen Partikeln durchsetzten Hülle links zu Fe>Si,Al und in der kleineren transparenteren Hülle rechts zu Si>Fe, Al	76
41	TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2 µm) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten)	77
42	TEM-Aufnahme eines weiteren Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2 µm) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten).	77

<b>Abb.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
43	TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2 µm) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten).	78
44	TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 231 (C-32) bei 2.000- und 10.000-facher (oben) und 20.000- und 40.000-facher Vergrößerung (unten). Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 4 µm bzw. 2 µm.	78
45	Flächenspektren im TEM bei 50.000-facher Vergrößerung von drei typischen Aggregaten auf Filter 231 (Raum C-32). Die analysierte Fläche liegt jeweils bei ca. 0,5-1 µm <sup>2</sup> .	79
46	Flächenspektren im TEM bei 50.000-facher Vergrößerung von zwei typischen Aggregaten auf Filter 231 (Raum C-32). Die analysierte Fläche liegt jeweils bei ca. 0,5-1 µm <sup>2</sup> .	80
47	Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m <sup>3</sup> auf DG-18-Agar (Inkubation: 20°C) im Vergleich zur Außenluftmessung	86
48	Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m <sup>3</sup> auf DG18-Agar (Inkubation: 20°C); Originalmesswerte (oben), Berechnung von MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AL)	87
49	Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m <sup>3</sup> auf MEA-Agar (Inkubation: 20°C) im Vergleich zur Außenluft	88
50	Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m <sup>3</sup> auf MEA-Agar (Inkubation: 20°C); Originalmesswerte (oben), Berechnung von MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AB)	89
51	Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m <sup>3</sup> auf DG18-(oben) und MEA-Agar (unten)(Inkubation: 37°C); Angaben in MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AL)	90
52	Häufigkeiten der Altersverteilung im Gesamtkollektiv (a) und den Subkollektiven kTB (b), sTB (c) und sTS (d) an den untersuchten Büroarbeitsplätzen	131
53	Geschlechtsverteilung der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie)	132
54	Familienstand der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien	133
55	Bildungsstatus der Probanden anhand des höchsten genannten Schulabschlusses im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien	134
56	Rauchstatus der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien	136
57	Exposition durch Passivrauch am Arbeitsplatz der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie)	137

<b>Abb.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
58	Lebenszeitprävalenzen der von den Probanden am häufigsten angegebenen Erkrankungen im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten [UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)] und des Bundesgesundheits surveys (BGS 1998; Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie).	139
59	Körperliche Gesundheit anhand der standardisierten körperlichen Summenskala (KSK) des SF-36 für das Gesamtkollektiv der Probanden und die Subkollektive (Boxplots)	140
60	Seelische Gesundheit anhand der standardisierten psychischen Summenskala (PSK) des SF-36 für das Gesamtkollektiv der Probanden und die Subkollektive (Boxplots)	140
61	Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2) im Kollektivvergleich (Häufigkeiten der Nennungen der häufigsten Symptome)	142
62	Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2). Boxplots des Gesamtbeschwerdeindex des Gesamtkollektivs der Probanden und der Subkollektive	143
63	Anzahl der Arztbesuche der Probanden (Gesamtkollektiv und Subkollektive) aufgrund körperlich unerklärter Beschwerden (SOMS 2)	144
64	C-reaktives Protein (CrP) im Serum der Probanden: Häufigkeiten der Serumspiegel für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive (b-d)	145
65	Stickstoffmonoxid (NO) im Exhalat der Probanden: Häufigkeiten der NO-Konzentrationen in der Ausatemluft für das Gesamtkollektiv (e) und die Subkollektive (b-d)	146
66	Stickstoffmonoxidmessung (NO) im Exhalat der Probanden: NO-Konzentrationen im Tagesgang für das Gesamtkollektiv (a) und der Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d)	147
67	Häufigkeiten für Stickstoffmonoxid (NO)-Konzentrationen im Exhalat der Probanden am Morgen mit (a) und ohne (b) Vorliegen allergischer oder entzündlicher Atemwegserkrankungen	148
68	Häufigkeiten für Stickstoffmonoxid (NO)-Konzentrationen im Exhalat der Probanden am Morgen für Raucher (a) und Nichtraucher (b)	149
69	Immunglobulin E (IgE) im Serum [U/ml] der Probanden. Verteilung für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive (Boxplots, logarithmiert)	151
70	Normierte Mittelwerte der Skalen zur Auswertung des Freiburger Persönlichkeitsinventars (FPI-R) für die Subkollektive der Probanden im Vergleich	152
71	Skala „Beanspruchung“ des FPI-R: Häufigkeiten für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d)	153
72	FLZ – Allgemeine Lebenszufriedenheit der Probanden: Angaben für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d)	154
73	FLZ-Subskalen Gesundheit (a), Arbeit und Beruf (b), Wohnung (c): Angaben für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive kTB, sTB und sTS	155
74	Allgemeine Umweltbesorgnis für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive inklusive Referenzlinien für ein deutsches Referenzkollektiv (MW= 14,3; SD=3,4) und ein Kollektiv mit selbstberichteter MCS (MW=12,5; SD=3,9) (Rethage et al. 2007)	156
75	Individuelle Umweltbesorgnis für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive inklusive Referenzlinien für ein deutsches Referenzkollektiv (MW= 14,3; SD=3,4) und ein Kollektiv mit selbstberichteter MCS (MW=12,5; SD=3,9) (Rethage et al. 2007)	157
76	Auswertung des d2-Tests nach Altersgruppen unter Angabe des jeweiligen Mittelwertes der Eichstrichprobe (Brickenkamp 2002) stratifiziert nach Angabe von Konzentrationschwäche (MM-40) anhand von Bearbeitungstempo (a, d), Gesamtleistungswert (b, e), Konzentrationsleistungswert (c, f)	158

<b>Abb.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
77	Auswertung des d2-Tests für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive kTB, sTB und sTS anhand von Bearbeitungstempo (a), Gesamtleistungswert (b), Konzentrationsleistungswert (c)	159
78	Beschwerdeprofil des Subkollektivs kTB für ausschließlich arbeitsplatzbezogene Angaben und eines deutschen Referenzkollektivs (Bischof; ProKlimA-Studie)	161
79	Beschwerdeprofile der Subkollektive sTB und sTS im Vergleich	161
80	Profil der Beurteilung von Büroarbeitsplatzumwelt des Subkollektivs kT und eines deutschen Referenzkollektivs (Bischof und Wiesmüller 2007, ProKlimA-Studie)	162
81	Profil der Beurteilung von Büroarbeitsplatzumwelt für die Subkollektive sTB und sTS	163
82	TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem an einem Motorprüfstand mit Dieseluß beaufschlagten Filter 62066 bei 40.000-facher Vergrößerung nach direkter Präparation (oben, Bildunterkante = 2 µm) mit dem zugehörigen Elementspektrum (unten), vgl. Rödelesperger et al. (2003)	215
83	Flächenspektrum bei 1.000-facher Vergrößerung im REM an dem an einem Motorprüfstand mit Dieseluß stark beaufschlagten Filter 62113 bei direkter Präparation. Der Belag wurde anschließend für eine Auswertung bei indirekter Präparation abgespült (Rödelesperger et al. 2003)	216
84	TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem bei der Abgastestung an zwei LKW in einer Werkstatt mit Dieseluß beaufschlagten Filter 62315 bei 40.000-facher Vergrößerung nach indirekter Präparation (oben, Bildunterkante = 2 µm) mit dem zugehörigen Elementspektrum (unten)	217
85	TEM-Aufnahmen von einem Präparat, das aus einer Suspension von Tonerstaub (ofu 15 des Tumortestes von Pott und Roller, 2003, 0,22 mg in 100 ml H <sub>2</sub> O mit Tween 80) bei 1-std. Ultraschalleinwirkung im Bad gewonnen wurde. 5 ml der Suspension wurden auf ein 25 mm-Nucleporefilter mit 0,1 µm Porenweite filtriert; oben: Hüllen bei 2000-facher Vergrößerung. Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 40 µm; unten: bei 20.000-facher Vergrößerung werden Nanoteilchen aus der Tonerprobe erkennbar. Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 4 µm (Rödelesperger et al. 2006)	218
86	TEM-Aufnahmen von Hüllen in einem TEM-Präparat, das aus einer Suspension von Tonerstaub (Kopierer) mit Isopropanol nach 1-std. Ultraschalleinwirkung im Bad gewonnen wurde (Rödelesperger et al. 2007); Bildunterkante besitzt eine Länge von 4 µm	219
87	Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.von Filter Nr. 219 (Raum B-20)	221
88	Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.von Filter Nr. 220 (Raum B-16)	222
89	Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.von Filter Nr. 221 (Raum B-21)	223
90	Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.von Filter Nr. 222 (Raum B-17)	224
91	Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.von Filter Nr. 229 (Raum C-29)	225

## C Verzeichnis der Abkürzungen

AB	Arbeitsbetrieb (im Büroraum)
A+A	Aggregate und Agglomerate (Elektronenmikroskopie)
AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
Al	Aluminium
A-Staub	alveolargängiger Staub (umfasst Partikel < 2,5 µm; PM <sub>2,5</sub> )
Au	Gold
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BB	Blutbild
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
BGS	Bundesgesundheitsurvey
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (Aromaten)
btps	body temperature, pressure, saturated
C	Kohlenstoff
Ca	Kalzium
Cd	Cadmium
CPC	Condensation Particle Counter (Kondensationspartikelzähler)
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
Cr	Chrom
CrP	C-reaktives Protein
d2	Aufmerksamkeitstest
DB	Druckbetrieb (im Büroraum ohne Personal)
DGAUM	Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin e.V.
DG18	Dichloran-Glycerin-Agar
Diff.-BB	Differenzial-Blutbild
EPA	Environmental Protection Agency
E-Staub	einatembarer Staub (umfasst Partikel < 10 µm; PM <sub>10</sub> )
Fa.	Firma
Fe	Eisen
FEV <sub>1</sub>	Forciertes Ausatemvolumen (L) in einer Sekunde
FLZ	Fragebogen zur Lebenszufriedenheit
FPI-R	Freiburger Persönlichkeitsinventar (revidierte Fassung)
GC	Gaschromatographie / Gaschromatograph
gUB	generelle Umweltbesorgnis (Fragebogenergebnis aus SUB)
HBM	Kommission Humanbiomonitoring am Umweltbundesamt (UBA)
hPa	Hektopascal
HZKUM	Hessisches Zentrum für Klinische Umweltmedizin

IAQ	Indoor Air Quality (Innenraumlufthqualität)
IgE	Immunglobulin E
IfHU	Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universität Gießen
IIUT	Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie, Universität Gießen
IPAS	Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, Universität Gießen
IPASUM	Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universität Nürnberg-Erlangen
IRK	Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt
ITG	Interessensgemeinschaft der Tonergeschädigten e.V.
K	Kalium
KBE/m <sup>3</sup>	koloniebildende Einheiten (Kolonien) pro Kubikmeter Luft
KSK	Körperliche Summenskala (SF-36)
kTB	keine Tonerbeschwerden (Probanden ohne selbstberichtete Tonerbeschwerden)
L	Liter
LCI	lowest concentration of interest (synonym: NIK, niedrigste interessierende Konzentration)
LuFu	Lungenfunktion(sprüfung)
MCS	Multiple Chemikaliensensitivität (umweltmedizinisches Syndrom)
MEA	Malzextraktagar
MEF <sub>50</sub>	maximale expiratorische Atemstromstärke bei 50 % der forcierten expiratori- schen Vitalkapazität
mg	Milligramm (entspricht 10 <sup>-3</sup> Gramm)
µg	Mikrogramm (entspricht 10 <sup>-6</sup> Gramm)
min.	Minute
MM 40	International Indoor Air Questionnaire (Örebro Medical Center)
MMIS	Mucous Membrane Irritation Syndrome
MS	Massenspektrometrie / Massenspektrometer
MSD	massenselektiver Detektor
MW	(arithmetischer) Mittelwert
N	Anzahl
Na	Natrium
Ni	Nickel
NIK	niedrigste interessierende Konzentration (syn.: LCI, lowest concentration of interest)
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
pUB	persönliche Umweltbesorgnis (Fragebogenergebnis aus SUB)
O <sub>3</sub>	Ozon
PM <sub>2,5</sub>	particulate matter 2,5 µm
PM <sub>10</sub>	particulate matter 10 µm
ppb	parts per billion (1 Teil auf 1 Milliarde Teile)
ppm	parts per million (1 Teil auf eine Millionen Teile)

PSK	Psychische Summenskala (SF-36)
PT	(ultrafeine) Primärteilchen
PTFE	Polytetrafluorethylen
RAST	Radio-Allergen-Sorbent-Test
RB	Ruhebetrieb (im Büroraum; nach nächtlicher Ruhe)
REM	Rasterelektronenmikroskopie
SD	Standarddeviation (Standardabweichung)
SF-36	standardisierter Fragebogen zum Gesundheitszustand
Si	Silizium
SIM	select ion monitoring (Massenspektrometer)
SOMS 2	standardisierter Fragebogen zum Screening auf somatoforme Störungen
sTB	selbstberichtete Tonerbeschwerden (Probanden mit selbstberichteten Tonerbeschwerden)
Std.	Stunde
sTS	selbstberichtete Tonerschädigung (Probanden mit selbstberichteter Tonerschädigung)
SUB	Skala zur Erfassung der Umweltbesorgnis (Fragebogen)
SW	Schwarz/Weiß
TÄ	Toluoläquivalent
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie
TIC	Totalionenstromchromatogramm
TSP	total suspended particulates (Gesamtschwebstaub: Partikel < 15 µm)
TVOC	total volatile organic compounds (Summe aller flüchtigen organische Verbindungen mit Kettenlängen zwischen C4 und C16)
UBA	Umweltbundesamt
UBH	unspezifischer bronchialer Hyperreagibilität
UFP	ultrafeine Partikel (aerodynamischer Durchmesser $\leq 100$ nm)
UMA	Umweltmedizinische Ambulanz (am Universitätsklinikum Gießen)
VC	Vitalkapazität (Lungenfunktionsprüfung)
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen)
5%MW	getrimmer (arithmetischer) Mittelwert, berechnet unter Ausschluss der 5% höchsten und 5% niedrigsten Werte

## **Einleitung und Fragestellung**

Der Einsatz von Laserdruckern und Fotokopierern hat in den letzten Jahrzehnten erheblich an Bedeutung gewonnen. In der Antwort auf eine Kleine Anfrage (2006) an die Bundesregierung wurde dargelegt, dass in den Jahren 2004-2006 in Deutschland jährlich mehr als 8 Millionen Drucker und Multifunktionsgeräte verkauft wurden. Aufgrund des starken Preisrückgangs ist anzunehmen, dass eine zunehmende Anzahl von Geräten nicht nur in Büroräumen, sondern ebenso in privaten Wohnräumen betrieben wird.

Das bei Laserdruckern und Kopieren eingesetzte fotoelektrische Druckverfahren beruht letztlich auf einem Vorgang, bei dem aus Harzen, Metalloxiden, Kohlenstoffpartikeln (Carbon Black), Pigmenten und/oder weiteren Substanzen bestehende Tonerpartikel in der Größenordnung von einigen Mikrometern ( $\mu\text{m}$ ) unter Hitzeeinwirkung und Ausnutzung elektrostatischer Vorgänge auf das zu bedruckende Papier geschmolzen werden.

In Studien der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) sowie des Umweltbundesamtes (UBA), die Emissionen von Laserdruckern und Kopiergeräten in Prüfkammern untersuchten, wurde gezeigt, dass beim Betrieb fotoelektrischer Druckgeräte nicht nur verschiedene flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) freigesetzt werden können, sondern auch Feinstäube bis hin zu ultrafeinen Partikeln (Nanopartikeln) in die Umgebungsluft emittiert werden (Jann und Wilke 2006, Bake und Moriske 2006). Als Quellen dieser Emissionen werden neben den eingesetzten Tonerprodukten auch Papiere und Materialien der Geräte diskutiert.

Wie bei allen Technologien stellt sich somit auch für den Betrieb von Laserdruckern und Fotokopierern die Frage nach der Anwendersicherheit im Hinblick auf gesundheitliche Wirkungen unerwünschter Expositionen gegenüber gerätebedingten Emissionen potenziell schädlicher, d.h. eventuell auch toxikologisch bedeutsamer Stoffe. Dies betrifft im Falle der Laserdrucker und Kopierer nicht nur den Bereich des Arbeitsplatzes (Arbeitsschutz), sondern – wie oben bereits angedeutet - zunehmend auch den Privatbereich (Verbraucherschutz).

Die Notwendigkeit einer generellen Klärung der Anwendersicherheit wurde auch dadurch hervorgehoben, dass sich in den vergangenen Jahren Büroangestellte mit dem Verdacht zu Wort meldeten, dass eine Exposition gegenüber Tonerstäuben, aber auch gegenüber frischen Druckprodukten zu gesundheitlichen Problemen insbesondere von Seiten des Atemtraktes, aber auch anderer Organsysteme geführt habe. Nach Angaben von Steltling (2007) sind der

Interessensgemeinschaft der Tonergeschädigten e.V. (ITG e.V.) bisher etwa 1.500 Fälle mit dem „Verdacht auf Tonerschädigung“ bekannt.

Auch auf der Basis der gutachterlichen und beratenden Tätigkeit des Instituts für Innenraum- und Umwelttoxikologie (IIUT) der Universität Gießen konnte festgestellt werden, dass sich Menschen durch den Kontakt mit Tonermaterialien und Druckprodukten bzw. bei Exposition gegenüber den Emissionen aus Laserdruckern und Kopierern gesundheitlich beeinträchtigt oder geschädigt fühlen, ohne dass hierfür derzeit evidente Belege vorhanden oder gar Ursache-Wirkungsbeziehungen bekannt wären.

Welche Erkenntnisse zur Frage möglicher gesundheitlicher Effekte durch Kontakt mit Tonermaterialien bzw. gegenüber Expositionen von Emissionen aus Laserdruckern und Kopierern vorliegen, wurde in einer aktuellen Übersichtsarbeit von Gminski und Mersch-Sundermann (2006) zusammengefasst. Hierbei wurde deutlich, dass in zahlreichen Studien zwar die direkte Wirkung der Tonerpartikel in *in vitro*-Studien und Tiermodellen untersucht wurde, nur in seltenen Fällen jedoch die Wirkung der komplexen Emissionen beim Druck- oder Kopiervorgang. Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen bei Exposition gegenüber den laserdruckerspezifischen Komplexemissionen am Arbeitsplatz und/oder im Privatbereich fehlen nahezu vollständig. Gleiches gilt für systematische Erkenntnisse zur Veränderung der Innenraumluftqualität im Realraum bei Betrieb von Laserdruckern und/oder Fotokopiergeräten. Insgesamt musste daher die Datenlage zur Beurteilung einer Gefährdung oder eines gesundheitlichen Risikos durch den Umgang mit den Geräten bisher als unzureichend bewertet werden.

Aus diesem Grunde wurde vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) im Juni 2005 die hier vorgelegte Studie beim *Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie* (IIUT) am Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität in Auftrag gegeben. Unterauftragnehmer für den Studienteil B (Gesundheitliche Erhebungen) war das *Institut für Hygiene und Umweltmedizin* (IfHU) der Universität Gießen am Fachbereich Medizin, Koordinierungsstelle des Hessischen Zentrums Klinische Umweltmedizin (HZKUM) am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen. Das *Institut und die Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin* (IPAS) am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH war ebenfalls am Standort Gießen mit zusätzlichen Lungenfunktionsuntersuchungen der in die Studie einbezogenen Probanden und elektronenmikroskopischen Studien von Tonern und in den Büroräumen gesammelten Stäuben beteiligt.

Primäre Fragestellung der hier durchgeführten Studie war,

- 1) ob und gegebenenfalls in welchem Maße beim Betrieb von Laserdruckern und Fotokopiergeräten in Büroräumen Veränderungen der Innenraumluftqualität erkennbar werden und
- 2) ob es sich bei den von den Betroffenen - d.h. bei Büromitarbeitern mit selbst berichteten Tonerbeschwerden bzw. selbst berichteter Tonerschädigung - geäußerten Gesundheitsbeschwerden um ein eingrenzbare und eventuell neues Beschwerdebild oder Symptommuster handelt, das mit Büroarbeitsplätzen, Drucker- und/oder Fotokopierbetrieb assoziiert sein könnte.

Die Studie wurde dabei als eine Pilotstudie (Machbarkeitsstudie) angelegt, die primär zur Aufgabe hatte, die Instrumente für die Erfassung von Expositionsmustern via Innenraumluft am Büroarbeitsplatz sowie zur Erkennung von Mustern büroarbeitsplatz- bzw. druckerbetriebsspezifischer Gesundheitsstörungen auszuwählen, weiterzuempfehlen und auf ihre Einsetzbarkeit im Feld (Realraum) zu überprüfen.

Auch, wenn es wünschenswert gewesen wäre, kann es aufgrund von Umfang und Design der Pilot- und Machbarkeitsstudie nicht geleistet werden, epidemiologisch evidente oder signifikante Beziehungen zwischen Expositionsmustern am Büroarbeitsplatz (Innenraumluftqualität) und büroarbeitsplatzspezifischen (oder gar drucker- bzw. tonertypspezifischer) Gesundheitsbeschwerden herzuleiten. Hierzu war die Fallzahl bei der großen Anzahl der betrachteten Variablen zu gering.

In diesem Sinne sind auch die vorgelegten Resultate und Daten zu werten, die überwiegend deskriptiven Charakter besitzen und neben einer Generierung von *Arbeitshypothesen zur Aufdeckung möglicher Beziehungen* zwischen Emissionen aus Laserdruckern und/oder Kopiergeräten und Gesundheitsstörungen insbesondere auch die *instrumentellen Grundlagen für nachfolgende Studien* schaffen sollten.

# **STUDIEN TEIL A**

## **Untersuchungen zur Innenraumluftqualität**

# **1 Studienteil A – Untersuchungen zur Innenraumluftqualität**

## **1.1 Material und Methoden**

### **1.1.1 Auswahl der Gebäude und Büros**

Die Auswahl der in die Studie einbezogenen Bürogebäude erfolgte nach Absprache mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) auf einer ersten, koordinierenden Sitzung am 29.06.2005 in Berlin in Zusammenarbeit mit der Interessengemeinschaft der Tonergeschädigten (ITG e.V.). Grund hierfür war, insbesondere auch solche Bürogebäude in die Pilotstudie einzubeziehen, in denen es bei dort Beschäftigten in der unmittelbaren Vergangenheit zu gesundheitlichen Beschwerden gekommen war, die von den Betroffenen in Zusammenhang mit Tonerexpositionen bzw. Expositionen gegenüber Emissionen aus Laserdruckern bzw. Kopiergeräten gesetzt wurden. Diese Informationen wurden von dem Vorsitzenden der ITG e.V. – Herrn Joachim Stelling - dem Studienleiter zur Verfügung gestellt. Es handelt sich demnach nicht um eine zufällige Auswahl von Räumen und Probanden entsprechend den Kriterien einer epidemiologischen Studie, sondern es wurde vielmehr selektiv im Sinne einer Pilotstudie vorgegangen (siehe auch Kap. 2.2.1).

Nachdem eine Auswahl von insgesamt vier Standorten (Städten) in Deutschland getroffen worden war, wurden nach Einverständnis der jeweiligen Amts- bzw. Büroleiter Begehungen der Gebäude und Veranstaltungen vor Ort zur Vorstellung der Pilotstudie unter Anwesenheit aller Beteiligten, d.h. der Studienleitung, der Amts- bzw. Büroleiter und der potenziellen Probanden durchgeführt. Danach wurden neun Gebäude an den vier Standorten ausgewählt.

Zur Anonymisierung der Bürogebäude und Büroräume wurden die vier Standorte mit den Grossbuchstaben A bis D kodiert, die Räume wurden mit fortlaufenden Zahlen 1 bis 63 den jeweiligen Standorten A, B, C oder D zugeordnet. Eine Unterscheidung der verschiedenen Bürogebäude an den Standorten wurde mit römischen Zahlen vorgenommen.

- Standort A (A-1 bis A-12) Verwaltungsgebäude (N=12 Büros)
- Standort B (B-13 bis B-26) Verwaltungsgebäude (N=14 Büros in 4 Gebäuden I bis IV)
- Standort C (C-27 bis C-37) Verwaltungsgebäude (N=11 Büros)
- Standort D (D-40 bis D-63) Bürogebäude (N=26 Büros in 3 Gebäuden I bis III)

Voraussetzung für die Einbeziehung der jeweiligen Büroräume für die Innenraumuntersuchungen war, dass in den Räumen während des Untersuchungszeitraumes Laserdrucker und/oder Fotokopiergeräte betrieben wurden und die in den jeweiligen Büroräumen arbeitenden Angestellten ihre Bereitschaft zeigten, für die personenbezogenen Untersuchungen als Probanden zur Verfügung zu stehen (vgl. Teil B dieser Studie).

Die Zeiträume der Innenraumuntersuchungen wurden zeitnah zu den personenbezogenen Erhebungen durchgeführt und stellten sich dabei wie in Tabelle 1 dar

**Tabelle 1:** Standorte der Untersuchungen und Untersuchungszeiträume

Standort:	Untersuchungszeitraum:
Standort A (Räume A-1 bis A-12)*	03.05.2006 – 19.05.2006
Standort B (Räume B-13 bis B-26)	26.09.2006 – 17.10.2006
Standort C (Räume C-27 bis C-37)	25.01.2006 – 07.02.2006
Standort D (Räume D-40 bis D-63)*	07.03.2006 – 07.04.2006

\* aufgrund des technischen Ausfalls von Messinstrumenten wurden zum Teil Nachmessungen durchgeführt, die in die Studie eingingen

### 1.1.2 Untersuchungsstrategie

Um potenzielle Veränderungen der Innenraumluftqualität (IAQ, Indoor Air Quality) infolge des Betriebs von Laserdruckern bzw. Kopiergeräten zu analysieren, wurden zwischen Januar 2006 und Oktober 2006 in den insgesamt 63 Büroräumen der neun Büro- bzw. Verwaltungsgebäuden die in Tabelle 2 aufgeführten Messparameter unter Realraumbedingungen, d.h. im normalen Büroalltag untersucht.

Die Messstrategie verfolgte das Ziel, den Einfluss von

- (1) Emissionen aus Baumaterialien und Gegenständen der Raumausstattung,
- (2) Emissionen beim (standardisierten) Betrieb von Laserdruckern und Fotokopiergeräten und
- (3) personenbedingten Emissionen im normalen Büroalltag

auf die Innenraumluftqualität zu erfassen und zueinander in Relation setzen zu können. Zu diesem Zweck wurden die in Tabelle 2 genannten, physikalischen und chemischen Parameter in jedem Raum während drei verschiedener Zeitpunkte erhoben (Tabelle 3).

**Tabelle 2:** Untersuchungs- und Messparameter (Innenraumuntersuchungen)

Bürraumspezifika*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eingesetzter Typ des Laserdruckers bzw. Fotokopierers</li> <li>• Tonerspezifikation (Typ, Charge)</li> <li>• Art des verwendeten Papiers</li> <li>• Rummöblierung</li> <li>• verwendete Baustoffe (Boden, Wände)</li> <li>• Vorkommen von Pflanzen</li> </ul>
Physikalische Parameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lufttemperatur</li> <li>• Relative Luftfeuchte</li> </ul>
Anorganische Gase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozon (O<sub>3</sub>)</li> <li>• Kohlenmonoxid (CO)</li> <li>• Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)</li> </ul>
Formaldehyd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formaldehyd</li> </ul>
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe der VOC als TVOC (Toluoläquivalente, TE)</li> <li>• Einzelne VOC über Einzelstoffkalibrierung</li> </ul>
Stäube	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereich <math>\geq 0,23</math> bis <math>\geq 20</math> <math>\mu\text{m}</math> in 16 Fraktionen</li> <li>• Bereich 10 -1000 nm (CPC)</li> <li>• Staub für Gravimetrie (Teflonfilter)</li> <li>• Staub und Toner für Elektronenmikroskopie (TEM, REM)</li> </ul>
Keime / Schimmelpilze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koloniebildende Einheiten als KBE/m<sup>3</sup></li> </ul>

\* Erhebungen durch IIUT und IfHU im Rahmen der Innenraumluftuntersuchungen und der personenbezogenen Erhebungen anhand der eingesetzten Frage- und ITEM-Liste (s. Anhang)

**Tabelle 3:** Beschreibung der Messphasen (mit den für den Bericht zugeordneten Farbkodierungen)

Bezeichnung	Messphase	Spezifikation
<b>RB</b>	<b>Ruhebetrieb</b>	vor Arbeitsbeginn nach der nächtlichen Ruhephase
<b>DB</b>	<b>Druckerbetrieb</b>	Nach einem standardisierten Druckvorgang
<b>AB</b>	<b>Arbeitsbetrieb</b>	Während des normalen Bürobetriebs

Die **RB-Messung (Messung im Ruhebetrieb)** erfolgte am Morgen vor Arbeitsbeginn. Alle Messgeräte wurden hierzu am Abend zuvor, d.h. etwa 12 Stunden vor Messbeginn von einem geschulten Studienmitarbeiter in dem zu messenden Büroraum installiert.

Die Installation der Geräte erfolgte möglichst gerätenah und personennah, d.h. in der Regel zwischen dem jeweils zu untersuchenden Laserdrucker oder Fotokopiergerät und dem Arbeitsplatz des Büromitarbeiters auf Höhe der Arbeitsfläche.

Nach dem Aufbau der Geräte wurden Fenster und Türen des Raumes verschlossen. Soweit raumluftechnische Anlagen oder Lüftungsanlagen vorhanden waren, blieben diese in Betrieb.

Da nicht alle Geräte ferngesteuert zu bedienen waren bzw. während des Messvorgangs z.B. Medienwechsel (Agarplatten bei der Pilzsporenmessung, Sammelröhrchen bei der VOC-Messung) vorgenommen werden mussten, wurde der Raum zur RB-Messung von einem geschulten Studienmitarbeiter in einem staubarmen Ganzkörperanzug betreten und dann unmittelbar die Geräte in Betrieb genommen. Die RB-Messung begann je nach Arbeitsalltag der Verwaltungseinheit zwischen 6 und 7 Uhr und dauerte in der Regel 45-60 Minuten.

Die Inbetriebnahme der Messgeräte erfolgte dabei zeitgleich und parallel. Mögliche, gegenseitige Beeinflussungen der verschiedenen Messgeräte waren somit nicht vollständig auszuschließen. Eine zeitversetzte Messung, die eine gerätebedingte, gegenseitige Beeinflussung des Messvorgangs hätte verhindern können, war aus logistischen Gründen, d.h. wegen des hohen Zeitaufwandes der einzelnen Messungen nicht realisierbar. Zwischen den Pumpensystemen für die VOC-Adsorberröhrchen, den Staubmessgeräten und dem Impaktionssammler für die Messung der Schimmelpilzsporenkonzentrationen wurde versucht, ein Mindestabstand von etwa 50 cm einzuhalten, was aber aufgrund der Raumcharakteristika nicht immer zu realisieren war.

Unmittelbar nach der RB-Messung erfolgte die **DB-Messung (Messung während des Druckbetriebs)**. Hierzu wurde der jeweils zugehörige Rechner hochgefahren, auf dem bereits am Vorabend eine Standarddruckvorlage installiert worden war. Die Drucker waren mit dem für den jeweiligen Büroraum gebräuchlichen Papiertyp bestückt.

Bei weiterhin geschlossenen Fenstern und Türen wurden bei Schwarz-Weiß-Druckern (SW-Druckern) 500 Blätter, bei Farbdruckern 250 Blätter bedruckt. Der Druckerbetrieb dauerte gerätetypabhängig zwischen 5 und 60 Minuten. Für den SW-Druck wurde nach Empfehlung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) eine monochrome Druckvorlage mit 5 % Flächendeckung, für den Farbdruck eine Farbvorlage mit den Farben Schwarz, Cyan, Magenta, Gelb mit insgesamt 20 % Flächendeckung verwendet (Abbildung 1).

Bereits einige Minuten nach Anlaufen des Druckvorgangs wurde mit der Inbetriebnahme der Messinstrumente für die DB-Messung begonnen, wobei die Messgeräte als logistischen Gründen wiederum parallel betrieben werden mussten.

Nach Abschluss der DB-Messung wurde der Büroraum für den normalen Arbeitsbetrieb geöffnet und kurz danach mit der AB-Messung begonnen, also der Messung im normalen Arbeitsbetrieb. Hierbei wurden die Büroangestellten aufgefordert, ihrer normalen Bürotätigkeit nachzugehen ohne Rücksicht auf den Messvorgang zu nehmen (also auch normale Druckvorgänge zu tätigen).

Vergleichende Außenluftmessungen erfolgten nur für die Untersuchungen der Luftbelastung mit Schimmelpilzen einmalig in der AB-Phase.

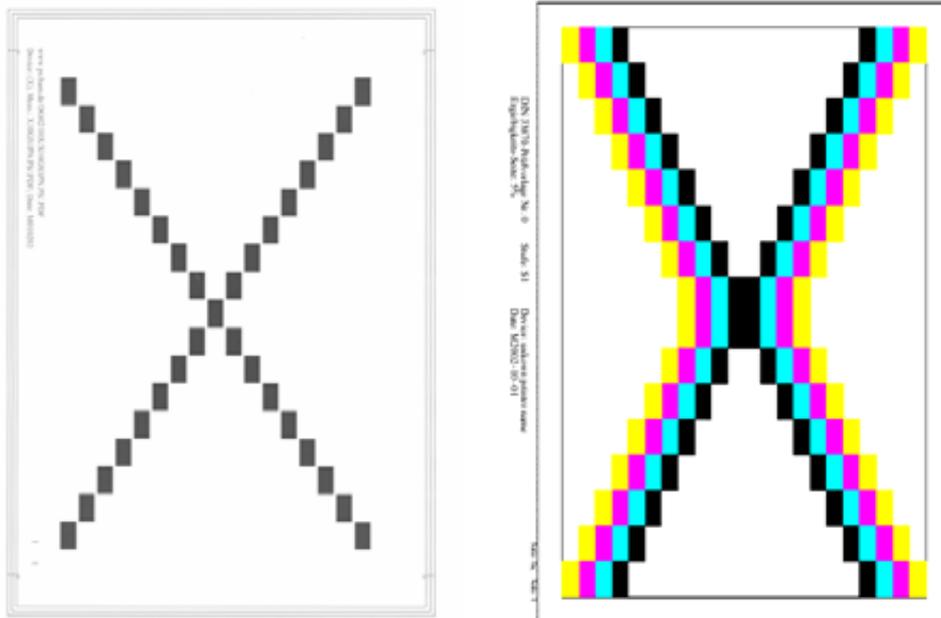
Die genauen Bedingungen der Messverfahren und Analytik werden nachfolgend im Kapitel Messverfahren und Analytik eingehend erläutert (Kap. 1.1.4).

Die Details der Messvorgänge wurden jeweils in einem Messprotokoll festgehalten, das für jede Messung Informationen über Ort, Datum und Zeitpunkt der Probennahme sowie den Probennehmer und die Bedingungen der Probenahme enthält. Zudem wurden im Rahmen der Begehung im Begehungsprotokoll (vollständige Frage- und ITEM-Liste im Anhang) Drucker- und Tonertyp sowie die verwendete Papiersorte dokumentiert, die im Rahmen des vorliegenden Studienberichtes kodiert wiedergegeben sind (Tabelle 8)

Von allen Büroräumen wurde mit einem Begehungsprotokoll, das im Rahmen der personenbezogenen Erhebungen vom IfHU angelegt wurde (vollständige Frage- und ITEM-Liste im Anhang), eine digitale Fotodokumentation angefertigt, so dass Variablen oder mögliche Emissionsquellen auch noch später eruiert werden konnten.

Da der gesamte Messvorgang von RB-, DB- und AB-Phase einen Zeitraum von 4-6 Stunden in Anspruch nahm, konnte täglich jeweils nur ein Büroraum untersucht werden. Die Untersuchungen endeten in der Regel gegen 11 Uhr mit dem Abbau der Geräte.

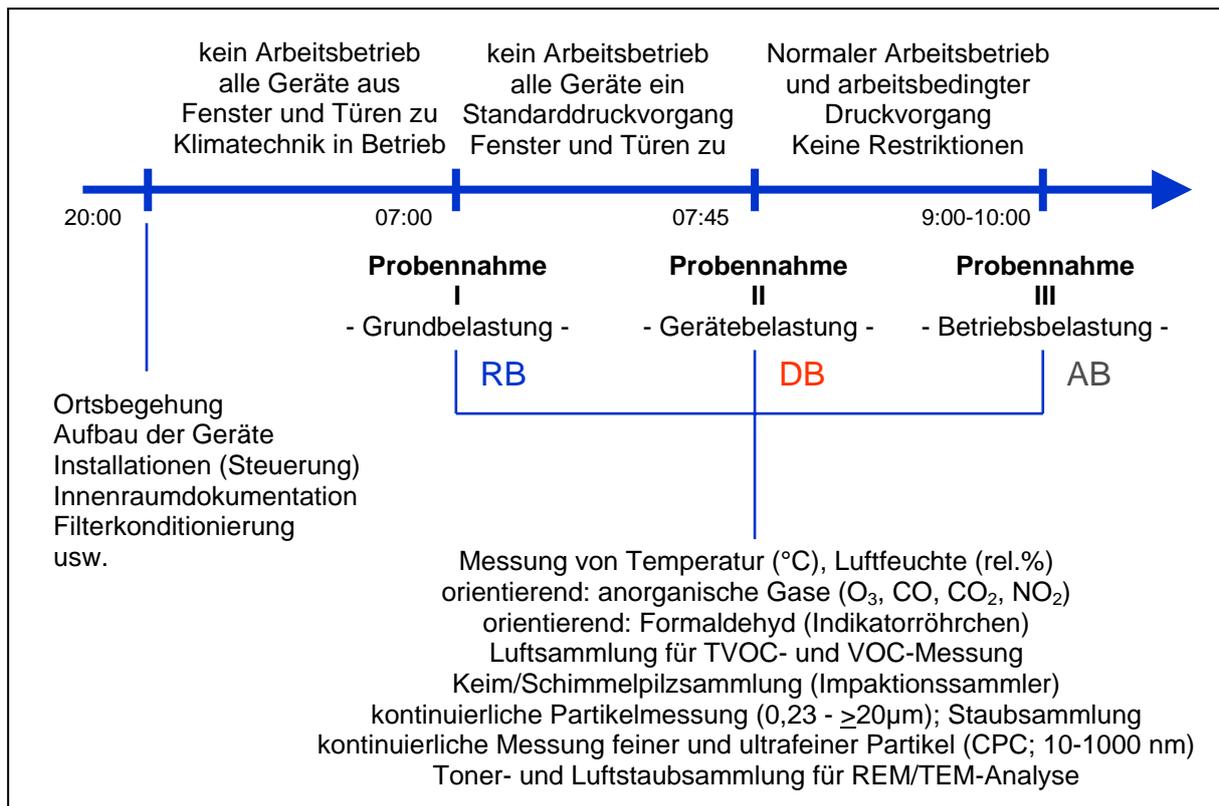
Die Messstrategie inklusive der idealisierten Zeitabläufe und Probennahmen sowie der verwendeten Messparameter ist in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 1** : Standarddruckvorlagen für den SW-Druck (links) und Farbdruck (rechts)

### 1.1.3 Raum- und Gerätespezifikationen

Mit Hilfe des Begehungsprotokolls (vollständige Frage- und ITEM-Liste im Anhang), das hinsichtlich der spezifischen Fragestellung nach dem Einfluss von Laserdruckern und Fotokopieren auf die Innenraumluftqualität erweitert worden war, wurden die Büroraum- und Gerätespezifika erfasst



**Abbildung 2:** Messstrategie (die angegebenen Zeiten sind exemplarisch und variierten zum Teil beträchtlich)

Der Arbeitsraum jedes Probanden wurde begangen und folgende Parameter protokolliert:

- Erfassung der Charakteristika des Büroarbeitsplatzes:
  - Gebäudegegebenheiten, Bausubstanz, Lage von Raum und Arbeitsplatz, Größe und Ausstattung der Büroräume, Reinigungshabitus, Belüftung des Büros, Ausstattung mit Pflanzen.
- Skizze des Büroraumes:
  - genaue Abstände von Büromaschinen und Pflanzen zu den Arbeitsplätzen.
  - Positionen von Fenster und Türen
  - Positionen von Mobiliar
  - Lage der Arbeitsplätze in einem Raum
- Fotodokumentation:
  - Gesamteindrucks über den Büroarbeitsplatz, Büroraumaufteilung, Büroarbeitsplatz, Geräte, Pflanzen, Raumaufteilung

Soweit möglich wurde auf die bestehenden Baupläne der Gebäude zurückgegriffen, um Raummaße zu übernehmen.

Sofern mehrere Probanden gemeinsam in einem Raum arbeiteten, wurde dies im Protokoll vermerkt.

#### **1.1.4 Messverfahren und Analytik**

Bei der Auswahl der Messverfahren und Analytik wurden bestehende Regelwerke und Empfehlungen für VOC wie VDI 4300 Blatt 6 (2000) und DIN ISO 16000-1 (2006), DIN ISO 16000-5 (2007) und 16000-6 (2004) berücksichtigt. Für die Definition, Messung und Bewertung von Stäuben und die Anforderungen an Staubmessgeräte existieren unterschiedliche Regelwerke, die je nach Fragestellung Berücksichtigung fanden [DIN EN 481 (1993), DIN-ISO 7708 (1995)].

##### **1.1.4.1 Temperatur und Feuchte**

Zur Messung der Temperatur und Feuchte wurde das vom Hersteller kalibrierte Handmessgerät Qhygro-temp 80 der Firma Merck Eurolab eingesetzt. Es besteht aus dem Messgerät und einem Messfühler. Der Messbereich reicht für Temperaturmessungen von 0,0 - 60,0 °C und bei Feuchtemessungen von 0,0 - 100,0 % rel. Feuchte. Die Genauigkeit beträgt  $\pm 0,5$  °C (Temperatur) und  $\pm 2$  % (rel. Feuchte). Die Linearität beträgt  $\pm 1$  %.

##### **1.1.4.2 Anorganische Gase**

Für die orientierende Messung anorganischer Gase wurde ein Multigasanalysator Modell M6000 der Firma GfU, Potsdam, eingesetzt. Die verwendeten Sensoren arbeiten mit Ausnahme von Kohlendioxid (Infrarot) nach dem elektrochemischen Messprinzip. Die Messung erfolgte kontinuierlich. Pro Messzeitpunkt wurden die Konzentrationen von Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) bestimmt. Messbereiche und gerätetechnische Anzeigegrenzen sind in Tabelle 4 aufgelistet.

**Tabelle 4:** Messbereiche des Multigasanalytators M 6000 der Firma GfU, Potsdam

<b>Gasart</b>	<b>Messbereich</b>	<b>Gerätetechnische Anzeigegrenze</b>
O <sub>2</sub>	0 – 30 Vol.-%	0,1 Vol.-%
O <sub>3</sub>	0,00 – 1,00 ppm	0,01 ppm
CO <sub>2</sub>	0 – 5 Vol.-%	0,02 Vol.-%
CO	0 – 1000 ppm	0,1 ppm
NO <sub>2</sub>	0 – 30 ppm	0,1 ppm

#### **1.1.4.3 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)**

Die Bestimmung der flüchtigen, organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) erfolgte in Anlehnung an DIN ISO 16000-6 (2004) durch Luftprobenahme auf Air-Toxic®-Adsorptionsröhrchen (Air Toxic®-Tubes). Die adsorbierten Verbindungen wurden mittels thermischer Desorption von den Air Toxic®-Tubes desorbiert und mit einer Kapillarsäule gaschromatographisch bestimmt. Für jeden Messzyklus (RB, DB, AB) wurden zur TVOC- bzw. VOC-Bestimmung jeweils zwei Sorptionsröhrchen (Doppelbestimmung) mit 2 L Luftvolumen beladen, die auf die Sorptionsröhrchen adsorbierten Verbindungen danach thermodesorbiert und mittels GC/MSD bestimmt. Durch die Anwendung von Air Toxic-Tubes® werden diejenigen Verbindungen erfasst, die auf diesem Material adsorbieren und durch Thermodesorption desorbiert werden. Es ist anzumerken, dass sich das Adsorptionsverhalten der Air Toxic®-Tubes dabei von dem der üblicherweise eingesetzten Tenax- oder Aktivkohleröhrchen unterscheiden kann.

Zur Probennahme wurde eine Zweikanal-Probennahmepumpe (Supelco, Bellefonte, USA) mit einem Volumenstrom von 200 ml/min über einen Entnahmezeitraum von insgesamt 10 min eingesetzt. Beladene Air-Toxic®-Tubes wurden dicht verschlossen gelagert. Die Analyse der VOC aus den Adsorptionsröhrchen erfolgte innerhalb weniger Tage. Alle Chemikalien für die Kalibrierung und Analyse wurden mit dem Reinheitsgrad „für die Chromatographie“ von den Firmen Supelco, Fluka oder Sigma Aldrich bezogen.

*Geräte und gaschromatographische Arbeitsbedingungen:* Die Thermodesorption der Verbindungen von den Adsorptionsröhrchen erfolgte mit einem Turbomatrix ATD der Fa. Perkin-Elmer und nachfolgende Quantifizierung von TVOC und der einzelnen VOC mit einem

Gaschromatographen der Firma Agilent GC Model 6850 sowie einem Massenspektrometer der Firma Agilent MS Model 5973. Zur Spezifizierung der gaschromatographischen Arbeitsbedingungen sowie der Einstellungen von Thermodesorber und Massenspektrometer siehe Tab. 5a und Tab. 5b.

**Tab. 5a:** Arbeitsbedingungen der Thermodesorption und der Gaschromatographie

Thermodesorptionseinheit	Turbomatrix ATD, Perkin Elmer
Gaschromatograph	Agilent Technologies Model 6850
Trägergas	Helium 5.0
Säule	HP 5 MS, JW, USA, 0,25 mm, 0,25 µm, 5% Phenylmethylpolysiloxan
Kühlfalle	Glass Liner mit TENAX TA
Detektor	Massenspektrometer, Agilent Technologies Modell 5973N 40-230 amu; 3,8 scans/sec
	<b>Thermodesorption (2-Stufen-Desorption)</b>
Dry Purge	1 min
Primäre Desorptionstemperatur	250 °C
Primäre Desorptionszeit	3 min
Cold trap-Material	TENAX TA 60/80 mesh
Starttemperatur Cold Trap	-30 °C (electronic peltier)
Starttemperatur Cold Trap	300 °C
Endtemperatur	280 °C
Aufheizrate	5 °C pro sec
Transferline-Temperatur	200 °C
Desorptionsfluss	20 ml/min
Outlet split	2 ml/min
Inlet split	geschlossen
	<b>GC-Ofenprogramm</b>
Temperaturprogramm	32 °C, 1 min halten
	2 °C / min bis 100 °C, 5 min halten
	3 °C / min bis 160 °C
	90 °C / min bis 280 °C, 1 min halten
Säulenfluss	1,5 ml/min

**Tab. 5b:** Einstellungen des Massenspektrometers (MS)

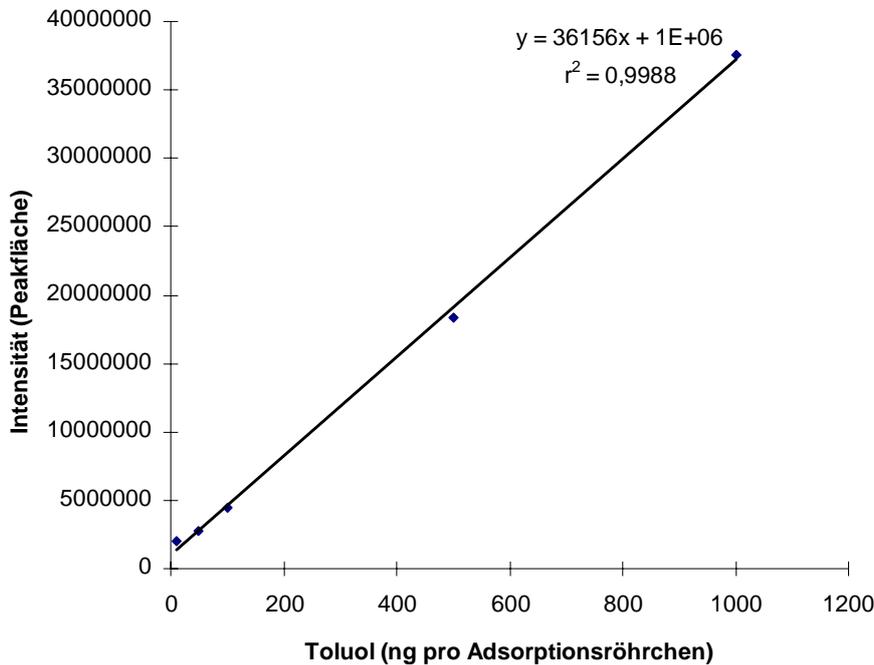
Ionisierungsmodus	EI+
Scan-Bereich (m/z)	40-230
Aquisition mode	Scan
GC line-Temperatur (°C)	200
Elektronenenergie (eV)	70
Quellentemperatur (°C)	150
MS-Source (°C)	230

*Analytische Bestimmung und Aufstellen der Kalibrierkurven von Einzel-VOC:* In Tab.6a sind VOC, die im Rahmen der GC/MS-Analyse quantifiziert wurden, angegeben. VOC-Standards für die quantitative Analyse wurden durch Verdünnen von Standardlösungen mit Methanol und Beladen von Sorptionsröhrchen mit jeweils 1 µl dieser Kalibrier-Lösungen in das unbeladene Sorptionsröhrchen ermittelt. Nach anschließender Thermodesorption und GC/MSD-Analyse wurden Mengen zwischen 10 bis 1000 ng analysiert und quantifiziert. Die so erhaltenen Kalibrierkurven wurden mit jeder Probenserie zur Analyse der Massenkonzentrationen der VOC verwendet. Die Linearität in Form der Geradengleichung und des Bestimmtheitsmaßes  $r^2$  ist in Abb. 3 für Toluol exemplarisch dargestellt.

**Tabelle 6a:** Verbindungen, die bei der VOC-Analyse über Einzelkalibrierung quantitativ bestimmt wurden.

<b>Verbindung</b>	<b>CAS-Nummer</b>	<b>Siedepunkt [°C]</b>	<b>Retentionszeit im verwendeten Trenn- system</b>
Methylcyclohexan	108-87-2	101	2,95
Benzol <sup>a</sup>	71-43-2	80	2,86
Toluol	108-88-3	111	4,85
Ethylbenzol	100-41-4	136	8,31
n-Propylbenzol	108-38-3	138/139	8,66
p-Xylol	106-42-3	138/139	8,70
m-Xylol	108-38-3	138/139	8,66
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	165	14,28
Styrol <sup>a</sup>	100-42-5	145	9,71
(+)- $\alpha$ -Pinen	7785-70-8	156	12,08
$\Delta$ -3-Caren	498-15-7	167	16,98
Limonen	138-86-3	176	18,30
Benzaldehyd	100-52-7	179	13,75
Acetophenon	98-86-2	202	20,92

a. Benzol und Styrol wurden über ihre charakteristischen Fragmentionen im SIM (select ion monitoring)-Modus identifiziert und über Toluoläquivalente (Benzol) oder anhand der entsprechenden Kalibrierung mit dem Styrol-Standard (Styrol) quantifiziert.



**Abbildung 3:** Typische Kalibriergerade für Toluol (10 – 1000 ng; manuelle Injektion von 1µl verschiedener Toluol-Kalibrierlösungen in Air-Toxic<sup>®</sup>-Tubes, Mittelwerte aus N=3; Angabe der Geradengleichung und des Bestimmtheitsmaßes  $r^2$  )

#### 1.1.4.3.1 Identifizierung und Quantifizierung

Die Identifizierung der Verbindungen erfolgte durch Vergleich der Retentionszeiten sowie anhand der charakteristischen Fragment-Ionen des jeweiligen VOC-Standards. Hierzu wurde die MS-Spektrenbibliothek NIST/EPA/NIH Mass-Spectral Library 2002 eingesetzt. Eine Identifizierung der VOC wurde im full scan-Modus vorgenommen. Durch die Verwendung des Totalionenstromchromatogramms „TIC“ wurden die Einzelverbindungen durch mehrere Fragmentationen besser identifiziert, da eine Identifizierung mit nur einer Masse unsicher ist. Die Summe der VOC (TVOC) wurde durch Integration aller Peaks im Bereich C6 bis C16 und Quantifizierung über die entsprechenden Toluoläquivalente (TÄ) ermittelt. Wegen der Dauer der Messkampagnen (über ein Jahr) und durch einen Wechsel der analytischen Systemparameter wurden chromatographische Bedingungen geändert. So wurden für die Messkampagne der Räume der Gebäude A und B andere Toluol-Responsefaktoren zu Grunde gelegt als für die Räume der Gebäude C und D.

Weiterhin wurden für eine Reihe ausgewählter Einzelverbindungen (siehe Tab.6a) Raumluftkonzentrationen in den Phasen RB, DB und AB für die Räume der Gebäude A und B (A-1 bis B-26) ermittelt. Die Auswahl der Einzelverbindungen erfolgte auf der Basis bisher bekannter Einzelverbindungen, die „typischerweise“ aus Druckern emittiert werden können (Möller et al. 2004, Jann et al. 2003, Jann und Wilke 2006, Kagi 2006) bzw. auf der Basis der in Innenräumen üblicherweise vorkommenden Einzelverbindungen (vgl. hierzu Rehwagen et al. 2003). Ein besonderer Schwerpunkt wurde hierbei auf wichtige Einzelverbindungen wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (BTEX-Aromaten) und Styrol gelegt. Daneben sind  $\alpha$ -Pinen, 3-Caren und Limonen typischerweise in vielen Innenräumen - speziell in Büroräumen - zu finden. Deshalb wurden auch diese, nicht druckerbetriebsspezifischen VOC als mögliche Confounder mit erfasst. Die Quantifizierung erfolgte im TIC oder bei überlappenden Peaks (Benzol und Styrol) anhand von charakteristischen Fragmentationen im SIM-Modus.

Zur Bestimmung der Konzentrationen der Verbindungen erfolgte eine Einzelstoff-Kalibrierung mit stoffspezifischen Responsefaktoren. Lineare Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmass  $r^2$  der bei dieser Analyse bestimmten Verbindungen sind in Tabelle 6b angegeben. Die Raumluftkonzentrationen in den verschiedenen Phasen für ausgewählte Einzelverbindungen in den Räumen der Gebäude A und B wurden in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben. Im ersten Teil der Untersuchungsreihe (Messungen VOC in den Räumen der Gebäude C und D, Räume C-27 bis D-63) lagen für die Einzelverbindungen noch keine Kalibrierstandards vor. Um einen Vergleich mit den Raumluftkonzentrationen in den Büroräumen der Gebäude A und B zu ermöglichen, wurden diese Verbindungen nicht mit ihrem stoffspezifischen Responsefaktor, sondern nachträglich über das Verhältnis der entsprechenden Toluol-Response zu der Einzelstoff-Response in der jeweiligen Messserie berechnet. So ist es möglich, Raumluftkonzentrationen für Einzelverbindungen in den Räumen der Gebäude C und D anzugeben, für die zum damaligen Zeitpunkt keine stoffspezifischen Responsefaktoren vorlagen. Die so berechneten VOC-Konzentrationen in den Räumen der Gebäude C und D können daher mit einem systematischen Fehler behaftet sein. Für die vorgesehene Fragestellung war jedoch nur das Verhältnis der Veränderung der Konzentrationen über die jeweiligen Phasen RB, DB und AB von Interesse.

Im Chromatogramm nicht vollständig getrennte Verbindungen wie Benzol und Styrol wurden über ihre charakteristischen Fragment-Ionen im SIM (select ion monitoring)-Modus anhand der entsprechenden Kalibrierung mit dem VOC-Standard quantifiziert.

### 1.1.4.3.2 Verfahrenskenngrößen

*Genauigkeit:* Die Standardabweichung des Messverfahrens wurde bei einem mittleren Toluol-Gehalt von 123 ng pro Sorptionsröhrchen aus 8 Einzelmessungen zu 4,8 ng bestimmt. Das entspricht einer relativen Abweichung von 3,9 %. Die Auswertung erfolgte nach der Methode des externen Standards mit Hilfe einer Kalibrierkurve.

*Nachweis- und Bestimmungsgrenze der Methode:* Die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sind unter anderem abhängig vom Probenahmenvolumen. Im Rahmen dieser Studie betrug das Probenahmenvolumen 2 L (bei 200 mL/min). Im Allgemeinen kann 1 ng einer flüchtigen Einzelverbindung mittels GC/MSD im Scan-Modus sicher nachgewiesen werden (Nachweisgrenze). Dementsprechend beträgt die Bestimmungsgrenze im verwendeten System 0,5 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 6b:** Lineare Regressionsgleichung und Bestimmtheitsmass  $r^2$  der bei der VOC-Analyse quantitativ bestimmten Einzelverbindungen

Einzelverbindung	Lineare Regressionsgleichung	Bestimmtheitsmass $r^2$
Methylcyclohexan	$y=6112x-107505$	0,9999
Benzol (SIM)	- <sup>a</sup>	- <sup>a</sup>
Toluol	$y=15170x-197614^c$	0,9999
Ethylbenzol	$y=4334x-78832$	0,9992
n-Propylbenzol	$y=14015x-56898$	0,9948
p-Xylol	$y=6112x-107505$	0,9999
m-Xylol	$y=12852x-100937$	0,9993
o-Xylol	$y=4031x-35349$	0,9999
1,3,5-Trimethylbenzol	$y=10623x-49904$	0,9993
Styrol (SIM)	$y=5787x-46798$	0,9999
(+)- $\alpha$ -Pinen	$y=13943x-238607$	0,9999
(+)-3-Caren	$y=12381x-203876$	0,9999
(+)-Limonen	$y=6837x-138112$	0,9996
Benzaldehyd	$y=14734x-320317$	0,9994
Acetophenon	$y=11681x-344533$	0,9972

- a) Benzol konnte im Chromatogramm nicht vollständig von anderen Verbindungen getrennt werden. Daher wurde es über seine charakteristischen Fragment-Ionen im SIM (select ion monitoring)-Modus identifiziert. Zur quantitativen Bestimmung wurde die angegebene Toluolresponse verwendet.

#### **1.1.4.3.3 Qualitätssicherung bei Probennahme und GC-Analytik**

Für die Probennahme zur Messung der Konzentrationen von flüchtigen, organischen Verbindungen (TVOC und VOC) wurde eine vom Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie erarbeitete Standardarbeitsanweisung (SOP) verwendet. In ihr waren alle Schritte der Probenahme und der Probennahmebedingungen (Temperatur, Feuchte, Zeit) festgelegt. Die chemische Analyse, die Auswertung und die Berechnung der Ergebnisse erfolgte nach DIN ISO 16000-6 (2004). Nach dieser Norm wird im Gegensatz zu den Analysemethoden der EPA (Verwendung von z.B. Fluorbenzol) kein interner Standard verwendet. Die Adsorptionsröhrchen (Air-Toxic®-Tubes) wurden vor jeder Messung bei 300 °C über 30 min unter Stickstoffstrom (30 ml/min) konditioniert. Vor ihrer Verwendung wurden die Röhrchen stichprobenartig mittels Thermodesorption und GC/MSD auf Reinheit geprüft. Jedes Röhrchen wurde - mit Metallschraubkappen versehen - in einem Metallbehälter gelagert zum Messort transportiert.

Die Qualitätssicherung der Probenahme bestand aus der regelmäßigen Prüfung des Volumensstromes der zur Probennahme eingesetzten Pumpen. Die Flussraten der Probennahmepumpen wurden vor und nach jeder Luftsammlung mit dem elektronischen Kalibrator Optiflow 650 (Seifenblasen-Gasvolumendurchflussmessgerät) der Firma Agilent Technologies überprüft.

Die Qualitätssicherung der GC-MSD-Analytik erfolgte durch das Messen einer Toluol-Standardlösung jeweils innerhalb eines Analysenzyklus. Abweichungen in der Quantifizierung der Toluol-Standardlösung sind Hinweise auf Störungen oder Veränderungen der Gerätefunktion.

Weiterhin wurde das Tuning des Massenspektrometers überprüft und Tunefilereports erstellt. Änderungen der Intensität des Signals sind Anzeichen für Veränderungen am MS-Gerät.

#### **1.1.4.4 Stäube / Partikel**

Feinstäube und ultrafeine Stäube sind in der Luft schwebende Teilchen (Aerosole). Beim Feinstaub unterscheidet man nach der Teilchengröße gröbere Partikel (coarse particles) mit einem aerodynamischen Durchmesser zwischen 2,5 µm und 10 µm und feinere Partikel (fine particles) mit einem aerodynamischen Durchmesser < 2,5 µm. Partikel mit aerodynamischen Durchmesser < 15 µm werden als Gesamtschwebstaub (TSP) bezeichnet. Ultrafeine Partikel

(UFP; synonym: Nanopartikel) sind für Teilchen mit aerodynamischem Durchmesser  $< 0,1 \mu\text{m}$  (entsprechend:  $< 100 \text{ nm}$ ) definiert.

Um ein möglichst breites Spektrum der Partikelbelastungen der Innenraumluft durch Laserdrucker und/oder Fotokopierer zu erfassen, wurde sowohl ein Laserstaubmessgerät (Aerosolspektrometer) als auch ein Kondensationspartikelzähler (CPC) eingesetzt.

#### **1.1.4.4.1 Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23$ bis $\geq 20 \mu\text{m}$**

Für die kontinuierliche Messung der Partikelkonzentrationen zwischen  $\geq 0,23$  und  $\geq 20 \mu\text{m}$  wurde ein tragbarer Partikelmonitor (Laserstaubmessgerät) der Firma Grimm, Ainring, Modell 1.108 eingesetzt. Mit diesem, nach dem  $90^\circ$  Streulichtprinzip arbeitenden Aerosolspektrometer wurden kontinuierlich die Partikelzahlen (Messgrenze:  $2 \times 10^6$  Partikel/L) in der Luft und deren Größenverteilung in 16 Kanälen gemessen. Der Volumenstrom betrug  $1,2 \text{ L/min}$  ( $\pm 5 \%$ ); das Messintervall betrug 10 Sekunden (6 Messungen/min).

Als Basiswert erfasst das Aerosolspektrometer Partikelzahlen und -größen, die dann den 16 verschiedenen Größenfraktionen zugeordnet werden. Da für die jetzige Untersuchung der Büroräume primär die (auch größenfraktionsspezifische) Masse der Partikelsummen von Bedeutung war, erfolgte die Umrechnung auf Basis eines geräteinternen Algorithmus. Die Ermittlung der größenfraktionsspezifischen Partikelmasse erfolgte dabei auf der Bildung des Produktes aus den jeweils idealisierten (Kugel), mittleren, aerodynamischen Durchmessern der Partikel der einzelnen Fraktion multipliziert mit der jeweils gemessenen Partikelzahl und einer Dichte von  $2,2 \text{ g/cm}^3$  (Dolomit DR89, Hersteller: Bassermann & Co.). Durch Summation der für jede der 16 Fraktionen aus den Partikelzahlen errechnete Masse kalkulierte sich die Staubmasse in  $\mu\text{g/m}^3$ .

Die Kalibrierung des Messgerätes erfolgte gegen Prüfaerosol (polydisperses Latex) durch den Hersteller unmittelbar vor Studienbeginn. Weiterhin wurden vom Hersteller die Partikelmassen und die Zähleffizienz aller Größenkanäle durch Vergleich mit einem Referenzgerät („Muttergerät“), welches am Kalibrationsturm mit dem Prüfaerosol Micro Dolomit DR89 (Dichte  $2,2 \text{ g/cm}^3$ , Hersteller: Bassermann & Co.) mit einer Genauigkeit von  $5 \%$  geeicht wurde, geprüft. Verwendet wurde dabei eine Kalibrier-Methode, die zur Zeit im Rahmen ei-

nes ISO-Standardisierungsverfahrens als Entwurf vorliegt und das Thema Validierung und Standardisierung von Aerosol-Partikelmessgeräten beinhaltet (Stintz 2007).

Als lufthygienische relevante Stäube wurden vor allem die Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser  $< 2,5 \mu\text{m}$  bzw.  $< 10 \mu\text{m}$  angegeben. Dazu wurden zusätzlich zur Summe der Staubkonzentrationen aller Einzelfractionen auch die  $\text{PM}_{2,5}$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen berechnet. Unter  $\text{PM}_{10}$  versteht man definitionsgemäß die Partikelfraktion, die einen größenselektiven Lufteinlass passiert, der für einen aerodynamischen Durchmesser von  $10 \mu\text{m}$  eine Abscheidewirksamkeit von etwa 50 % hat (Richtlinie 1999/30/EG). Mit dieser Partikelfraktion wird versucht, das Abscheideverhalten (Gewichtung) von Partikeln in den oberen Atemwegen nachzubilden, d.h. Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als  $1 \mu\text{m}$  werden vollständig einbezogen, bei größeren Partikeln wird ein gewisser Prozentsatz gewertet, der mit zunehmender Partikelgröße abnimmt und bei  $16 \mu\text{m}$  schließlich 0% erreicht. Gemäß DIN EN 481 (1983) und DIN EN 12341 (1999) wurden für die Umrechnung der Konzentrationen der einzelnen 16 Größenfraktionen in  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen folgende numerischen Werte für die Gewichtung der einzelnen aerodynamischen Durchmesser verwendet:  $\leq 1,0 \mu\text{m}$  100%;  $2,0 \mu\text{m}$  94,2%;  $3,0 \mu\text{m}$  92,2%;  $4,0 \mu\text{m}$  89,3%;  $5,0 \mu\text{m}$  85,7%;  $6,0 \mu\text{m}$  81,2%;  $7,0 \mu\text{m}$  75,9%;  $8,0 \mu\text{m}$  69,7%;  $9,0 \mu\text{m}$  62,8%;  $10,0 \mu\text{m}$  55,1%;  $11,0 \mu\text{m}$  46,5%;  $12,0 \mu\text{m}$  37,1%;  $13,0 \mu\text{m}$  26,9%;  $14,0 \mu\text{m}$  15,9%;  $15,0 \mu\text{m}$  4,1% und  $16 \mu\text{m}$  0%. Für die Berechnung von  $\text{PM}_{2,5}$  ist die Gewichtungsfunktion wesentlich steiler ( $1,0 \mu\text{m}$  99,55%;  $2,0 \mu\text{m}$  85,5%,  $2,5 \mu\text{m}$  48%;  $3 \mu\text{m}$  6,7% und  $4,0 \mu\text{m}$  0%). Als operativer Umrechnungsfaktor von  $\text{PM}_{10}$  auf TSP kann auch gemäß der EU-Richtlinie 1999/30/EG ein Wert von 1,2 verwendet werden (Richtlinie 1999/30/EG).

Für die Emissionsmessung von Staub und die Anforderungen an Staubmessgeräte fanden die Regelwerke DIN EN 481 (1993), DIN ISO 7708 (1995) und TRGS 900 (2006) Berücksichtigung. Sie legen die Teilchengrößenverteilungen zur Messung luftgetragener Partikel am Arbeitsplatz, die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobennahme und die Arbeitsplatzgrenzwerte fest.

Obwohl aus vorangegangenen Studien nicht mit gravimetrisch erfassbaren Staubmengen über den Zeitraum der Messungen von jeweils 20-60 min gerechnet wurde, wurden dennoch konditionierte PTFE-Filter (47 mm) eingelegt, die jeweils nach den einzelnen Messphasen RB, DB und AB erneuert wurden. Der Grund hierfür war, bei Spitzenbelastungen der Innenraumluft mit Stäuben eventuell gravimetrische Vergleichswerte zu den aus dem geräteinternen Algorithmus kalkulierten Staubmassen generieren zu können. Die Wägung der danach wiederum

unter gleichen Bedingungen konditionierten, jetzt aber „beladenen“ PTFE-Filter erfolgte mit einer Ultramikrowaage Modell CP225D der Fa. Sartorius AG, Göttingen. Bei einer Anzeigegenauigkeit von 10 µg begann der zuverlässige untere Messbereich der Waage bei 100 µg [Nachweisgrenze: 0,1 mg Staub pro Filter; Bestimmungsgrenze = 1,39 mg/m<sup>3</sup> bei 72 L Probeluftvolumen (Samplingzeit: 60 min)].

Zusätzliche, parallele Staubsammlungen z.B. mit Respicon TM<sup>®</sup>, Fa. Hund, Wetzlar, mittels dem bei höheren Volumenströmen über längere Zeitintervalle differenzierbare Staubfraktionen für nachfolgende Analysen (z.B. Gravimetrie, Metalle, Endotoxine, Allergene) gesammelt werden können, fanden im Rahmen der Pilotstudie aus messtechnischen und logistischen Gründen (z.B. kurze Phasenzeiten RB, DB und AB) nicht statt.

Das Staubmessgerät wurde am Vorabend der Messung in dem jeweiligen Büroraum möglichst mittig zwischen Laserdrucker bzw. Kopierer und Arbeitsplatz installiert. Die Sammlung und Messung der Partikel erfolgte über den gesamten Messzeitraum der RB-, DB- und AB-Phase kontinuierlich mit kurzen Unterbrechungen für den notwendigen Filterwechsel zwischen den Messphasen.

#### **1.1.4.4.2 Partikel mit Durchmesser 0,01 µm bis 1 µm**

Zur Erfassung der Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel mit einem Durchmesser zwischen 0,01 µm bis 1 µm (entsprechend: 10 – 1000 nm) in der Büroraumlufte wurde ein Kondensationspartikelzähler (CPC) Modell 3007 der Fa. TSI, St. Paul, MN, USA mit einem Volumenstrom von 0,1 L/min eingesetzt. Die Funktionsweise des CPC beruht auf dem Zählen der Partikel mittels Streulichtpulsen in einem konstanten Probenfluss. Um eine ausreichende Streulichtintensität zu erhalten, werden die Partikel zuvor durch einen übersättigten Isopropandampf geleitet. Dadurch wachsen die Partikel durch Kondensation auf mehrere Mikrometer an und können dann leicht detektiert werden. Die Genauigkeit der Partikelkonzentrationsmessung beträgt ± 20 %. Die Kalibrierung des Gerätes erfolgte werksintern vor Beginn der Untersuchungen. Die Messung der Partikel erfolgte über den gesamten Messzeitraum der RB-, DB- und AB-Phase im Sekundentakt.

## **1.1.4.5 Elektronenmikroskopie (REM/TEM)**

### **1.1.4.5.1 Fragestellung**

Luftprobenahmen auf Kernporenfiltern in Räumen mit Kopierern, die in Absprache mit dem IPAS seitens des Institutes für Innenraum- und Umwelttoxikologie (IIUT) erfolgten, sollten mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) und Transmissionselektronenmikroskop (TEM) unter Einbeziehung des jeweils verwendeten Tonermaterials aus der Kartusche der Kopierer als Vergleichssubstanz ausgewertet werden.

Dabei sollte die Konzentration nicht nur der luftgetragenen Teilchen, d.h. von Aggregaten und Agglomeraten (A + A) die sich aus ultrafeinen Primärteilchen (PT) zusammensetzen können, sondern auch die Konzentration der PT bestimmt werden. Im Vergleich zu den Materialproben sollte eine morphologische und elementanalytische Zuordnung der auf den Filtern angetroffenen Partikel versucht werden. Die hierbei gewonnenen Konzentrationen der A+A und der PT sollten dann mit den gleichzeitig mit dem CPC registrierten Teilchenkonzentrationen verglichen werden (Rödelsperger et al. 2003 a,b; 2005).

### **1.1.4.5.2 Präparation**

*Direkte Präparation der Filter von Luftprobennahmen für die Elektronenmikroskopie:* Für die Luftprobennahme wurden Filter mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Porenweite von 0,2 µm in einer Sputteranlage zur Hälfte mit Gold beschichtet. Im Rasterelektronenmikroskop (REM) konnte dieser Teil des Filters dann unmittelbar untersucht werden.

Für die TEM-Auswertung wurde die unbeschichtete Hälfte des Filters mit Kohlenstoff bedampft und ein Stanzling des Filters auf ein 3 mm großes Goldnetz montiert. In einem „Jaffe washer“ wurde das Filtermaterial in Chloroform aufgelöst, so dass ein Transmissionspräparat entstand. Eine indirekte Präparation durch Abspülen des Filters erwies sich auf Grund der zu geringen Filterbelegung nicht sinnvoll. Die standardisierte Auswertung erfolgte bei 40.000-facher Vergrößerung im Transmissionselektronenmikroskop für jeweils 50 Gesichtsfelder.

*Präparation von Materialproben:* In der qualitativen Analyse wurde die Charakterisierung und Elementzusammensetzung der Tonermaterialien erfasst. Dazu wurden Streupräparate für die REM-Untersuchungen eingesetzt. Aus zwei Tonerproben (erste Probe: Filter 219; zweite Probe: Filter 229 und 231) wurden wässrige Suspensionen (Konzentration  $\leq 20$  µg/ml) im Ult-

raschallbad (0,2 W/ml; 1 h) für eine Auswertung im TEM hergestellt. Bei der ersten Probe wurde als zusätzliches Hilfsmittel für eine bessere Dispergierbarkeit „Tween 80“ eingesetzt. Anteile dieser Suspensionen wurden auf Konzentrationen von  $\leq 1 \mu\text{g/ml}$  verdünnt und erneut einer Ultraschallbehandlung von 60 Minuten unterzogen. Aliquote Mengen dieser Suspensionen dienten zur Beaufschlagung von Kernporenfiltern (Porenweite:  $0,1 \mu\text{m}$ ) für die TEM-Analysen.

#### **1.1.4.5.3 Auswertung**

*Gravimetrie an den beaufschlagten Filtern:* Die Wägungen erfolgten mit einer ME30-Waage, der Fa. Mettler-Toledo. Hierbei wurde ein Entionisierer EN SLLC der Fa. Haug zur Beseitigung der elektrischen Aufladung der Filter im Eingabebereich der Waage eingesetzt. Als Nachweisgrenze für die Ermittlung der Beaufschlagung sowohl der Kernporenfilter als auch der im Feinstaubmessgerät Respicon der Fa. Hund eingesetzten Teflonfilter wird pauschal ein Wert von  $20 \mu\text{g}$  angenommen.

*Qualitative Charakterisierung der Filterproben:* Qualitative Analysen und fotografische Aufnahmen zur Charakterisierung der Teilchen erfolgten an den Filterproben im REM und TEM bei unterschiedlichen Vergrößerungen.

*Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung:* Die standardisierte Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung ist bei Rödelsperger et al. 2003 beschrieben.

Die Teilchenzählung erfolgte bei 40.000-facher Vergrößerung an jeweils 10 bis 50 Gesichtsfeldern der Größe von  $2,1 \mu\text{m} \times 3,7 \mu\text{m}$ . Hierzu wird in einer Urliste für jedes A+A unter der Angabe der Feldnummer eine Zeile angelegt. Die in einem A+A enthaltenen Primärteilchen werden in dieser Zeile einer von 7 Größenklassen eingeordnet. Zudem wird angegeben, ob die A+A sich vollständig oder unvollständig innerhalb des Feldes befinden. Ein einzelnes Primärteilchen wird hierbei als „Ein-Teilchen-A+A“ dokumentiert. Bei stark belegten Filtern erfolgt die eigentliche Auszählung nicht im Online-Betrieb, sondern auf einer digitalen Aufnahme. Mit den Angaben dieser Urliste sowie den Informationen zur Probenahme und zur direkten oder indirekten Präparation wird in einem Excel-Arbeitsblatt bei gegebener Massenkonzentration die A+A- und PT-Konzentration je Kubikmeter Luft und je Milligramm E-Staub sowie der mittlere PT-Durchmesser gewichtet nach Anzahl, Oberfläche und Volumen der als kugel-

förmig angenommenen PT ermittelt. Hieraus ergibt sich auch die Oberflächen- und Massenkonzentration sowie die Größe der A+A. Für die Erfassung des PT-Durchmessers wurde die Zahl der Durchmesserklassen gegenüber diesen früheren Auswertungen inzwischen von 4 auf 7 erhöht. Daraus ergeben sich zusätzliche Informationen zum Prozentanteil der PT in A+A mit einem Äquivalentdurchmesser  $< 100$  nm.

*Auswertung der Materialproben:* Qualitative Analysen und photographische Aufnahmen zur Charakterisierung der Teilchen erfolgten an den Tonerproben im REM bei unterschiedlichen Vergrößerungen. Die standardisierte Auswertung der mit Materialproben beaufschlagten Filter erfolgt ebenso wie für die am Arbeitsplatz beaufschlagten Filter im TEM bei 40.000-facher Vergrößerung.

*Elementanalyse:* Zur Unterscheidung der auf Kernporenfilter gesammelten A+A ultrafeiner Primärteilchen von A+A anderer Herkunft - insbesondere Dieselruß - wurde eine Charakterisierung der Tonerpartikel durch Spuren vorhandenen anorganischen Komponenten (insbesondere der Elemente Fe, Si, Al) mittels EDX-Analyse untersucht. Hierzu wurden an dicht belegten Streupräparaten (Toner-Materialproben) unter dem Rasterelektronenmikroskop Flächenspektren bei 1000-facher Vergrößerung aufgenommen. Entsprechend wurden an den Filtern von Luftprobenahmen, die diesen Tonermaterialien zuordenbar sind, im Transmissionselektronenmikroskop beispielhaft größere A+A durch Punktanalysen charakterisiert.

#### **1.1.4.6 Formaldehyd**

Eine orientierende Bestimmung von Formaldehyd wurde mittels Indikatorröhrchen (Silicagel) der Fa. Dräger durchgeführt. Die Probenahme erfolgt mit einer manuellen Einhandpumpe Dräger accuro<sup>®</sup>. Mit diesem Meßsystem können Formaldehyd-Konzentrationen zwischen 0,1 bis 1,25 ppm unter Standardbedingungen (20°C, 1013 hPa) erfasst werden. Die Hubzahl beträgt 40 Hübe (4 L) und die Messdauer 1,5 -3 min. Die relative Bestimmungsgrenze beträgt bei 4 L Luftprobe 50 µg/m<sup>3</sup>. Die Messung diente dem Ausschluss überhöhter Formaldehyd-Konzentrationen im Innenraum als confoundierender Faktor.

#### **1.1.4.7 Luftkeime (Schimmelpilze)**

Zur Untersuchung der Luftkeimzahlen, selektiv im Sinne der Erfassung von Schimmelpilzen, wurde ein Impaktionssammler FH-5 der Fa. RR-Elektronik GmbH eingesetzt. Da in den Büroräumen geringe Keimzahlen erwartet wurden, wurde bei einem Volumenstrom von 100

L/min über 10 min ein Gesamtsammelvolumen von 1 m<sup>3</sup> Luft untersucht. Als pilzselektive Nährmedien wurden Dichloran-Glycerin-Agar (DG18) und Malzextraktagar (MEA) in 90 mm-Standardpetrischalen eingesetzt, die gekühlt gelagert zum Untersuchungsort transportiert wurden. Zu jedem Untersuchungszeitpunkt (RB, DB und AB) wurden jeweils zwei DG18- und zwei MEA-Medien für die Raumlufthuntersuchungen eingesetzt. Zudem wurde im Anschluss an die AB-Messung auch eine Außenluftmessung (vor dem Fenster) mit jeweils zwei DG18- und MEA-Agarplatten durchgeführt. Jeweils eine der DG18- und eine der MEA-Agarplatten der jeweiligen Messung wurden bei 37°C, die anderen bei Raumtemperatur (20°C im Inkubator) bis zu 7 Tagen inkubiert. Die Messungen erfolgten auf Grundlage des TRBA 405 (2001) und des „Leitfadens zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ (UBA-Leitfaden, 2002). Nach 3 Tagen fand eine erste Inspektion des Keimwachstums auf den Agarplatten statt. Medien, die bereits zu diesem Zeitpunkt starkes Wachstum zeigten, wurden bereits dann ausgewertet und fotografisch dokumentiert. Die Auswertung erfolgte durch Zählung der Schimmelpilze als koloniebildende Einheiten (KBE) und wurde pro Kubikmeter berechnet (KBE/m<sup>3</sup>). Im Falle eines gegenüber der Außenluftprobe auffälligen Pilzwachstums im Innenraum wurde eine Speziesdifferenzierung vorgesehen.

#### **1.1.4.8 Statistische Auswertung**

Im Rahmen der durchgeführten Pilotstudie standen vor allem deskriptive Darstellungen der Messwerte einzelner Büroräume im Mittelpunkt, um Veränderungen der Innenraumlufthqualität aufzuzeigen. Sofern statistische Analysen erfolgten, wurde als Software Microsoft Excel 2000 und SPSS 15 für Windows eingesetzt.

Zur Darstellung der Verteilung wurden aus den Rohdaten der untersuchten Einzelparameter arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichungen, Medianwerte, Minima und Maxima und zum Teil auch %-Perzentilen angegeben.

Zur Prüfung auf Normalverteilung der Daten wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test herangezogen. Bei normal verteilten Daten wurde mittels Student's t-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Messphasen RB (Ruhebetrieb), DB (Druckbetrieb) und AB (Arbeitsbetrieb) geprüft; bei nicht normal verteilten Daten mittels dem nichtparametrischen Wilcoxon-Test.

Signifikante Unterschiede wurden bei  $p \leq 0,05$  angenommen.

## 1.2 Ergebnisse

Im Rahmen der Innenraumanalysen wurden für jeden Büroraum mehr als 20.000 Einzelmesswerte erhoben. Im Folgenden werden die Resultate synoptisch dargestellt.

### 1.2.1 Spezifikationen der Büroräume

Die Auswahl der Standorte und damit der Bürogebäude erfolgte in Absprache der Interessensgemeinschaft der Tonergeschädigten e.V. (ITG e.V.), da es Anspruch des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) war, auch bzw. insbesondere solche Gebäude in die Studie einzubeziehen, in denen von den dort Beschäftigten toner- bzw. laserdruckerassoziierte Gesundheitsstörungen berichtet wurden. Insofern war die Auswahl der Büroräume nicht zufällig, was den Pilotcharakter der Studie unterstreicht (zur Kodierung siehe Kap. 1.1.1).

Die Vorgehensweise bei der Auswahl der Büroräume führte zu einer hohen Variabilität der Raumcharakteristika. In Tabelle 7 sind wichtige Kenndaten der untersuchten Büroräume wiedergegeben. Weiterhin wurden die Anzahl der jeweiligen Büroarbeitsplätze sowie die Art der Möblierung, des Bodenbelages, bestimmter Materialien im Innenausbau (Holz) sowie die Fensterart dokumentiert. Das Vorhandensein von Zimmerpflanzen wurde ebenfalls erfasst. Die Tabelle 7 gibt hierbei nur diejenigen Parameter mit unmittelbarer Relevanz auf die Innenraumluftmessungen wieder.

Bei den untersuchten Büroräumen handelte es sich um Räume von unterschiedlicher Größe und unterschiedlichem Nutzungsspektrum. So wurden neben „normalen“ Büroräumen, d.h. Räumen mit 1-3 Arbeitsplätzen auch ein Großraumbüro mit über mehrere Stockwerke offenem Arbeitsbereich, ein Fotolabor, eine Hausdruckerei, drei Kopierräume sowie zwei Werkstätten in die Studie einbezogen. Die Raumgrößen variierten von kleineren Räumen (etwa um 20 m<sup>3</sup>) über mittelgroße Räume (etwa um 40 bis 80 m<sup>3</sup>) bis zum bereits genannten Großraumbüro mit über 1000 m<sup>3</sup> Raumvolumen. Als Bodenbeläge wurden Teppich- und Linoleumböden, weniger Holz- oder Steinböden gefunden.

**Tabelle 7:** Raumspezifikationen der untersuchten Büroräume

Raum	Raumspezifikation				
	Nutzung	Größe (m <sup>3</sup> )	Arbeitsplätze	Bodenart	Zimmerpflanzen
A-1	Büro	40	2	Teppich	4 Kleinpflanzen
A-2	Büro	40	2	Teppich	Birkenfeige
A-3	Büro	80	2	Teppich	1 Palme
A-4	Büro	40	2	Teppich	2 Kleinpflanzen
A-5	Büro	40	2	Teppich	Keine
A-6	Büro	40	2	Teppich	5 Kleinpflanzen
A-7	Büro	40	2	Teppich	4 Kleinpflanzen
A-8	Büro	80	2	Teppich	4 Kleinpflanzen
A-9	Büro	40	2	Teppich	2 Birkenfeigen
A-10	GroßraumB	>1000	ca. 17	Steinboden	Keine
A-11	Büro	20	1	Teppich	Birkenfeige
A-12	Büro	20	1	Teppich	2 Kleinpflanzen
B-13	Kopierraum	ca. 30	0	Linoleum	Keine
B-14	Kopierraum	20	1	Teppich	Keine
B-15	Büro	20	2	Teppich	Keine
B-16	Büro	20	1	Teppich	Keine
B-17	Büro	40	1	Teppich	Keine
B-18	Büro	40	2	Teppich	Keine
B-19	Büro	38	1	Parkett	Birkenfeige
B-20	Büro	38	2	Parkett	Palmen, Kakteen
B-21	Büro	40	2	Teppich	Palmen, Kakteen
B-22	Büro	40	2	Teppich	Kaktus
B-23	Büro	30	2	Teppich	Keine
B-24	Büro	30	2	Teppich	Keine
B-25	Büro	57	1	Teppich	Palmen, Kakteen
B-26	Kopierraum	59	0	Teppich	Aloe, Kakteen
C-27	Büro	45	2	Teppich	Kleinpflanzen
C-28	Druckerei	170	1	Linoleum	Keine
C-29	Büro	48	2	Nadelfilz	6 Kleinpflanzen
C-30	Büro	69	2	Nadelfilz	2 Großpflanzen
C-31	Büro	84	1	Teppich	3 Birkenfeigen, Kleinpflanzen
C-32	Büro	56	1	Nadelfilz	4 Pflanzen
C-33	Büro	48	2	Holzparkett	Palmen, Kakteen
C-34	Büro	34	2	Linoleum	Keine
C-35	Büro	60	2	Nadelfilz	ca. 8 Kleinpflanzen
C-36	Büro	26	1	Nadelfilz	4-5 Kleinpflanzen
C-37	Büro	36	1	Nadelfilz	Kleinpflanzen, Kaktus
D-38	Büro	51	3	PVC	1 Pflanze
D-39	Büro	88	2	PVC	Kaffeebaum
D-40	Büro	36	2	PVC	Keine
D-41	Büro	36	1	PVC	Keine
D-42	Büro	48	1	PVC	Kleinpflanzen
D-43	Büro	40	1	PVC	10 Kleinpflanzen
D-44	Büro	36	1	PVC	3 Kleinpflanzen
D-45	Büro	36	1	PVC	6 Kleinpflanzen
D-46	Büro	105	varierend	PVC	Keine

Raum	Raumspezifikation				
	Nutzung	Größe (m3)	Arbeitsplätze	Bodenart	Zimmerpflanzen
D-49	Büro	70	2	PVC	5 Zimmerpflanzen
D-50	Büro	81,6	1	Kautschuk	Birkenfeige groß
D-51	Büro	37,7	1	Kautschuk	Kleinpflanzen
D-52	Büro	35,6	1	Kautschuk	Kleinpflanzen
D-53	Büro	13,8	2	Linoleum	Keine
D-54	Büro	14	1	Linoleum	Keine
D-55	Büro	55,2	2	Linoleum	Keine
D-56	Büro	14,3	1	Linoleum	Keine
D-57	Büro	53	1	Linoleum	Keine
D-58	Büro	53	2	Linoleum	Keine
D-59	Büro	29,5	1	Linoleum	Keine
D-60	Büro	36	1	Linoleum	Keine
D-61	Fotolabor	72	1	Linoleum	Keine
D-62	Werkstatt	36	1	Linoleum	Keine
D-63	Werkstatt	36	1	Linoleum	Keine

Bei allen untersuchten Räumen handelte es sich um Büros, in denen Laserdrucker, Fotokopiergeräte und/oder Multifunktionsgeräte auf Laserbasis betrieben wurden. Die Geräte stammten alle aus der normalen Serienproduktion und wurden in der Regel mit dem Originaltoner betrieben. Die anonymisierten Geräte-, Tonertypen und Papiersorten sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Anzumerken ist hier, dass die in die Studie einbezogenen Geräte keine repräsentative Marktübersicht darstellten. Aus den nachfolgenden Ergebnissen der Studie lassen sich prinzipiell keine Rückschlüsse auf das Emissionsverhalten bestimmter Geräte-, Toner- bzw. Papiertypen ableiten. Unter den Geräten wurden Tisch- und Standgeräte sowie monochrome SW-Geräte und Farbgeräte untersucht.

**Tabelle 8:** Bürogerätespezifikation der untersuchten Büroräume kodiert (nach IfHU)

Raum	Drucker	Toner	Papier
A-1	1	a	I
A-2	1	a	I
A-3	2	b	I
A-4	2	b	I
A-5	2	b	I
A-6	1	a	I
A-7	1	a	I
A-8	1	a	I
A-9	1	a	I
A-10	1	a	II
A-11	3	c	I
A-12	4	d	I
B-13	5	k.A.	III
B-14	6	k.A.	IV
B-15	7	e	III

<b>Raum</b>	<b>Drucker</b>	<b>Toner</b>	<b>Papier</b>
B-16	6	e	III
B-17	8	k.A	III
B-18	6	e	III
B-19	7	f	III
B-20	7	f	III
B-21	6	e	III
B-22	7	e	III
B-23	7	k.A	III
B-24	9	k.A	IV
B-25	10	g	V
B-26	11, 12	k.A.	V
C-27	13	h	III
C-28	14	i	III
C-29	7	j	III
C-30	15	k	III
C-31	16	l	III
C-32	17	m	III
C-33	18	n	III
C-34	8	c	III
C-35	19	o	III
C-36	20	p	III
C-37	6	e	III
D-38	21	q	VI
D-39	21	q	VII
D-40	21	q	VII
D-41	22	r	VII
D-42	21	q	VI
D-43	21	q	VII
D-44	21	q	VI
D-45	21	q	VI
D-46	21	q	VI
D-47	23	s	VI
D-48	23	s	VI
D-49	23	s	VI
D-50	23	s	VI
D-51	21	q	VI
D-52	21	q	VI
D-53	21	q	VI
D-54	24	q	VI
D-55	24	q	VI
D-56	25	t	VI
D-57	25	t	VI
D-58	24	q	VI
D-59	21	q	VII
D-60	24	q	VI
D-61	26	q	VI
D-62	26	q	VI
D-63	27	u	VI

## 1.2.2 Temperatur und Feuchte

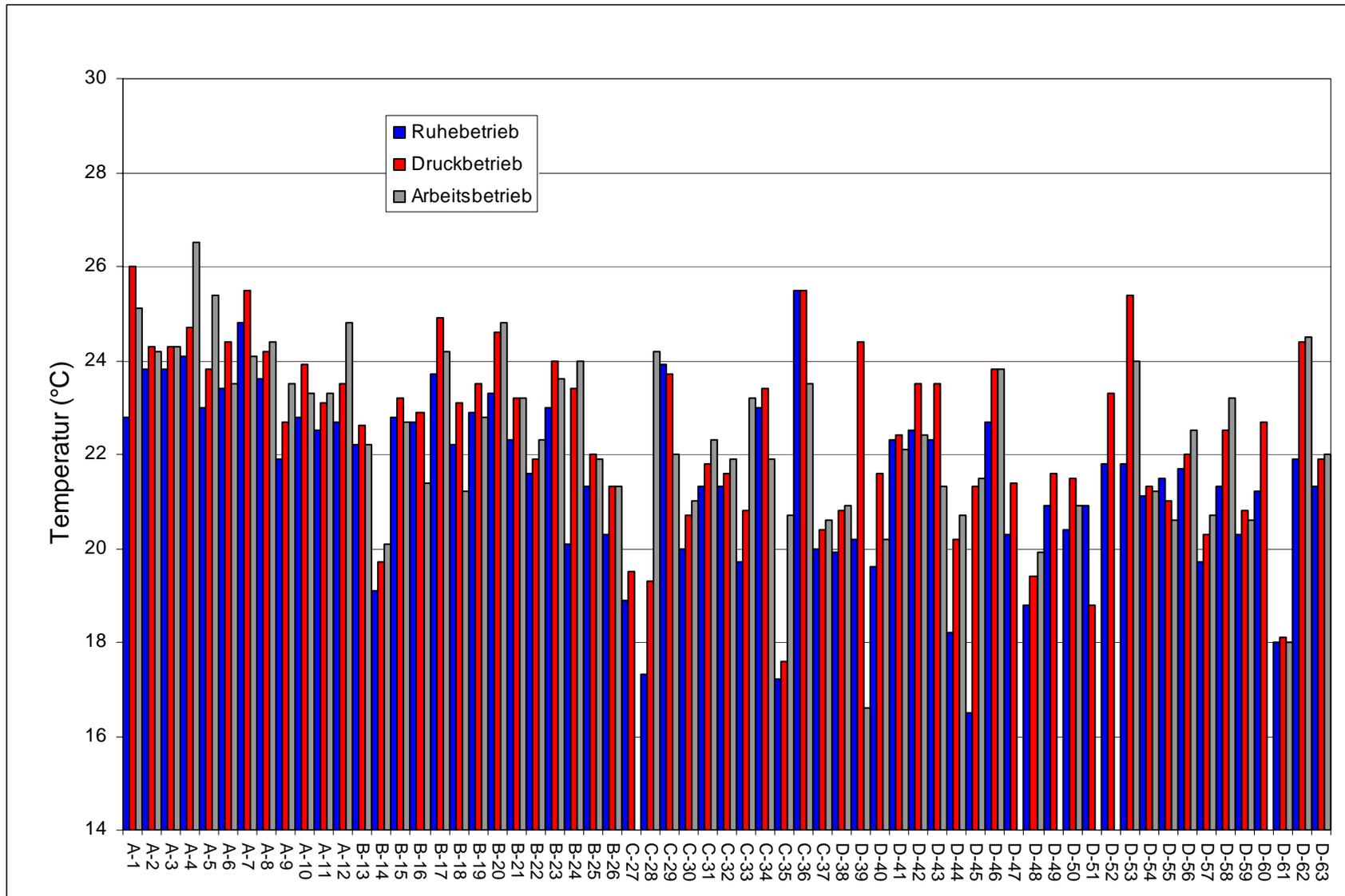
Die Temperaturen in den Büroräumen (Abbildung 4) schwankten zum Teil jahreszeitlich bedingt insgesamt absolut zwischen 16,5 °C und 26,5 °C. Da die Standorte A und B im Mai bzw. September/Okttober 2006 untersucht wurden, lagen hier die mittleren Temperaturen deutlich über denen der Standorte C und D, die im Januar bzw. März/April 2006 untersucht wurden.

Im arithmetischen Mittel aller Büroräume betrug die Raumtemperatur in der RB-Phase  $21,5 \pm 1,9$  °C, in der Druckphase  $22,4 \pm 1,9$  °C, was einem schwachen, aber statistisch signifikantem ( $p < 0,001$ ) Anstieg von der Ruhephase zum Druckbetrieb bedeutet [Normalverteilung (vgl. Anhang 8.3) Student's t-Test]. Ein gleicher Trend mit einem Temperaturanstieg um 0,7 °C zwischen RB- und DB-Phase ist bei Betrachtung der Medianwerte erkennbar. Bei deskriptiver Betrachtung konnten in 57 der 63 Büroräume (entspricht 90,5 %) ein Anstieg der Raumtemperatur von der RB- zur DB-Phase gemessen werden, der jedoch in der Regel gering war ( $\leq 0,5$  °C). In 7 Räumen (9,5 %) konnte ein Temperaturerhöhung zwischen RB- und DB-Phase von  $>2$  °C gemessen werden (A-1, B-24, C-28, D-39, D-45, D-53, D-62); eine Zuordnung zu Geräte- oder Raumspezifikationen konnte nicht erkannt werden. Zwischen DB- und AB-Phase zeigten sich bei der Temperatur keine Differenzen, die über alle Büroräume gemittelte Temperatur in der AB-Phase betrug  $22,3 \pm 1,9$  °C.

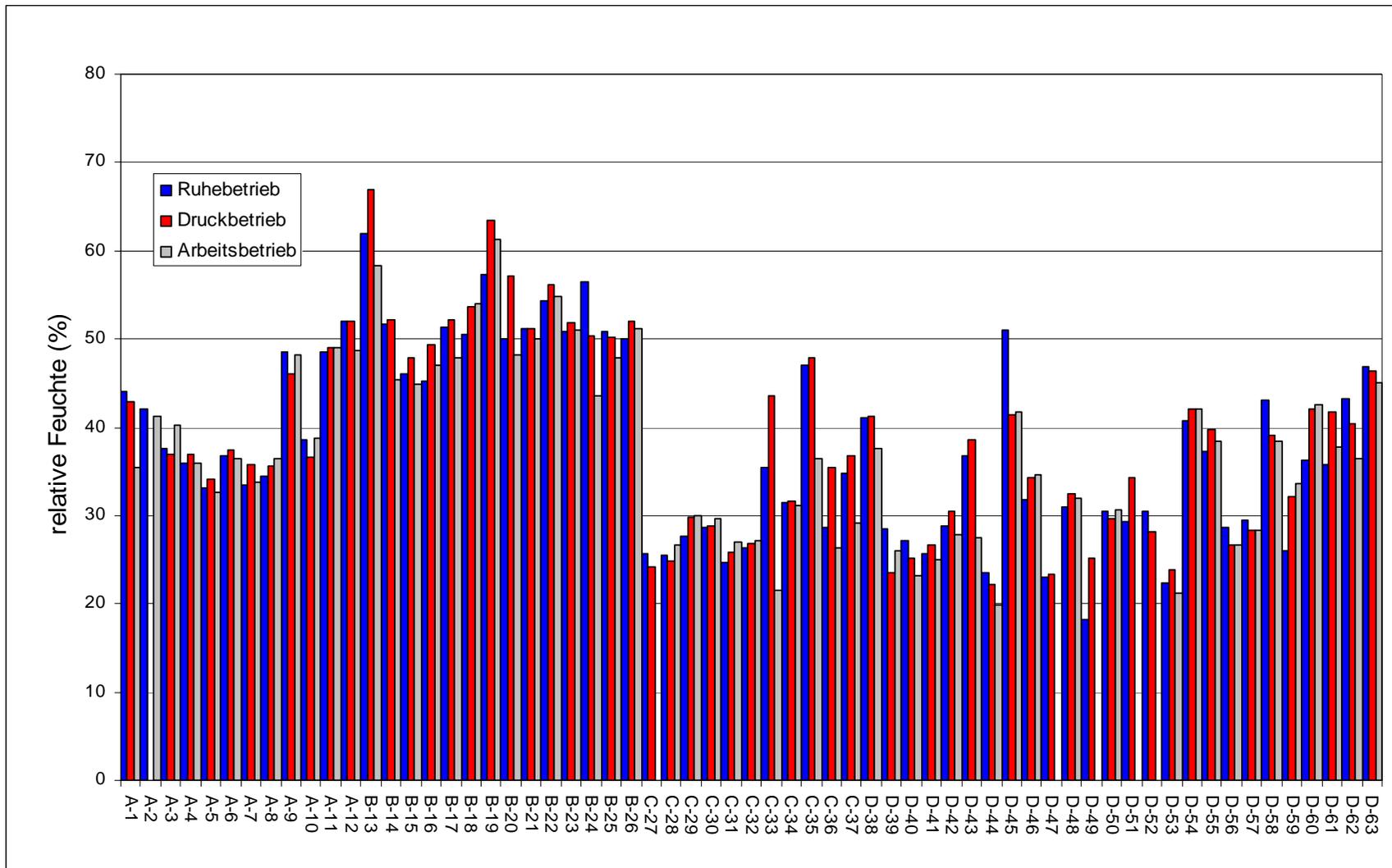
Die relative Luftfeuchten (Abbildung 5) in den Büroräumen schwankten zum Teil jahreszeitlich bedingt insgesamt absolut zwischen  $<20$  rel.% und etwa 75 rel.%. Da die Gebäude der Standorte A und B im Mai bzw. September/Okttober 2006 untersucht wurden, lagen hier die mittleren relativen Feuchten deutlich über denen der Standorte C und D, die im Januar bzw. März/April 2006 untersucht wurden.

Im Mittel aller Büroräume betrug die relative Luftfeuchte in der RB-Phase  $38,0 \pm 10,6$  rel.%, in der Druckphase  $38,9 \pm 10,9$  rel.%, was trotz der hohen Standardabweichungen einem schwachen, aber statistisch signifikantem [ $p = 0,011$ , Normalverteilung (s. Anhang 8.3), Student's t-Test] Anstieg von der Ruhephase zur Druckbetriebsphase bedeutet.

Ein Einfluss auf die Luftfeuchte durch die Präsenz des Untersuchers kann nicht ausgeschlossen werden. Abgesehen von den oben genannten Ausnahmen lässt sich hinsichtlich Temperatur und Luftfeuchte im Mittel keine relevante Veränderung der Innenraumluftqualität durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten erkennen.



**Abbildung 4:** Temperaturen in den Büroräumen A-1 bis D-63 (Einmalmessungen zu Beginn der Messphasen RB, DB und AB)



**Abbildung 5:** Relative Luftfeuchte in den Büroräumen A-1 bis D-63 (Einmalmessungen zu Beginn der Messphasen RB, DB und AB)

### **1.2.3 Anorganische Gase**

Wegen der kritisch zu wertenden, hohen Bestimmungsgrenzen der Messmethode wurden die Ergebnisse in den Anhang gestellt.

### **1.2.4 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)**

#### **1.2.4.1 Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)**

Die TVOC-Konzentrationen in den 62 untersuchten Büroräumen während der RB-, DB- und AB-Phase lagen, berechnet auf der Basis von Toluoläquivalenten (TÄ), zwischen 1 und 330  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung:  $53,04 \pm 56,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Abbildung 6).

Bei 27 Air Toxic<sup>®</sup>-Tubes kam es aufgrund von technischen Störungen der Kopplung zwischen Thermodesorptionseinheit und GC zum Verlust von Proben. Da immer Doppelbestimmungen durchgeführt wurden, konnten diese Verluste bis auf die Proben A-5 (RB-Messung), A-12 (AB-Messung), C-27 (AB-Messung), D-47, D-49, D-51 und D-52 (jeweils DB-Messung) und D-60 (AB-Messung) ausgeglichen werden.

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich wird, waren deutliche, gebäudespezifische Unterschiede zu erkennen. Im Vergleich zu den Räumen der Gebäude der Standorte B und D zeigten diejenigen der Standorte A und C deutlich höhere TVOC-Konzentrationen.

Differenziert man die mittleren TVOC-Konzentrationen nach den Untersuchungsphasen RB (Ruhebetrieb), DB (Druckbetrieb) und AB (Arbeitsbetrieb) ergibt sich das in Abbildung 8 dargestellte Verteilungsmuster. Die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) aller phasenspezifischen Messungen lagen hierbei für RB bei  $55,9 \pm 57,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für DB bei  $59,2 \pm 62,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $38,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für AB bei  $44,3 \pm 49,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $26,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ein Unterschied der mittleren TVOC-Konzentrationen zwischen RB und DB konnte nicht erkannt werden; gegenüber der DB- und RB-Phase waren die mittleren und medianen TVOC-Konzentrationen in der AB-Phase signifikant niedriger [ $p=0,004$  bzw.  $p=0,013$ ; nicht normalverteilte Daten (s. Statistik Anhang Kap. 8.3)].

Prinzipiell konnten drei Gruppen von Büroräumen unterschieden werden: (1) Büroräume (N=22), in denen die mittlere TVOC-Konzentration von der RB- zur DB-Phase anstieg, (2) Büroräume (N=15), in denen die mittlere TVOC-Konzentration zwischen RB- und DB-Phase

annähernd gleich blieb und (3) Büroräume (N=25), in denen von der RB- zur DB-Phase ein Abfall der TVOC-Konzentration zu verzeichnen war.

In Abbildung 9 sind diejenigen Büroräume (N=22) dargestellt, in denen es zwischen RB- und DB-Phase zu einem mittleren und signifikanten ( $p < 0,001$ ) Anstieg der TVOC-Konzentration von  $44,5 \pm 56,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $23,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu  $73,1 \pm 76,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $47,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kam. Abbildung 10 gibt die Messwerte derjenigen Büroräume (N=25) wieder, in denen es zwischen RB- und DB-Phase zu einem mittleren und signifikanten ( $p < 0,001$ ) Abfall der TVOC-Konzentration von  $78,6 \pm 64,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $57,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu  $60,3 \pm 57,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $40,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kam.

Interessant erscheint in beiden Fällen, dass es von der DB-Phase zur AB-Phase im Mittel zu keinem weiteren Anstieg der TVOC-Konzentration, sondern tendenziell zu einem Abfall der TVOC-Konzentrationen kam. Dennoch konnte in einzelnen Büros ein nochmaliger und teils erheblicher Anstieg der TVOC-Konzentration in der AB-Phase beobachtet werden (z.B. in den Räumen B-23, B-26, C-30 und D-50).

#### 1.2.4.2 Flüchtige organische Verbindungen (VOC-Einzelstoffe)

Im Gegensatz zu der Bestimmung der TVOC-Konzentrationen, die halbquantitativ über Toluoläquivalente (TÄ) durchgeführt wurde, erfolgte die Quantifizierung der identifizierbaren VOC auf der Basis von Einzelstoffkalibrierungen.

Die Ergebnisse der Quantifizierung der einzelnen VOC (vgl. Tabelle 5c in Kapitel 1.1.4.3) sind in den Abbildungen 11 bis 17 wiedergegeben. Zur besseren Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Innenraumluftuntersuchungen sind die Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen sowie Minima und Maxima der einzelnen nachgewiesenen VOC in Tabelle 9 dargestellt.

Bei der Analyse der Air Toxic<sup>®</sup>-Tubes mittels GC/MSD konnte in den Luftproben der Büroräume Methylcyclohexan aus der Gruppe der aliphatischen Kohlenwasserstoffe, aus der Gruppe der aromatischen C6-C9-Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und *meta*- und *para*-Xylol (BTEX-Aromaten) sowie *n*-Propylbenzol, 1,3,5-Trimethylbenzol und Styrol identifiziert und quantifiziert werden. Als Terpene konnten  $\alpha$ -Pinen,  $\Delta^3$ -Caren und Limonen in der Luft der Büroräume nachgewiesen werden. Zudem wurde Benzaldehyd als einziges Aldehyd und Acetophenon als einziges Keton identifiziert.

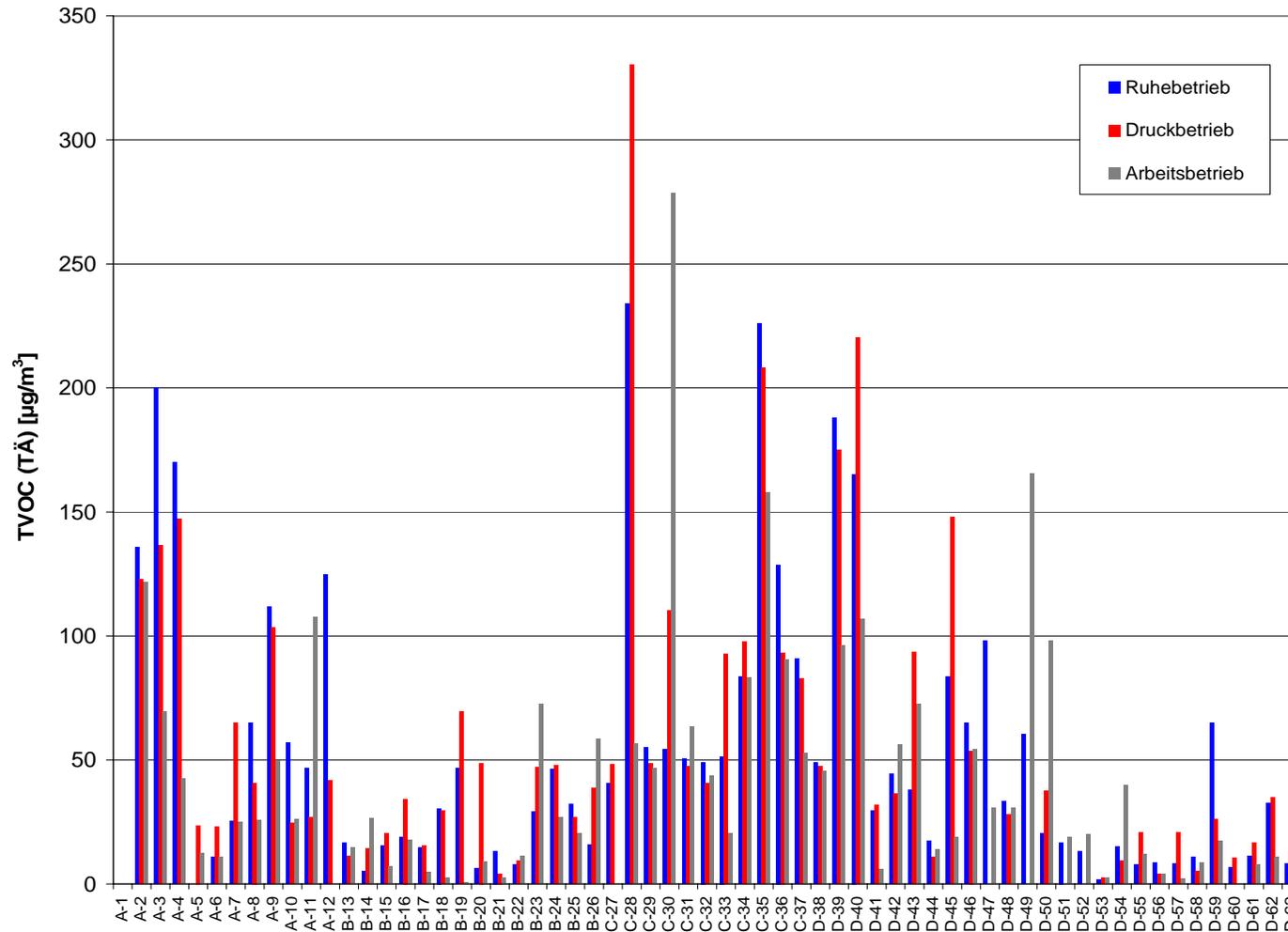
Wie in Abbildung 11 dargestellt, lagen die arithmetischen Mittelwerte der einzelnen VOC zwischen einigen  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (z.B. für Benzol) und bis zu  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (für Methylcyclohexan). An unidentifizierbaren VOC finden sich im Mittel  $21,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Während die 25. Perzentile der VOC-Konzentrationen meist um oder unter  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lag, wurden Maximalwerte für einzelne Verbindungen von mehr als  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nur von Methylcyclohexan und unidentifizierten VOC erreicht (Abbildung 12)

Wie in Abbildung 11 dargestellt, lagen dabei die Medianwerte der meisten VOC unter deren arithmetischen Mittelwerten. Eine relevante Veränderung einzelner VOC-Konzentrationen über die Messphasen RB, DB und AB ließ sich im Mittel nicht erkennen (Abbildung 13).

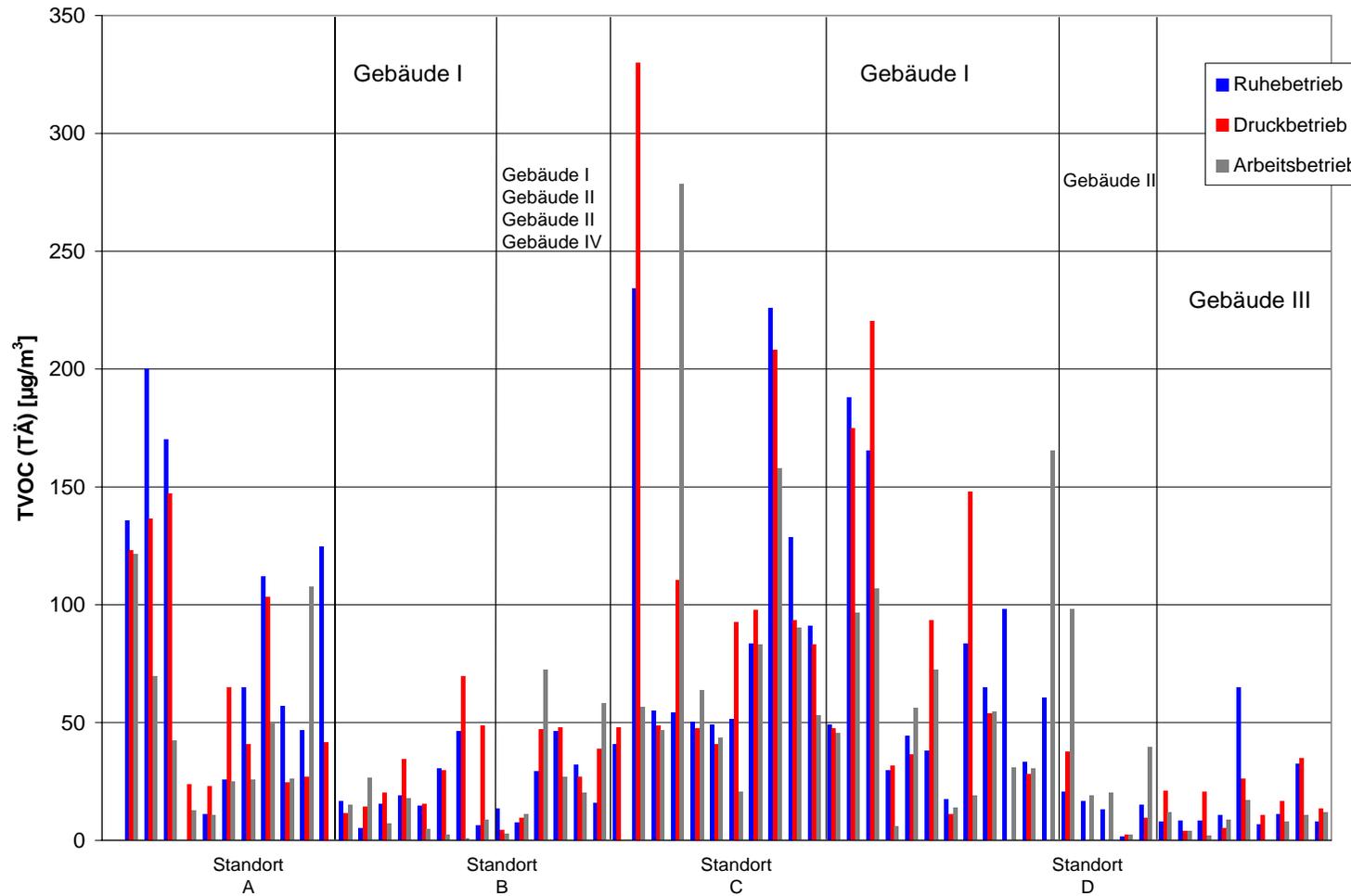
Dies wird auch bei Betrachtung der raumbezogenen Messdaten für einzelnen VOC deutlich (Abbildungen 14-17), wobei im Vergleich zu den anderen untersuchten Gebäuden bzw. Büros insbesondere die des Standortes C mit höheren VOC-Konzentrationen auffällig waren.

Im Gegensatz zu den Betrachtungen der gemittelten Werte für die VOC-Messungen der RB-, DB- und AB-Phase, in denen keine signifikanten Veränderungen der Raumluftkonzentrationen über den Untersuchungszeitraum erkannt werden konnten, sieht man in den bürraumbezogenen VOC-Messungen, dass sich Konzentrationen verschiedener Stoffe in der Innenraumluft während des Druckvorgangs (DB-Phase) erhöhen können, so etwa z.B. die Konzentration von Benzol, die in den Räumen C-34 und C-37 zwischen RB- und DB-Phase von  $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $26,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. von  $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anstieg (Abbildung 14).

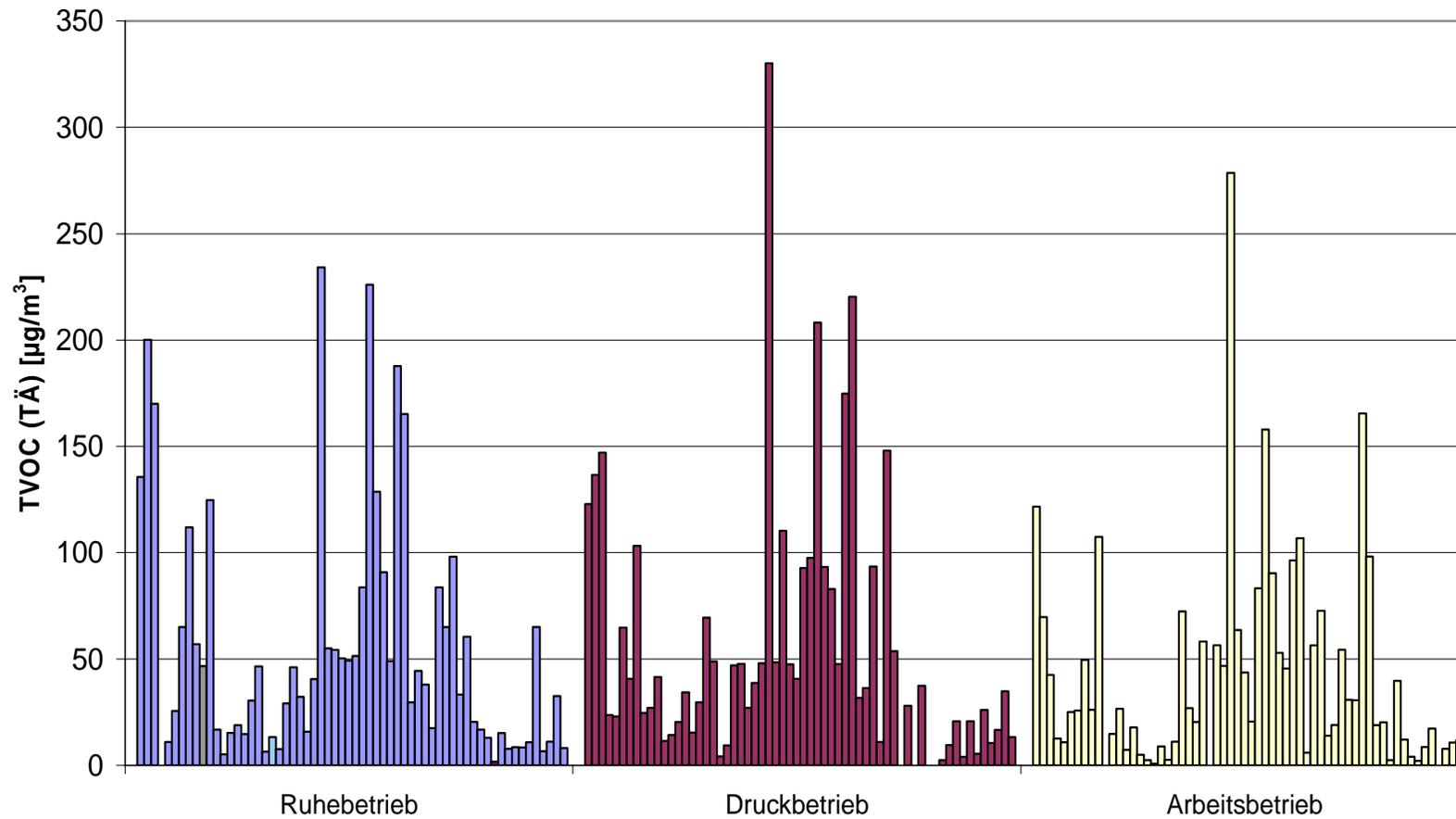
Auch in Räumen anderer Standorte konnte man während des Druckvorgangs eine Erhöhung der Benzolkonzentrationen – wenn auch mit kleineren absoluten Mengen – feststellen, so etwa in den Räumen A-11, C-30 und D-46 (Abbildung 14). Raum C-35 hatte demgegenüber eine relativ hohe Grundbelastung (RB-Phase) an Benzol von  $28,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die in der DB-Phase auf  $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  absank. In den Medianwerten der Benzolkonzentrationen (wegen der geringen Konzentrationen in Abbildung 13 nicht erkennbar) deutete sich demgegenüber kein Rückgang der Benzolkonzentrationen von der RB- ( $2,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zur DB-Phase ( $2,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), jedoch ein geringer anstieg zur AB-Phase ( $3,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) an, was ein Licht auf die Notwendigkeit einer detaillierten Betrachtung der Vorgänge in den einzelnen Büroräumen wirft.



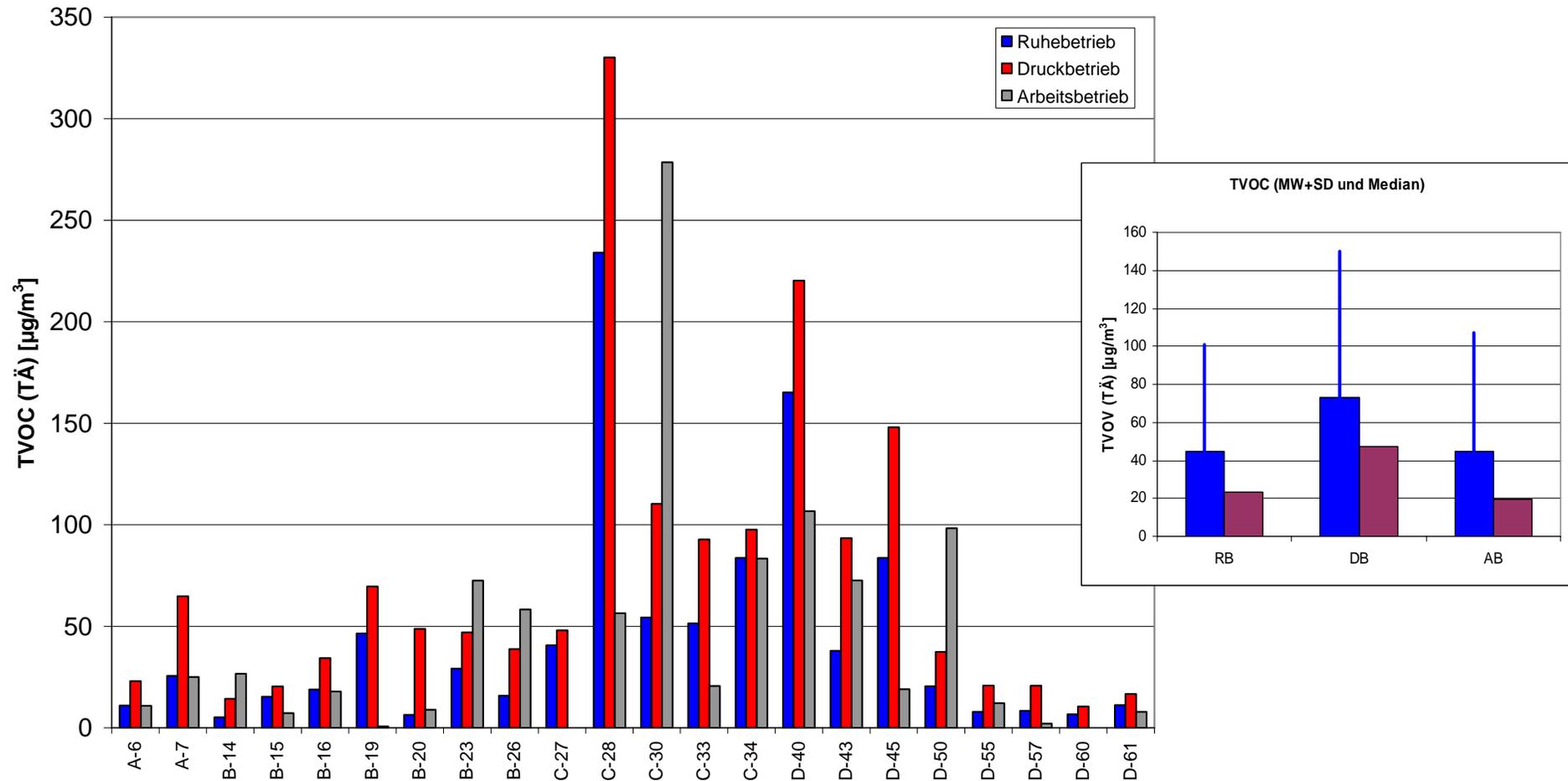
**Abbildung 6:** Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Büroräumen A2-D63 (N=62) im Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB) (Ergebnisse sind Mittelwerte aus 2 Parallelmessungen)



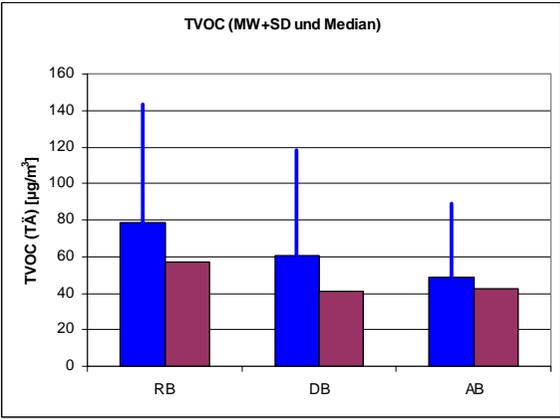
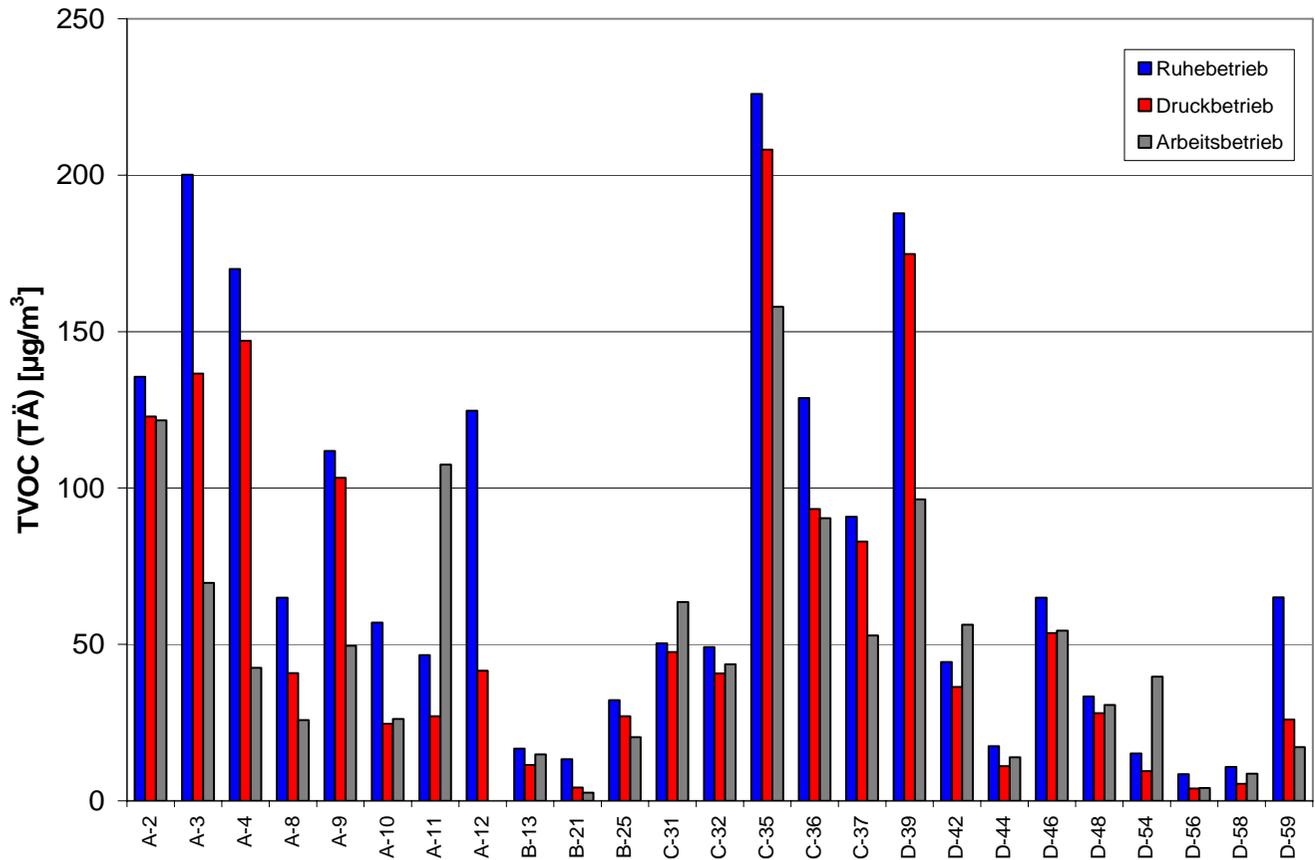
**Abbildung 7:** Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Büroräumen A-2 bis D-63 (N=62) im Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB) nach Standorten und Gebäuden



**Abbildung 8:** Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Büroräumen A-2 bis D-63 (N=62), differenziert nach Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB)



**Abbildung 9:** Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 22 Büroräumen (N=22) mit  $\text{TVOC}_{\text{conc}}$ : DB > RB [linke Graphik: Einzelmessungen, rechte Graphik: MW + SD (blau) und Mediane (rot)] für RB-, DB- und AB-Phase

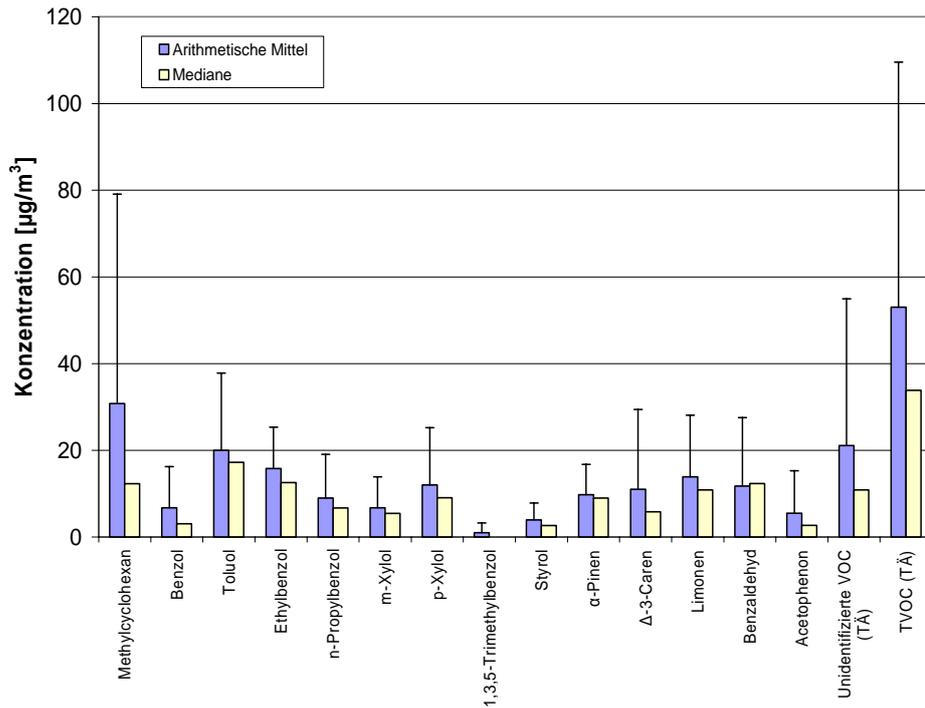


**Abbildung 10:** Konzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen (totale volatile organic compounds; TVOC, berechnet als Toluol-Äquivalente, TÄ) in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 25 Büroräumen (N=25) mit  $\text{TVOC}_{\text{conc}}$ :  $\text{DB} < \text{RB}$  [linke Graphik: Einzelmessungen, rechte Graphik: MW + SD (blau) und Mediane (rot)] für RB-, DB- und AB-Phase

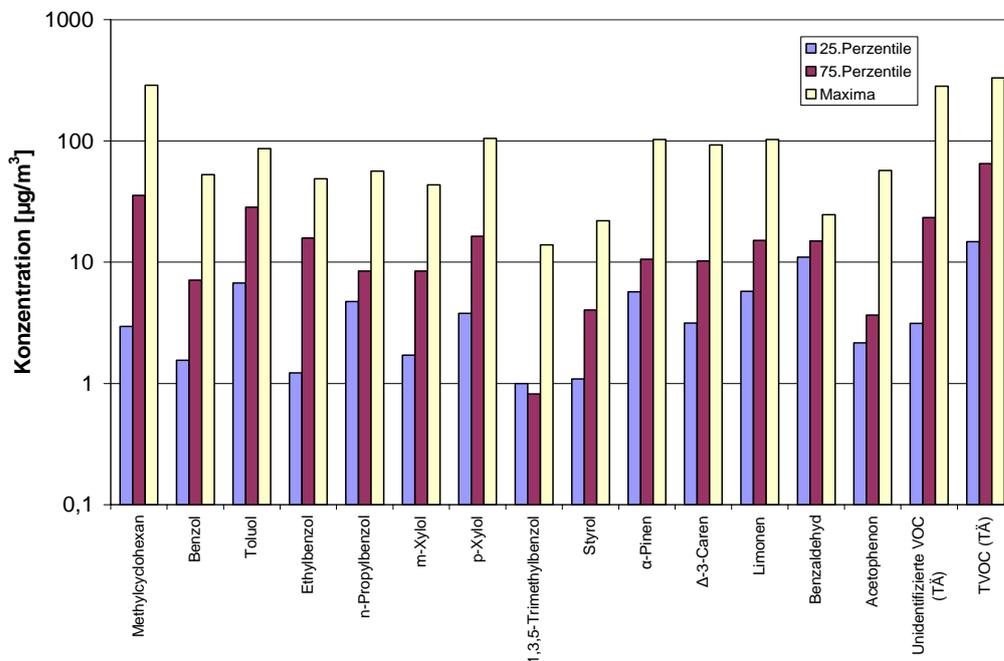
**Tabelle 9:** Kenngrößen der Konzentrationsmessungen (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) der in der Büroraumluft identifizierten VOC (N = Anzahl der Phasen, in denen die jeweilige Verbindung oberhalb der Bestimmungsgrenze von  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nachgewiesen wurde/Anzahl der auswertbaren Phasen)

VOC	N	Arithmetische Mittel	Standardabweichung	Mediane	Minima	25.Perzentile	75.Perzentile	Maxima
Methylcyclohexan	56/178	30,80	48,29	12,31	1,29	2,95	35,52	287,66
Benzol	113/178	6,73	9,54	3,09	0,51	1,55	7,11	52,84
Toluol	177/178	20,00	17,81	17,28	1,24	6,73	28,36	86,37
Ethylbenzol	23/178	15,78	9,56	12,59	3,07	1,22	15,82	48,57
n-Propylbenzol	44/178	8,99	10,09	6,69	2,63	4,74	8,45	56,31
m-Xylol	137/178	6,76	7,16	5,48	0,57	1,71	8,43	43,42
p-Xylol	124/178	12,01	13,23	9,09	0,86	3,78	16,35	104,71
1,3,5-Trimethylbenzol	11/178	0,99	2,27	0	0,51	0	0,82	13,89
Styrol	106/178	3,96	3,91	2,66	0,51	1,09	4,03	21,95
$\alpha$ -Pinen	100/178	9,77	6,98	9,00	1,37	5,7	10,57	102,52
$\Delta$ -3-Caren	23/178	11,02	18,41	5,81	1,41	3,15	10,21	92,67
Limonen	95/178	13,91	14,19	10,89	1,34	5,76	15,08	102,52
Benzaldehyd	71/178	11,75	15,81	12,37	1,43	10,98	14,94	24,68
Acetophenon	36/178	5,52	9,77	2,69	1,91	2,16	3,66	56,91
Unidentifizierte VOC <sup>a</sup>	156/178	21,14	33,82	10,89	0,51	3,13	23,27	282,14
TVOC (TÄ) <sup>a</sup>	178/178	53,04	56,49	33,83	0,69	14,74	64,98	330,19

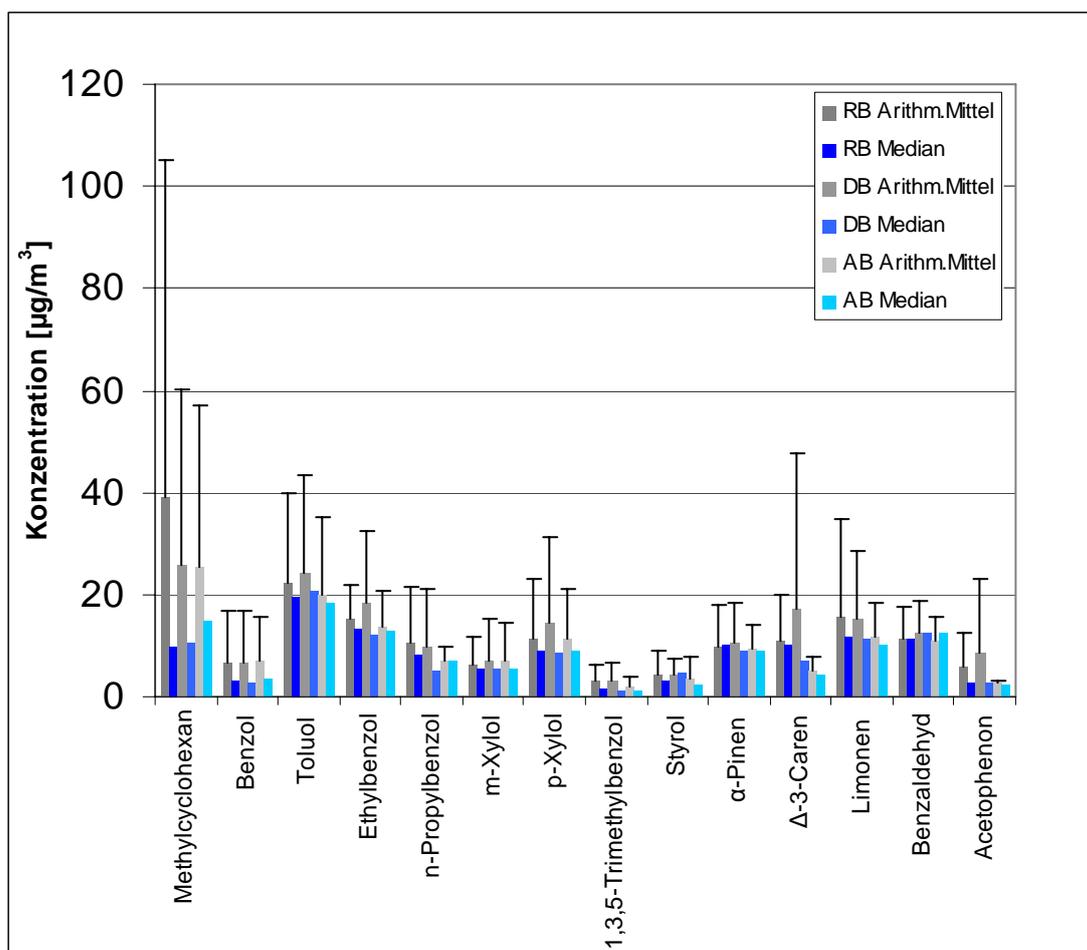
a. bezogen auf Toluol-Äquivalente



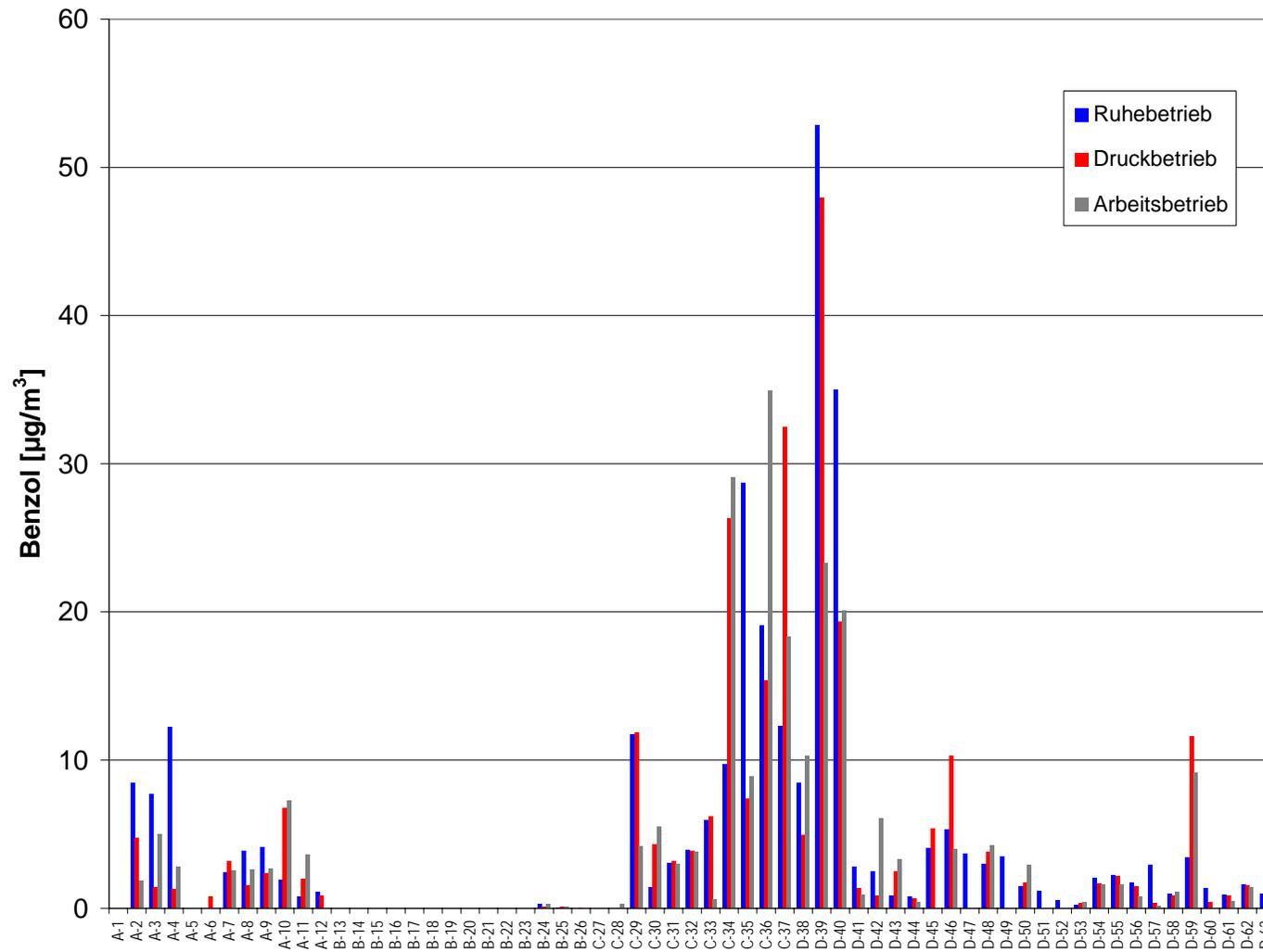
**Abbildung 11:** Mittelwerte, Standardabweichungen (MW + SD) und Medianwerte aller in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB gemessenen Konzentrationen an TVOC und Einzelverbindungen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen [zur Anzahl der Messwerte (N) siehe Tabelle 9]



**Abbildung 12:** 25. und 75. Perzentile sowie Maxima aller in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB gemessenen Konzentrationen and TVOC und Einzelverbindungen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen [zur Anzahl der Messwerte (N) siehe Tabelle 9]



**Abbildung 13:** Mittelwerte (MW + SD) und Medianwerte der in den auswertbaren Phasen RB, DB und AB in den Büroräumen gemessenen VOC-Konzentrationen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Abbildung 14:** Konzentrationen von Benzol (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A-2 bis D-63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB

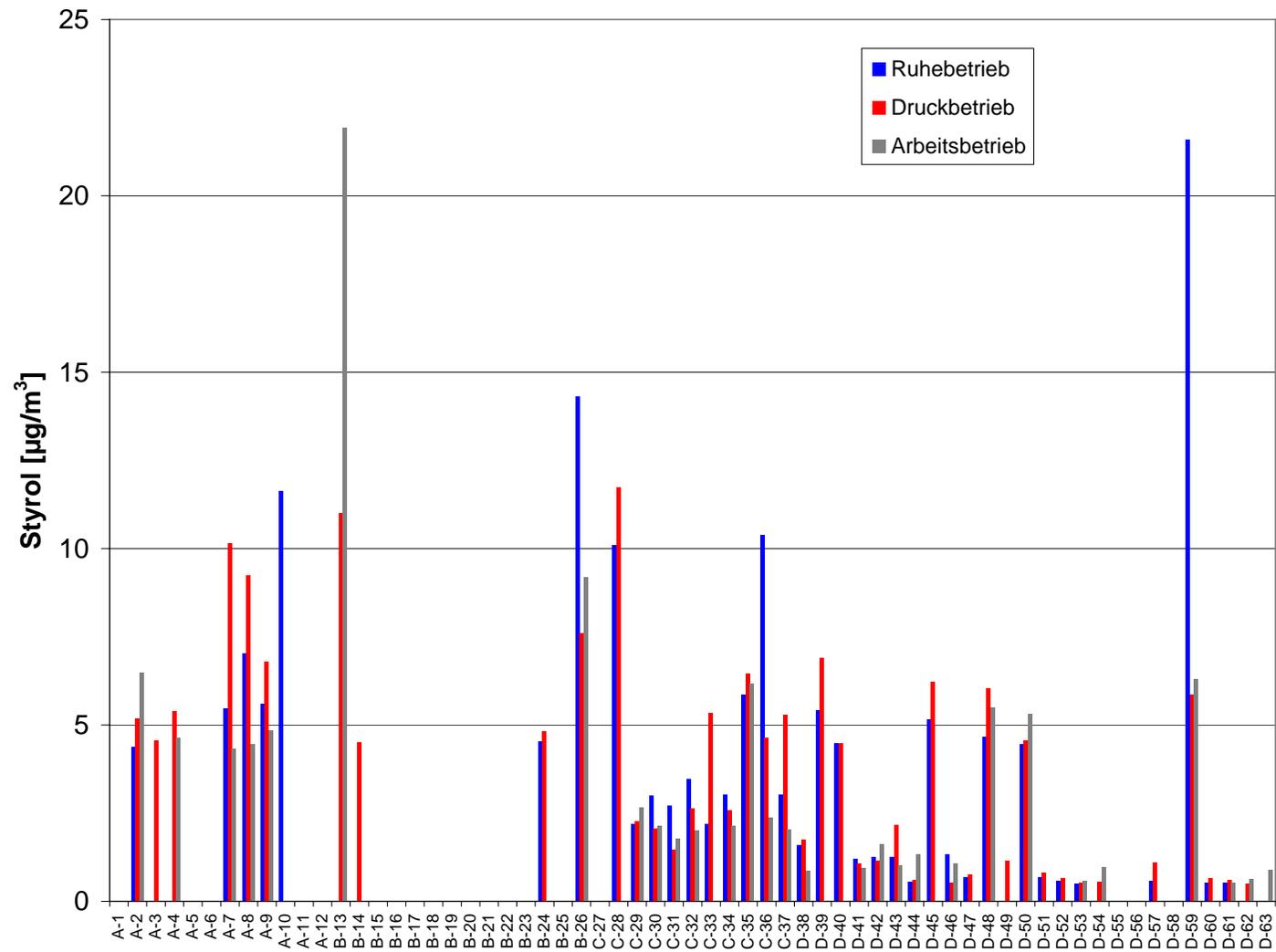


Abbildung 15: Konzentrationen von Styrol (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A-2 bis D-63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB

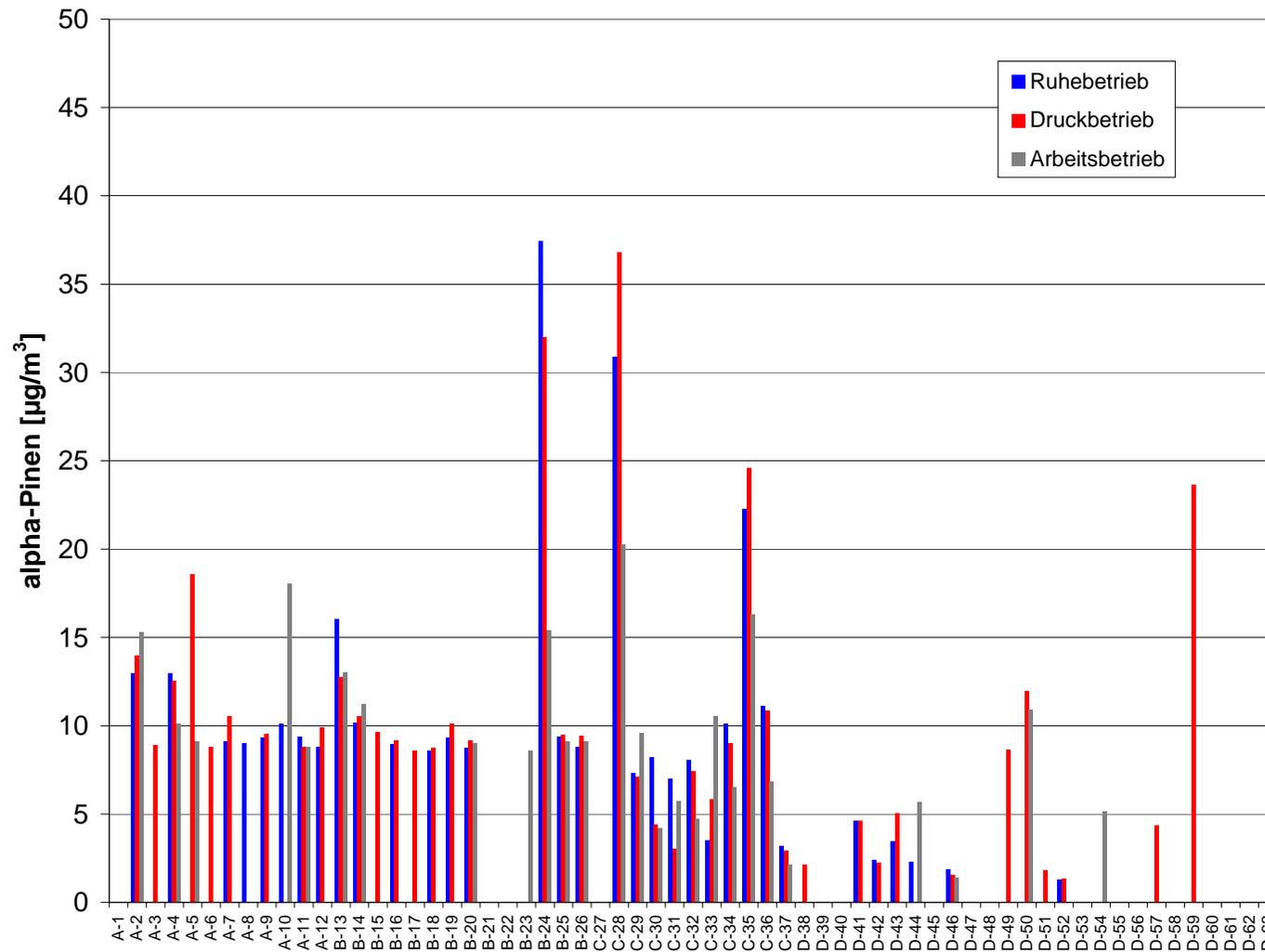


Abbildung 16: Konzentrationen von  $\alpha$ -Pinen (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A-2 bis D-63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB

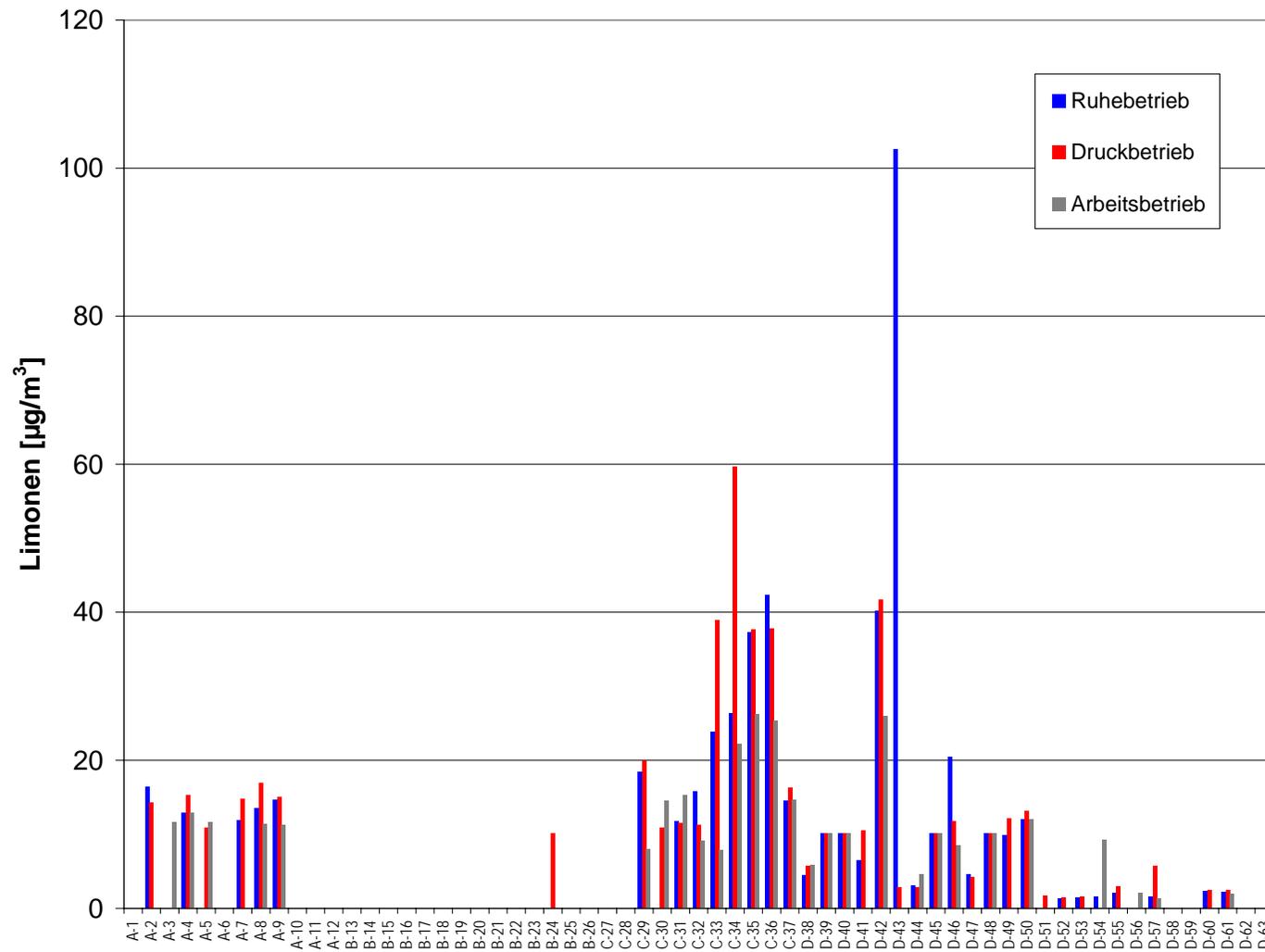


Abbildung 17: Konzentrationen von Limonen (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in den Büroräumen A-1 bis D-63 (N=62) während der Messphasen RB, DB und AB

Ein ähnlich heterogenes Bild fand sich bei Betrachtung der Konzentrationen von Styrol in der einzelnen Büros (Abbildung 15). Während in manchen Räumen eine annähernde Verdoppelung der Styrolkonzentrationen im Druckbetrieb zu verzeichnen war (A-7, C-33, C-37, D-43), nahm in anderen die Styrolkonzentration von der RB-Phase zur DB-Phase ebenso stark ab (B-26, C-31, C-36, D-46, D-59). Für die Styrolkonzentrationen ist im Median aller phasenbezogenen Messungen ein Trend in Richtung Zunahme der Raumlufkonzentrationen zwischen RB- und DB-Phase ( $3,02 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 4,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und ein Trend in Richtung Abnahme der Raumlufkonzentrationen zwischen DB- und AB-Phase ( $4,56 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 2,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu erkennen (Abbildung 13).

In den Abbildungen 16 und 17 sind die Konzentrationen von Terpenen,  $\alpha$ -Pinen und Limonen, wiedergegeben. Obwohl bei den Terpenen eher kein unmittelbarer Zusammenhang zu Druck- oder Kopierprozessen zu vermuten ist, schwanken auch hier in manchen Fällen die Raumlufkonzentrationen zwischen den verschiedenen Messphasen nicht unerheblich.

## **1.2.5        Stäube / Partikel**

### **1.2.5.1      Partikel mit Durchmesser $\geq 0,23$ bis $\geq 20 \mu\text{m}$**

Die Stäube mit einem aerodynamischen Durchmesser zwischen  $0,23$ -  $\geq 20 \mu\text{m}$  wurden mittels Grimm-Laserpartikelzähler (Model 1.108) in 16 Kanälen erfasst und im Folgenden deren Gesamtkonzentrationen in der Luft als Mittelwerte (arithmetische Mittel) mit Standardabweichungen (MW + SD) über die Messphasen RB, DB und AB dargestellt. Zeitweise auftretende Spitzenkonzentrationen, die z.B. bei Papierwechselfvorgängen oder technischen Störungen im Gerätebetrieb auftraten und die erheblich über den Mittelwerten liegen konnten, wurden hierdurch nur unzureichend berücksichtigt.

Die Variabilität der Zeitperioden der einzelnen Messvorgänge blieb ebenso unberücksichtigt, da je nach Drucker- bzw. Kopierertyp sehr unterschiedliche Zeiträume (zwischen etwa 5 und 60 Minuten) der DB-Phase erfasst werden mussten.

Abbildung 18a zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Luftstaubkonzentrationen der untersuchten Büroräume (N=63).

Insgesamt betragen die Staubkonzentrationen in der Raumluf im Mittel zwischen etwa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die mittleren Staubkonzentrationen aller Räume lagen für die RB-

Phase bei  $59,5 \pm 23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $57,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für die DB-Phase bei  $70,7 \pm 28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $68,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für die AB-Phase bei  $81,7 \pm 38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $74,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Insgesamt konnte ein signifikanter Anstieg der Staubkonzentrationen von der RB-Phase zur DB-Phase ( $p < 0,001$ ) und von der RB-Phase zur AB-Phase ( $p < 0,001$ ), nicht aber von der DB-Phase zur AB-Phase festgestellt werden (normalverteilte Daten; Student's t-Test; s. Anhang Kap. 8.3). Dieser Trend wird auch in Abbildung 19 deutlich, in der die Luftstaubkonzentrationen der Büroräume nach RB-, DB- und AB-Phase differenziert dargestellt wurden.

Die Ergebnisse der aus den 16 gemessenen Größenfraktionen kalkulierten  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Fraktionen sind in den Abbildungen 18b und 18c dargestellt. Tendenziell erkennt man auch hier den Trend des Anstiegs der  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Staubfraktionen von der RB-Phase über die DB-Phase zur AB-Phase. Abbildung 18d zeigt die berechneten Mittelwerte und Standardabweichungen (MW + SD) sowie die Medianwerte der Staubkonzentration ( $0,23 - >20 \mu\text{m}$ ) im Vergleich zu denen der  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Fraktionen in den unterschiedlichen Messphasen RB, DB und AB. Bei Vergleich der Medianwerte wird erkennbar, dass sich im Mittel 40% der Massenkonzentrationen der in allen Messphasen erfassten Stäube als  $>\text{PM}_{10}$  bestimmen lassen.

Betrachtet man isoliert diejenigen Büroräume ( $N=20$ ), in denen der mittlere Anstieg der Staubkonzentrationen in der Luft zwischen RB- und DB-Phase  $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  betrug, so wird diese Tendenz noch deutlicher (Abbildung 20). Die mittlere Staubkonzentration dieser 20 Räume lag für die RB-Phase bei  $55,6 \pm 20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $48,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für die DB-Phase bei  $88,9 \pm 21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $88,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für die AB-Phase bei  $104 \pm 51,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $87,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Während bei diesen auffälligen Räumen im Median nahezu eine Verdopplung der Staubkonzentration in der DB-Phase verglichen mit der RB-Phase beobachtet werden konnte ( $48,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  versus  $88,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), stieg die mittlere Staubkonzentration in der AB-Phase – ausgehend von der DB-Phase) nicht weiter an ( $88,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  versus  $87,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Deutlich wird aus den Abbildungen 18 und 19 auch, dass insbesondere die Räume der Standorte C und D hohe Staubkonzentrationen aufwiesen und auch ein überdurchschnittlicher Anstieg der Luftstaubkonzentrationen zwischen RB- und DB-Phase zu beobachten war.

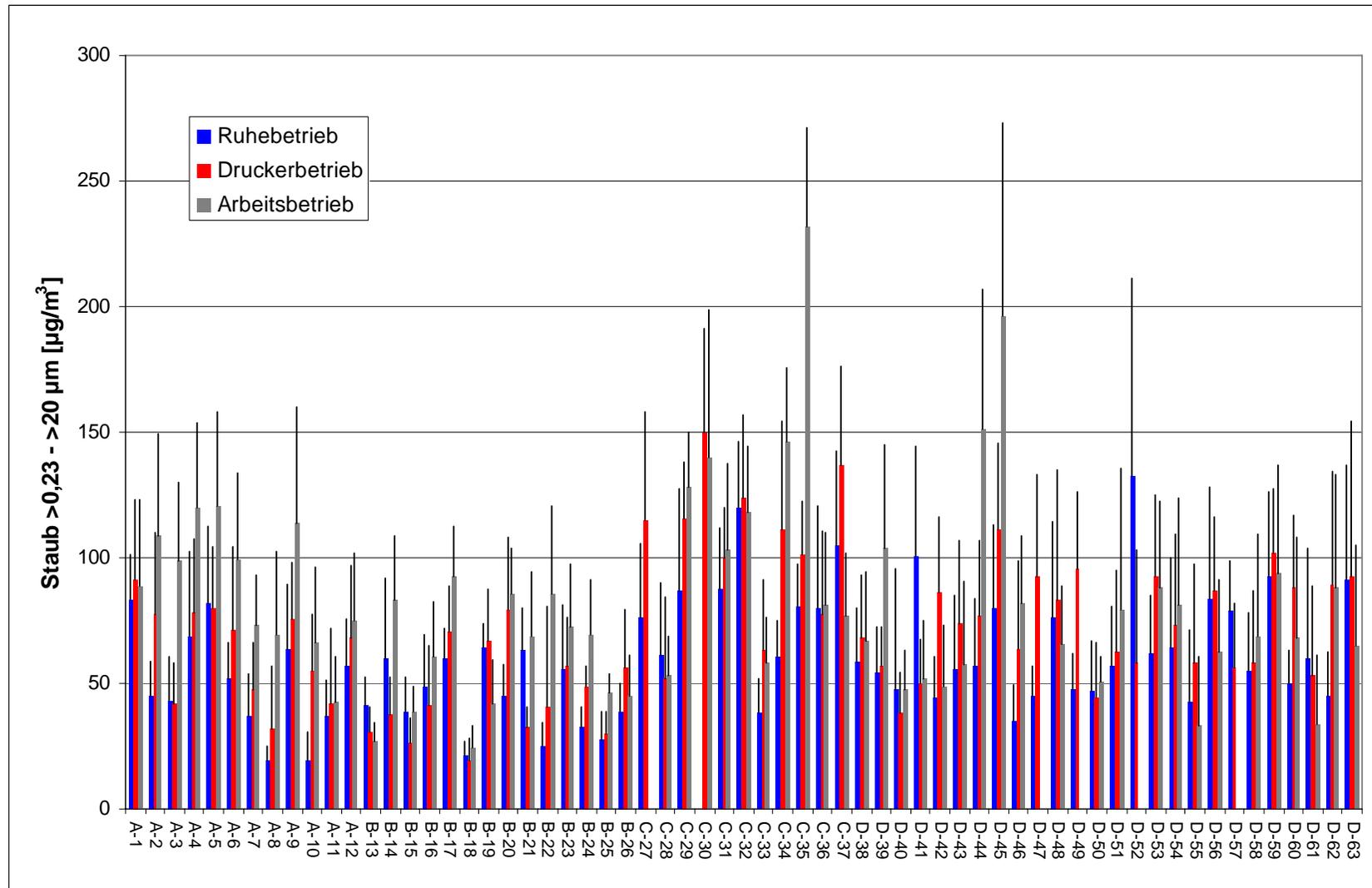
Da die Darstellung aller Messwerte der Staubuntersuchungen für diesen Bericht zu umfangreich wäre, werden in den Abbildungen 21 bis 23 exemplarisch drei typische Messungen in ausgewählten Büroräumen dargestellt. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Einzelmessungen

wiedergegeben, wobei die Messfrequenz 10/Minute betrug (eine Messung alle 6 Sekunden). Die Partikelzählung erfolgte quasi kontinuierlich über einen Zeitraum von jeweils 3-4 Stunden. Nur zwischen den Messphasen RB (vor Druckphase), DB (Druckphase) und AB (nach Druckphase) wurde jeweils für den Filterwechsel eine Messpause von etwa 5-10 Minuten notwendig; daher erscheinen die RB/DB- bzw. DB/AB-Übergänge zwischen den Messphasen zum Teil zu abrupt. Die DB-Phase umfasste den gesamten Zeitraum des jeweiligen Druckerbetriebes, während dem die Standarddruckvorlage (siehe Abbildung 1) mit dem in Tabelle 8 genannten Drucker- und Papiertyp jeweils 500x als Schwarz/Weiß- oder 250x als Farbdruck ausgedruckt wurden.

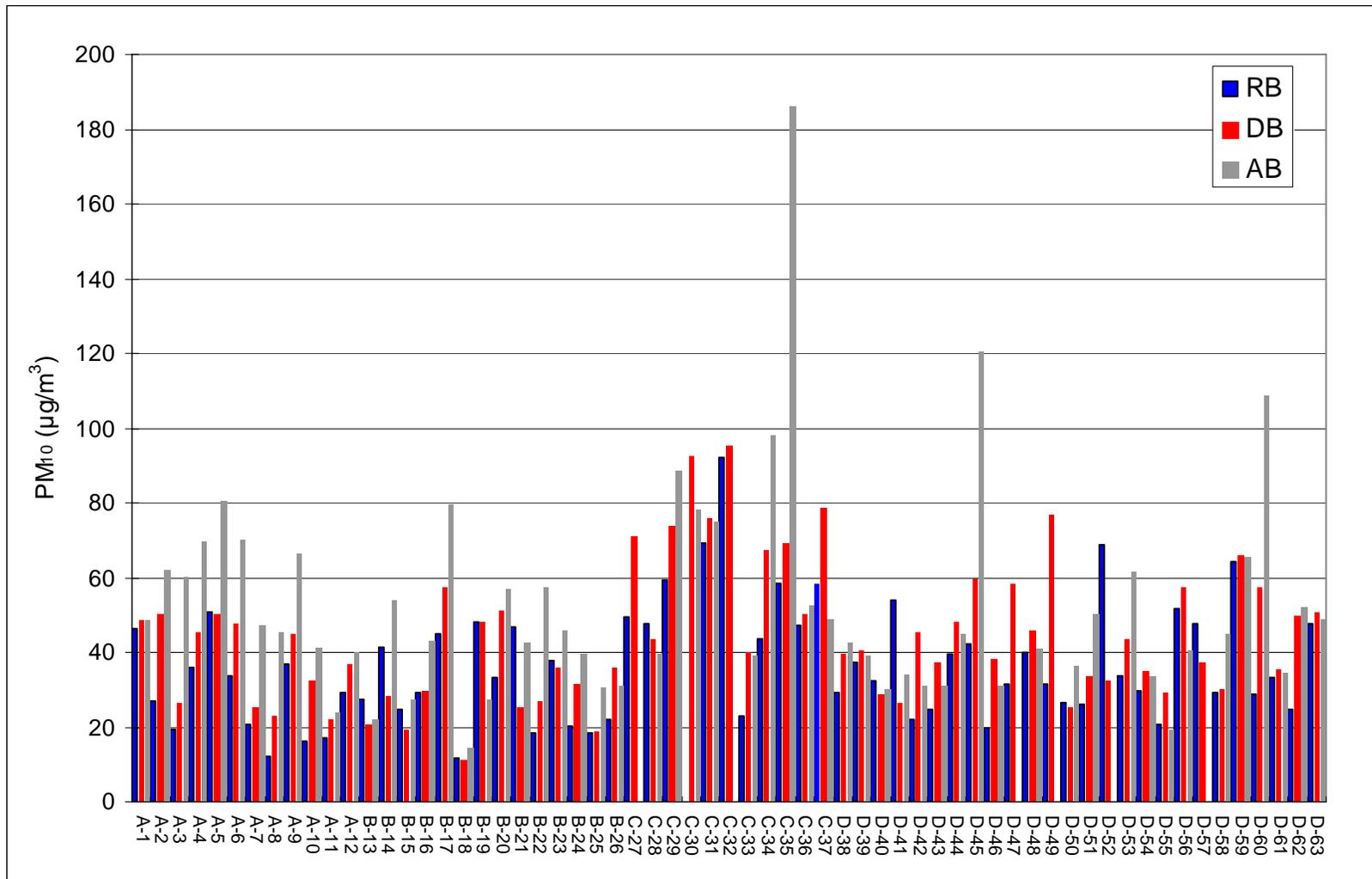
Erkennbar wird bei der Betrachtung der Messwerte des hier exemplarisch dargestellten Raumes C-33 (Abbildung 21), dass während der DB-Phase Spitzenkonzentrationen (kurzfristige *Peak*-Konzentrationen) von Feinstäuben mit Werten  $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auftraten, wobei – bezogen auf das Staubgewicht - hier zumeist Partikel der Fraktionen zwischen 10 und 20  $\mu\text{m}$  eine Rolle spielten. Die über die DB-Phase gemittelte Staubkonzentration konnte mit etwa  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kalkuliert werden.

Im Gegensatz dazu zeigten sich – um ein anderes Beispiel anzuführen - derart hohe Peak-Konzentrationen in der DB-Phase von Büroraum C-37 (Abbildung 22) nicht. Zwar lagen in Raum C-33 die Spitzen beim Druckerbetrieb auch bei Werten von  $>250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; der Mittelwert lag mit annähernd  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $137 \pm 39,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) allerdings auch schon hoch. Interessanterweise fiel in diesem Raum der Mittelwert der Staubbelastung in der AB-Phase gegenüber der RB-Phase deutlich ab ( $76,6 \pm 25,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

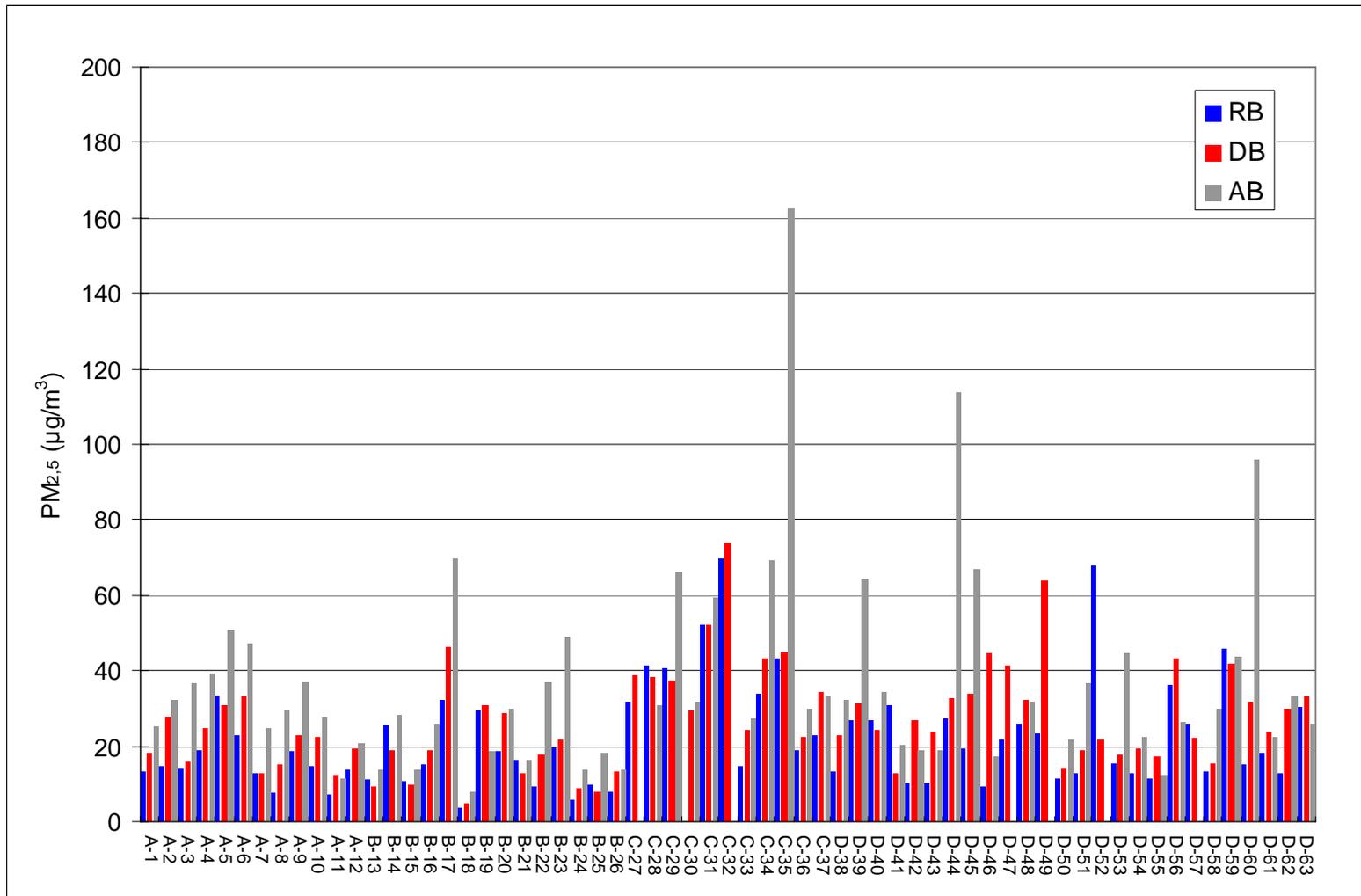
Wiederum andere Charakteristika zeigten die Messungen der Luftstaubkonzentration beispielsweise in Büroraum D-45 (Abbildung 23). Einem phasenhaften, mittleren Anstieg von der RB- in die DB-Phase von  $80 \pm 33,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nach  $111 \pm 34,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  folgte ein nochmaliger, erheblicher Anstieg der Staubkonzentrationen in der AB-Phase ( $196 \pm 77,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mit einer Spitzenkonzentration von  $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wobei hier auch Stäube mit einem aerodynamischen Durchmesser von  $<10 \mu\text{m}$  eine erhebliche Rolle spielten (vgl. Abbildung 18b).



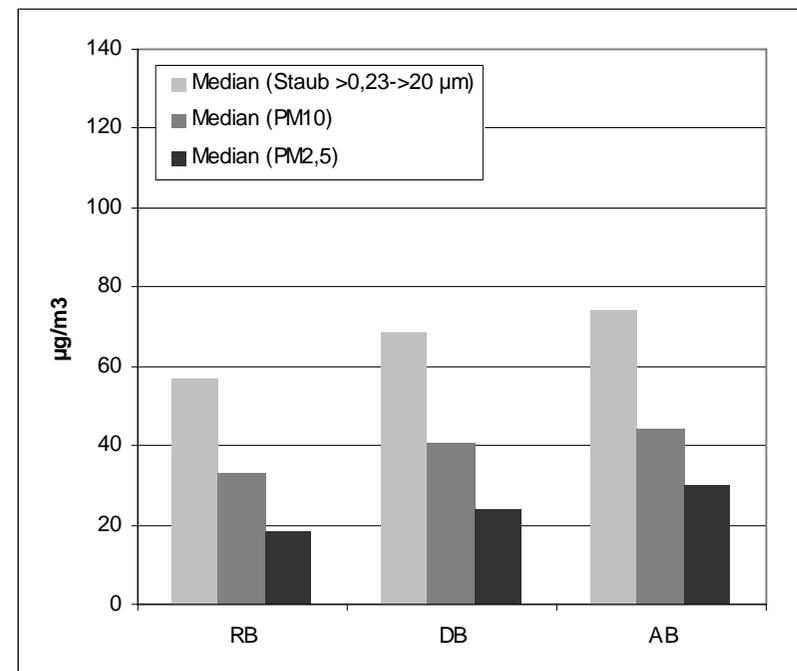
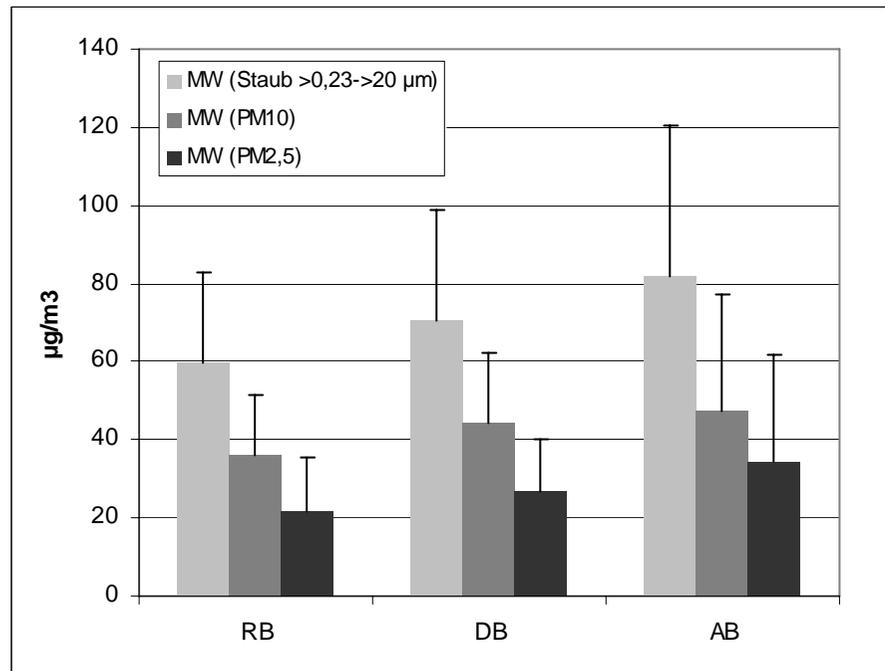
**Abbildung 18a:** Stäube in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [ $>0,23 - >20 \mu\text{m}$ , arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase



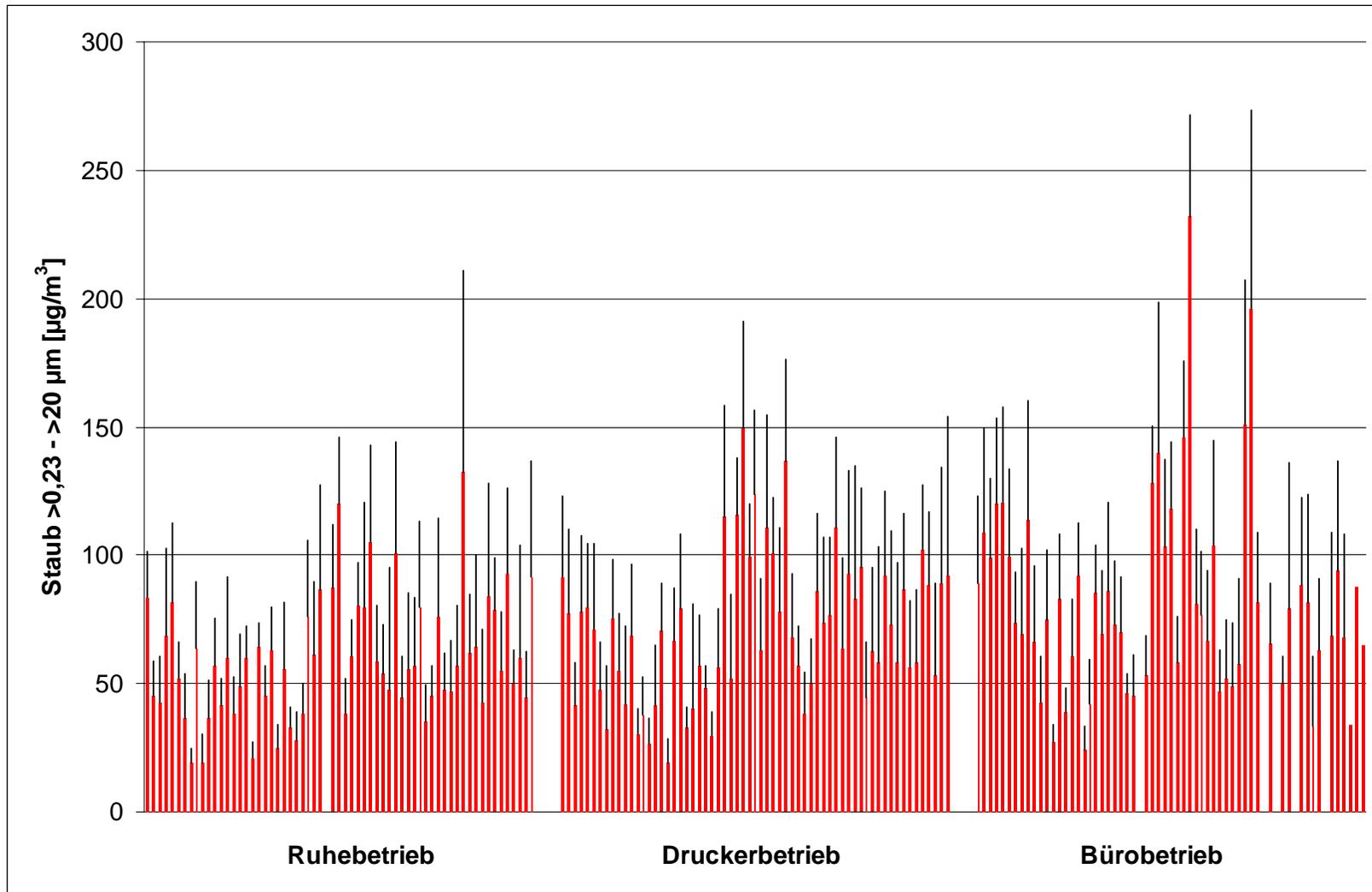
**Abbildung 18b:** PM<sub>10</sub>-Stäube in µg/m<sup>3</sup> [Mittelwerte über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase



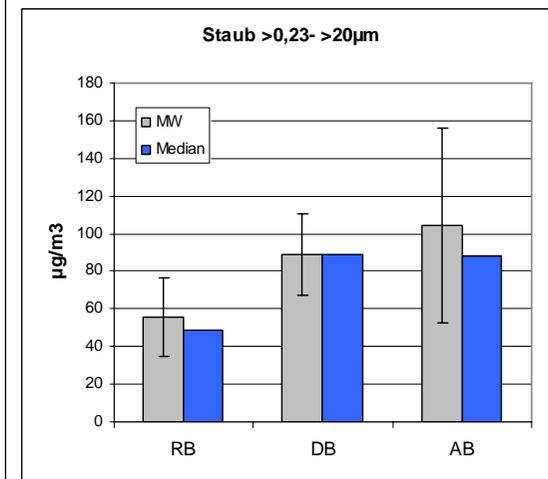
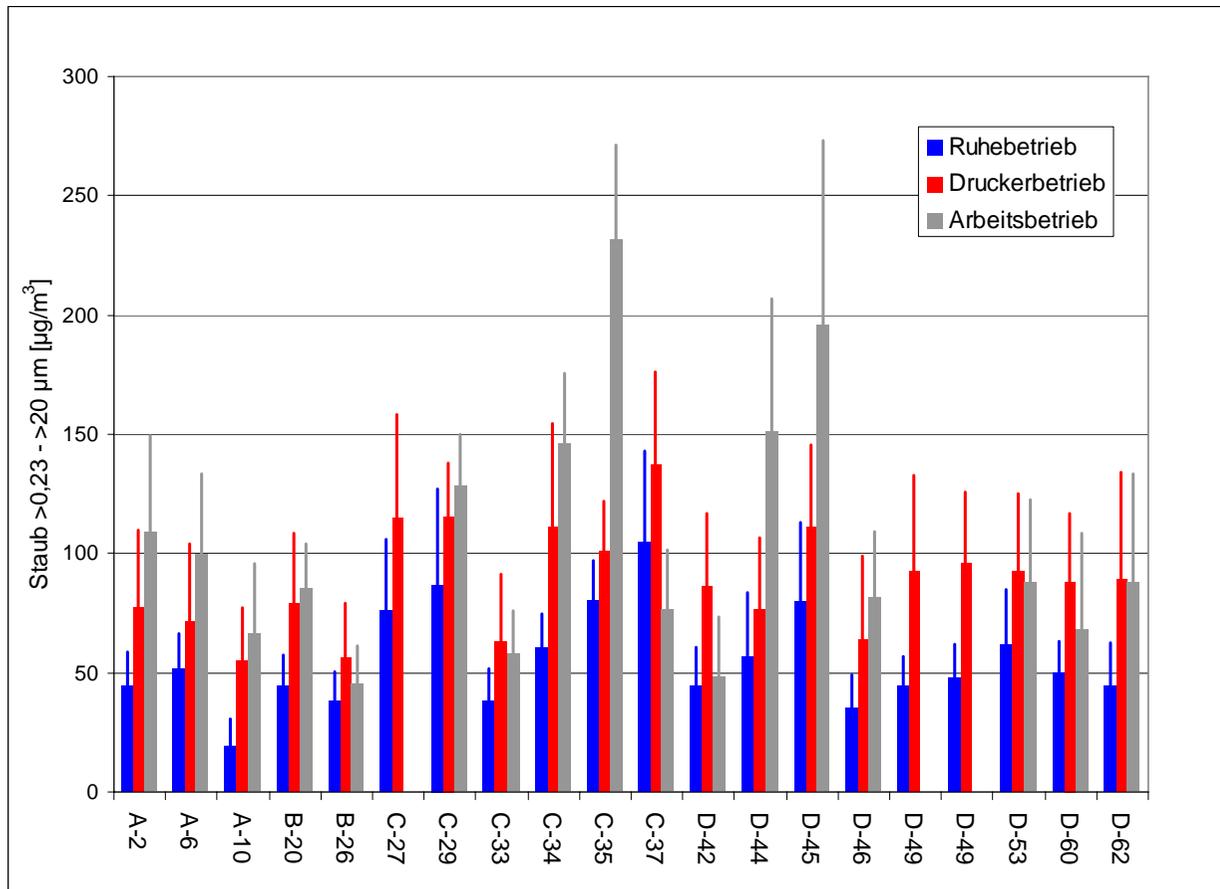
**Abbildung 18c:** PM<sub>2.5</sub>-Stäube in µg/m<sup>3</sup> [Mittelwerte über die jeweilige Messphase] in der Büroraumlufte von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB)-, Druckbetrieb (DB)- und Arbeitsbetrieb (AB)-Phase



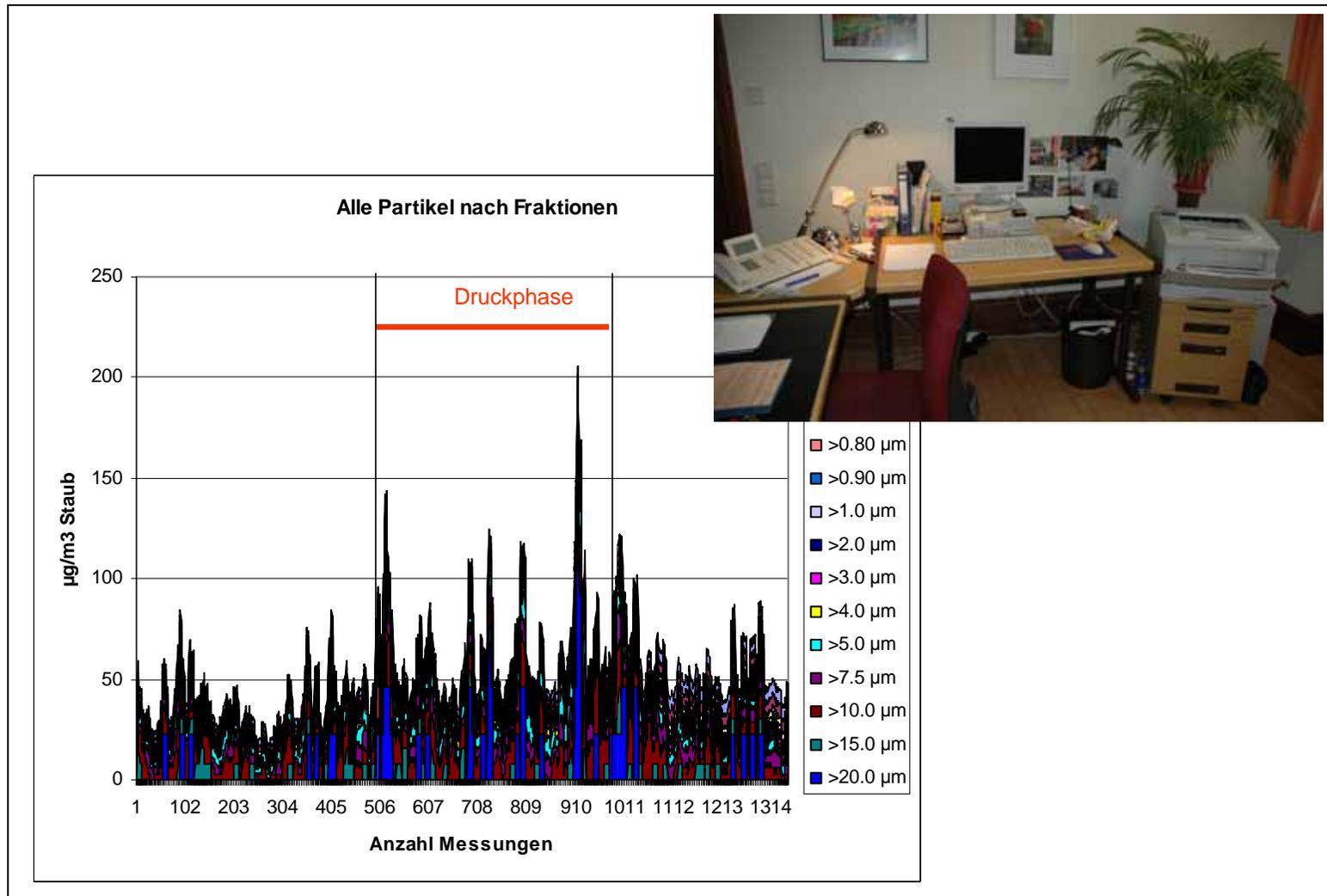
**Abbildung 18d:** Vergleich der Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD)(links) sowie der Medianwerte (rechts) der Stäube (0,23 - >20  $\mu\text{m}$ ), PM<sub>10</sub>-Staubfraktion und der PM<sub>2,5</sub>-Staubfraktion in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Mittelwerte aller Buroraumlufm Messungen über die jeweilige Messphase] in der Buroraumluf von 63 Büroräumen (N=63) gemessen während Ruhebetrieb (RB), Druckbetrieb (DB) und Arbeitsbetrieb (AB)



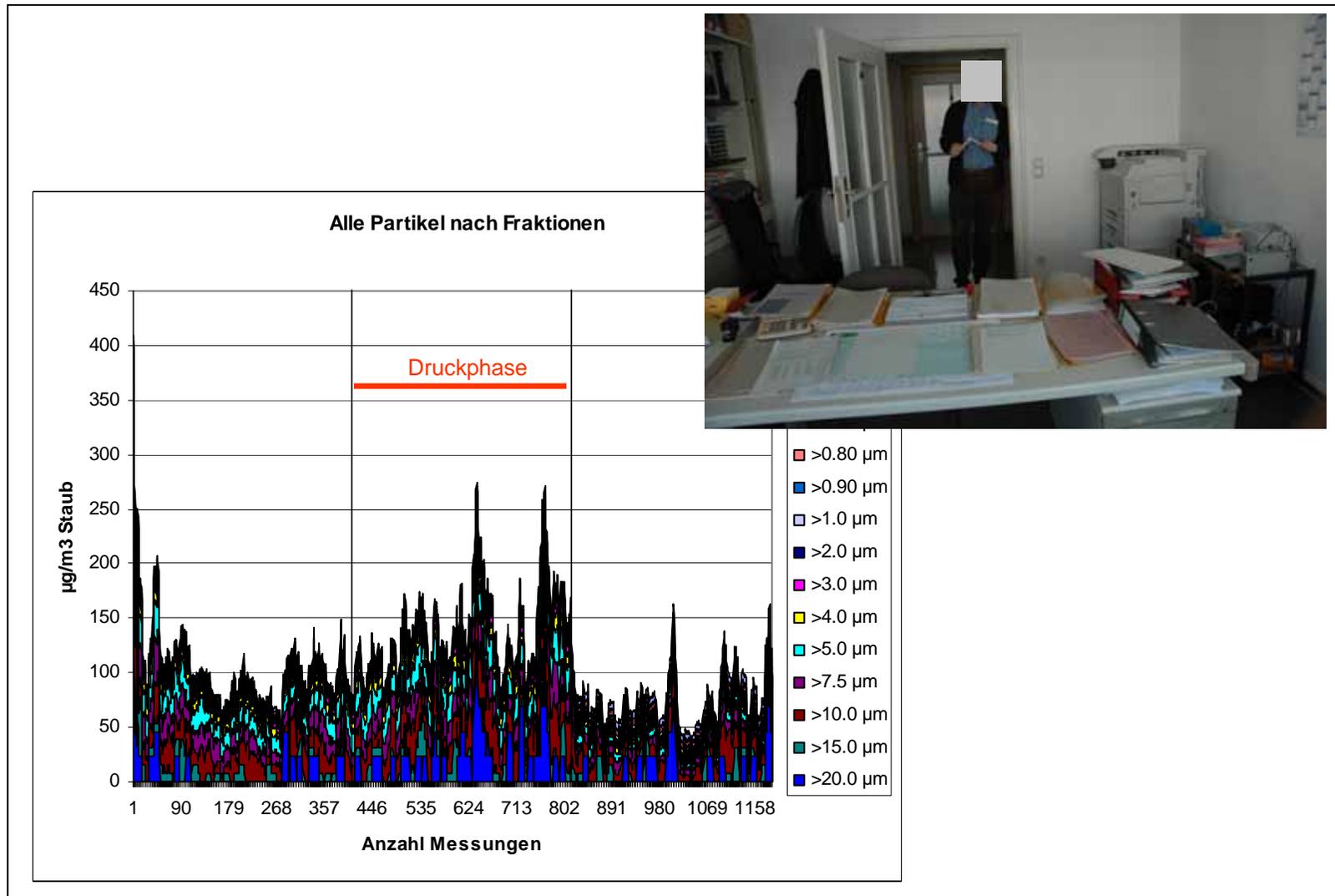
**Abbildung 19:** Stäube in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [0,23 - >20  $\mu\text{m}$ , arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) in Büroräumen geordnet nach RB-, DB- und AB-Phase in der Raumluft von 63 Büroräumen (N=189)



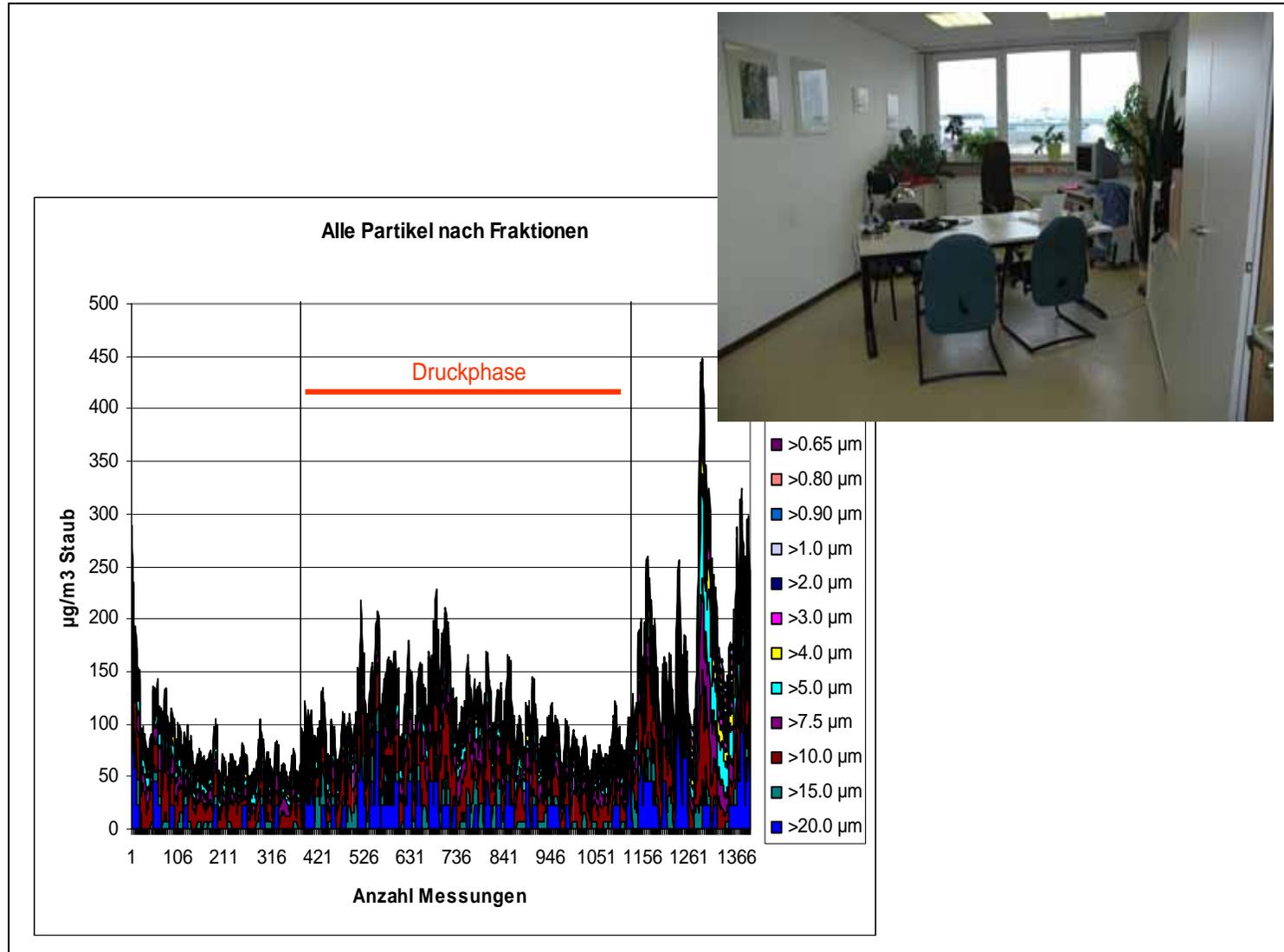
**Abbildung 20:** Stäube in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [0,23 - >20  $\mu\text{m}$ , arithmetisches Mittel und Standardabweichung (MW+SD) in Büroräumen, in denen die mittlere Staubkonzentration während der DB-Phase um >20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  über der RB-Phase lag (N=20)



**Abbildung 21:** Beispiel: Stäube nach Fraktionen in µg/m<sup>3</sup> (0,23 - >20 µm) in Büroraum C-33



**Abbildung 22:** Beispiel: Stäube nach Fraktionen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,23 - >20  $\mu\text{m}$ ) in Büroraum C-37



**Abbildung 23:** Beispiel: Stäube nach Fraktionen in µg/m<sup>3</sup> (0,23 - >20 µm) in Büroraum D-45

### 1.2.5.2 Partikel mit aerodynamischem Durchmesser 0,01 bis 1 $\mu\text{m}$

Die Ergebnisse der CPC-Messungen feiner und ultrafeiner Partikel mit Durchmessern zwischen 10 nm und 1000 nm sind in den Abbildungen 24 bis 30 wiedergegeben. Die Werte stellen Partikelkonzentrationen als Mittelwerte (arithmetische Mittel) mit Standardabweichungen (MW + SD) über die Messzeiträume RB, DB und AB dar. Vor allem am Beginn der DB-Phase auftretende Spitzenkonzentrationen feiner und ultrafeiner Partikel, die zum Teil erheblich über den phasenspezifischen gemittelten Werten lagen, wurden hierdurch nur unzureichend erfasst. Die Länge der jeweiligen Messperiode war nicht standardisiert, da je nach Druckertyp unterschiedliche Zeitfenster (zwischen etwa 5 und 60 Minuten) der DB-Phase erfasst werden mussten.

Abbildung 24 zeigt die MW + SD der mittels Kondensationspartikelzähler (CPC) erfassten Partikelkonzentrationen von untersuchten Büroräumen an den Standorten B und D (N=30). Insgesamt betragen die mit dem CPC gemessenen Partikelkonzentrationen in der Raumluft im Mittel zwischen 808  $\pm$  78 Partikel/cm<sup>3</sup> (in Raum B-24; RB-Phase) und 70.417  $\pm$  8.990 Partikel/cm<sup>3</sup> (in Raum D-40; RB-Phase).

Die mittleren Konzentrationen aller Räume lagen für die RB-Phase bei 11.057  $\pm$  14.050 Partikel/cm<sup>3</sup> (Median: 6.503 Partikel/cm<sup>3</sup>), für die DB-Phase bei 23.647  $\pm$  18.444 Partikel/cm<sup>3</sup> (Median: 18.060 Partikel/cm<sup>3</sup>) und für die AB-Phase bei 18.923  $\pm$  10.565 Partikel/cm<sup>3</sup> (Median: 15.539 Partikel/cm<sup>3</sup>). Insgesamt konnte ein signifikanter Anstieg der für jede Messphase gemittelten Werte feiner und ultrafeiner Partikel von der RB-Phase zur DB-Phase ( $p < 0,001$ ) und von der RB-Phase zur AB-Phase ( $p < 0,001$ ), nicht aber von der DB-Phase zur AB-Phase festgestellt werden (nicht normalverteilte Daten; Wilcoxon-Test, s. Anhang Kap. 8.3).

Eine Tendenz der Abnahme der gemittelten Partikelkonzentrationen von der DB-Phase zur AB-Phase wird auch in Abbildung 25 erkennbar, in der die Konzentrationen feiner und ultrafeiner Partikel in der Luft der Büroräume nach RB-, DB- und AB-Phase differenziert dargestellt wurden. Mit Ausnahme der Büroräume D-40 und D-44 ließ sich immer, d.h. in 29 der 31 Räume (93,5%) ein Anstieg der mittleren Partikelzahlen während der DB-Phase gegenüber der RB-Phase erkennen, was auf den Druckvorgang als primäre Quelle feiner und ultrafeiner Partikel mit Durchmessern zwischen 0,01 und 1  $\mu\text{m}$  hindeutet.

In den Abbildungen 26 bis 30 wird exemplarisch die Ursache der relativ hohen Standardabweichungen deutlich, die sich über einen hohen Ausstoß feiner und ultrafeiner Partikel bei

Beginn des Druckvorgangs definiert (im Folgenden als *Initialer Burst* bezeichnet). Bei Betrieb der in Tabelle 8 genannten Drucker mit den dort ebenfalls aufgelisteten Papiersorten konnten in 20 der auf ultrafeine Partikel untersuchten 31 Büroräume (64,5 %) derartige initiale Bursts bei Beginn des Druckvorgangs festgestellt werden.

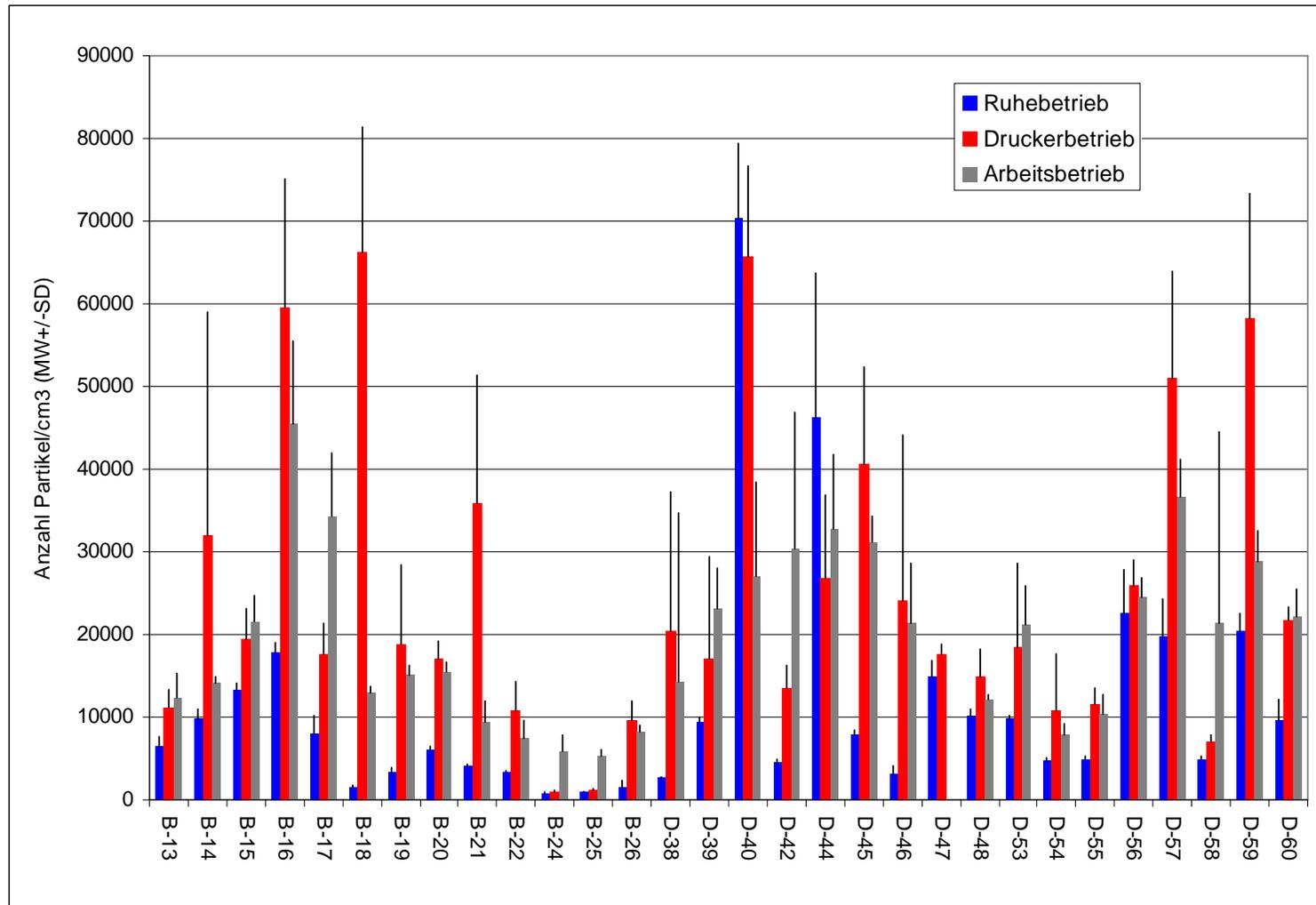
Die absoluten Partikelkonzentrationen in der Spitze des initialen Bursts variierten dabei zwischen einigen Tausend und einigen Hunderttausend Partikeln/cm<sup>3</sup>; betrug aber regelmäßig immer ein Vielfaches (etwa 2- bis 10-fach) der mittleren Konzentrationen in der RB-Phase.

In Raum B-14, dessen Messergebnisse in Abbildung 26 wiedergegeben sind, lag die Spitze des initialen Bursts zu Druckbeginn mit annähernd  $2 \times 10^5$  Partikeln/cm<sup>3</sup> um den Faktor 6 über dem arithmetischen Mittelwert – kalkuliert über die gesamte DB-Phase - von  $31.933 \pm 27.101$  Partikeln/cm<sup>3</sup> (blaue Gerade) und um einen Faktor von etwa 20 über dem Mittel der RB-Phase mit  $9.786 \pm 1.139$  Partikel/cm<sup>3</sup>.

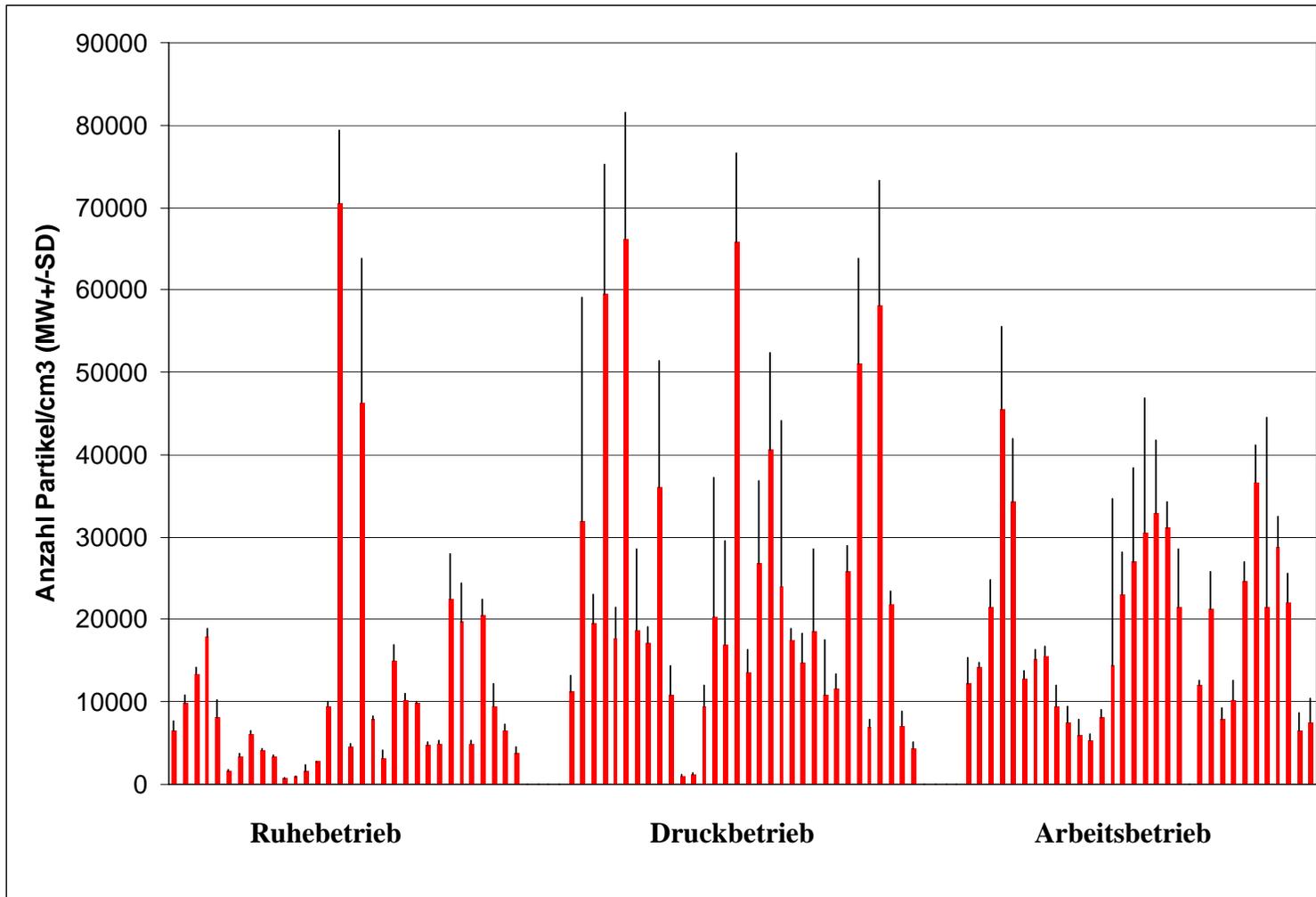
Festgestellt werden konnte zudem, dass im Fall eines initialen Bursts die Konzentrationen feiner und ultrafeiner Partikel in der Büroraumlufte häufig schon während des Druckvorgangs auf ihre Ursprungswerte zurück fielen. Die Abnahme der Partikelkonzentration in der Raumluft nach Inbetriebnahme der Drucker zeigte sich dabei sehr variabel. Während einige Drucker nur eine zeitlich eng begrenzte (<1 min), zum Teil aber sehr hoher Emission feiner und ultrafeiner Partikel als initialen Burst verursachten (Daten nicht gezeigt), führte der Betrieb von Druckern in anderen Fällen in der Büroraumlufte zu lang andauernden, d.h. bis zu einer Stunde und mehr dauernden Abfällen der Partikelkonzentrationen. Um einen Eindruck von der Variabilität des zeitlichen Verlaufes zu erhalten, wurden exemplarisch CPC-Partikelmessungen der Räume B-16 (Abbildung 27), B-21 (Abbildung 28), D-57 (Abbildung 29) und D-59 (Abbildung 30) dargestellt.

Im messphasenbezogenen Mittel erhöhte sich die Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel durch Aufnahme der normalen Büroarbeit (AB-Phase) – ausgehend von der DB-Phase - nicht. Bei Betrachtung einzelner Büroräume zeigte sich jedoch, dass in der AB-Phase sowohl ein Anstieg als auch ein Abfall der Konzentration ultrafeiner Partikel eintreten kann.

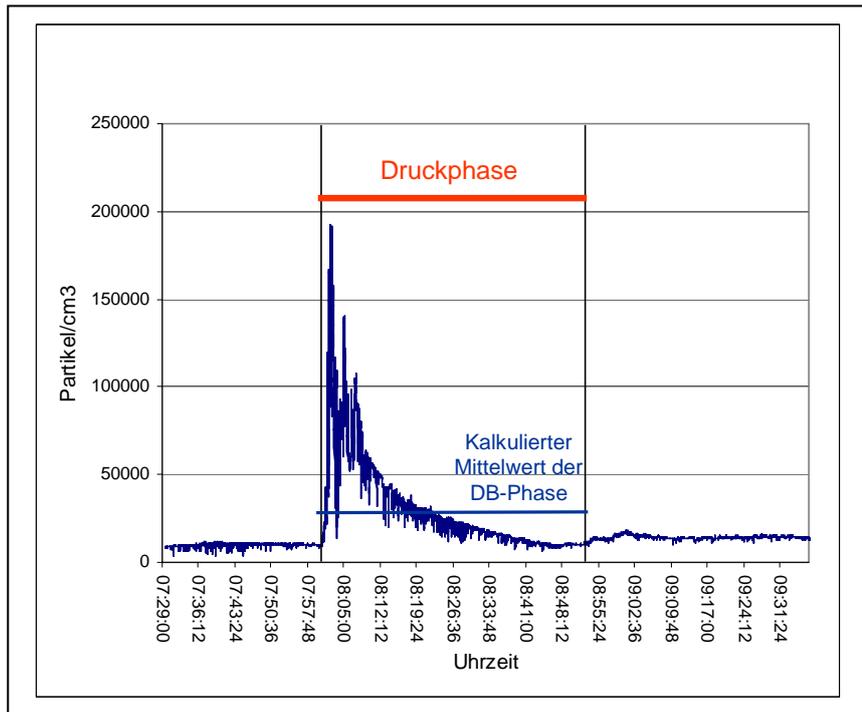
Analysen nach Art, Zusammensetzung und möglichen Quellen der feinen und ultrafeinen Partikel in der Büroraumlufte finden sich für ausgewählte Tonerstäube und Luftstaubsammlungen im folgenden Kapitel 1.2.6 (Elektronenmikroskopische Untersuchungen).



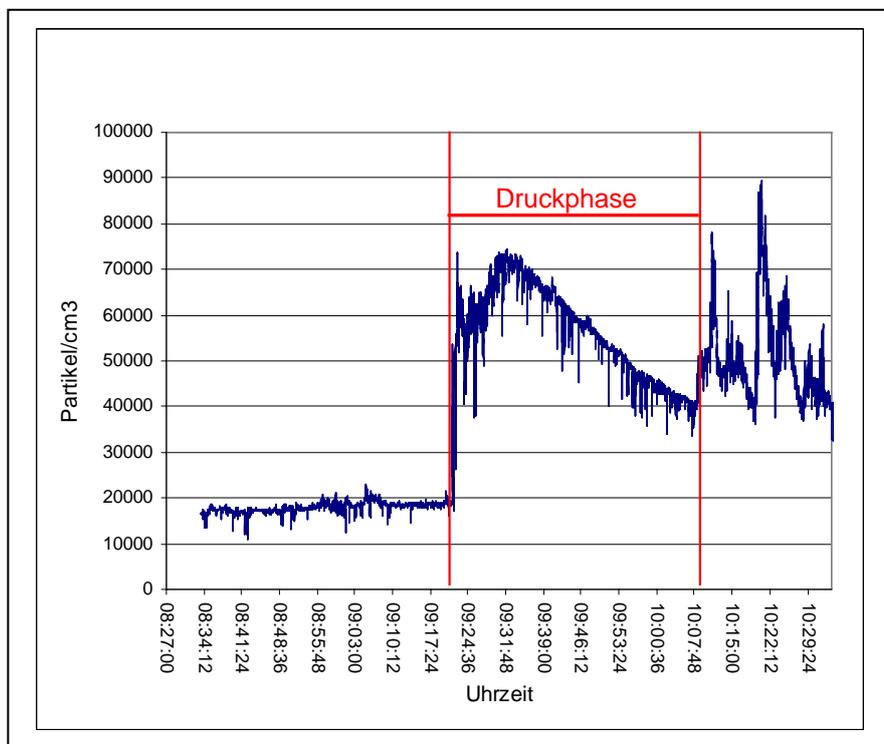
**Abbildung 24:** Mittelwerte und Standardabweichungen (MW + SD) der Konzentrationen (Partikel/cm<sup>3</sup>) feiner und ultrafeiner Partikel (10 -1000 nm im CPC) in Büroräumen der Standorte B und D (N=30) in den Messphasen RB, DB und AB



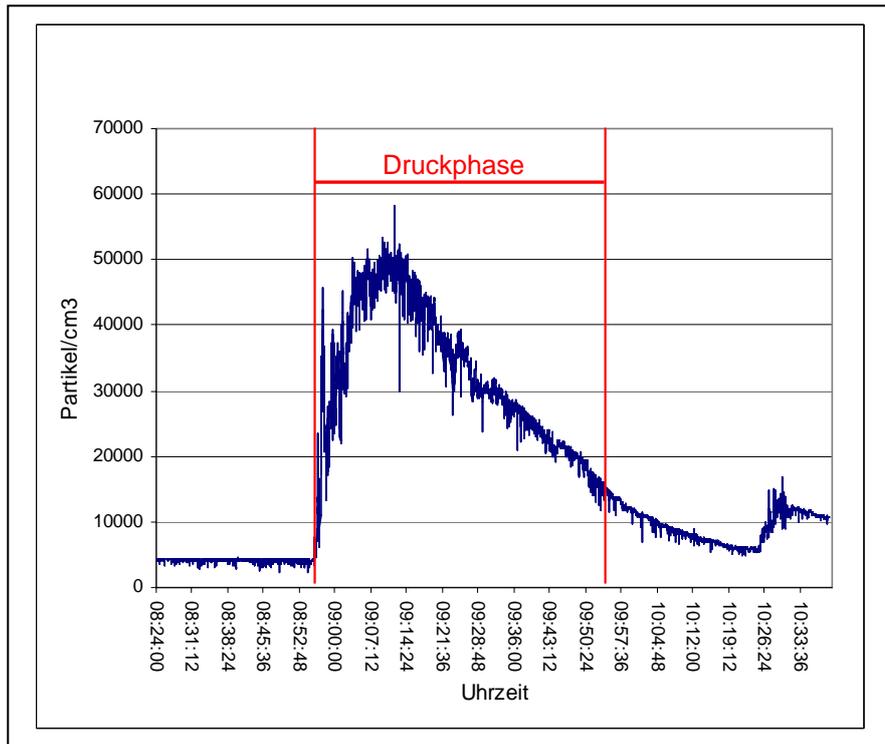
**Abbildung 25:** Mittelwerte und Standardabweichungen (MW + SD) der Konzentrationen (Partikel/cm<sup>3</sup>) feiner und ultrafeiner Partikel (10 -1000 nm im CPC) in Büroräumen der Standorte B und D (N=30), differenziert nach Messphasen RB, DB und AB



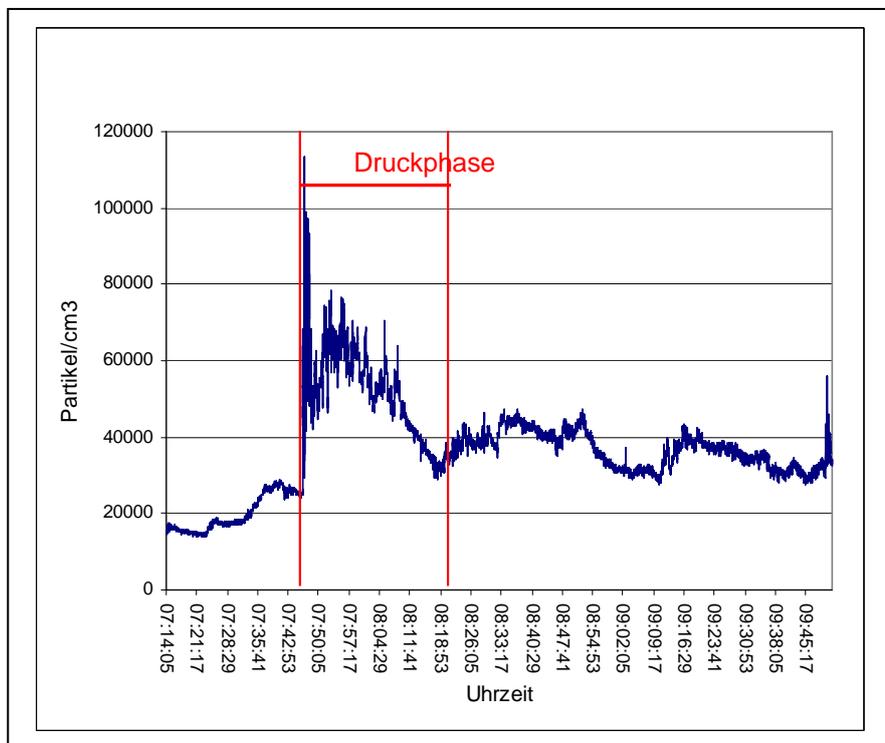
**Abbildung 26:** Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm<sup>3</sup> in Raum B-14 während der RB-, DB- und AB-Phase



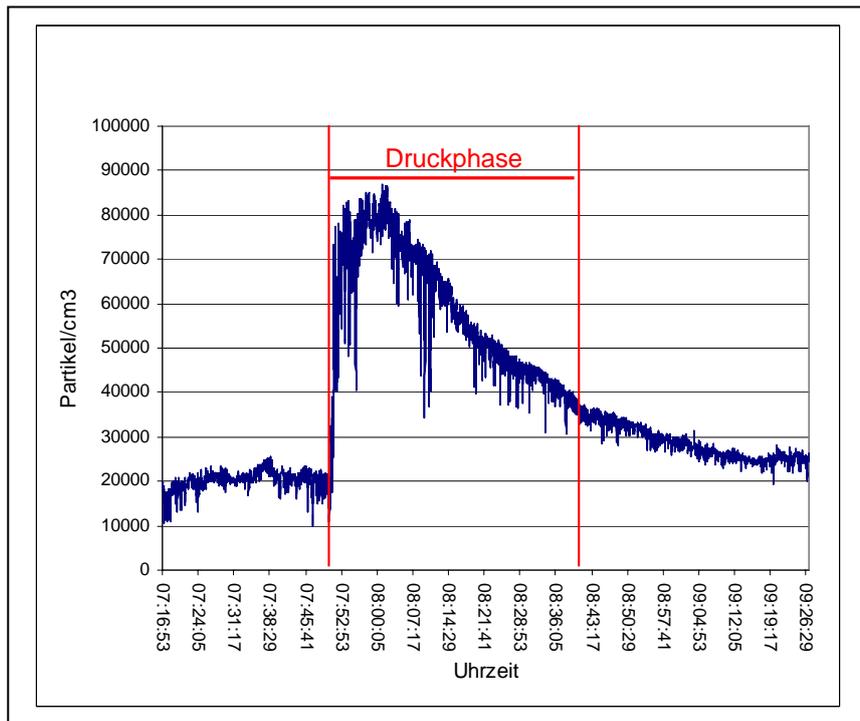
**Abbildung 27:** Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm<sup>3</sup> in Raum B-16 während der RB-, DB- und AB-Phase



**Abbildung 28:** Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm<sup>3</sup> in Raum B-21 während der RB-, DB- und AB-Phase



**Abbildung 29:** Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm<sup>3</sup> in Raum D-57 während der RB-, DB- und AB-Phase



**Abbildung 30:** Konzentration feiner und ultrafeiner Partikel (10-1000 nm) in Partikel/cm<sup>3</sup> in Raum D-59 während der RB-, DB- und AB-Phase

### 1.2.6 Elektronenmikroskopie

Zur Auswertung standen 6, in Räumen von Standort B beaufschlagte Filter und 7, in Räumen des Standortes C beaufschlagte Filter zur Verfügung. Außerdem wurden auch die zu den Probenahmen an den Laserdruckern und Kopierergeräten zugehörigen Tonerproben ausgewertet. Eine Übersicht zu den Untersuchungen an den Tonerproben und den bei den Luftmessungen beaufschlagten Filtern geben die Tabellen 10 und 11. Da die bei den Luftprobenahmen eventuell angetroffenen Tonerteilchen anhand von Unterschieden in der Elementzusammensetzung insbesondere von ubiquitär vorhandenen Dieselrußteilchen abgegrenzt werden müssen, zeigt Tabelle 12 darüber hinaus Untersuchungen zur Elementzusammensetzung einiger Dieselrußproben.

Elektronenmikroskopische Aufnahmen und Elementspektren zu den in Tabellen 10-12 zusammengefassten Untersuchungen sind als Abbildungen, zum Teil auch im Anhang wiedergegeben; ebenso die Protokolle der standardisierten elektronenmikroskopischen Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung.

**Tabelle 10:** REM/TEM-Untersuchungen von Raumlufthproben aus Büroräumen von Standort B und zugehörigem Tonermaterial

Raum Nr.	Filter Nr.	PND* (min)	Flow-rate (L/min)	Volumen (L)	Beaufschlagung (mg)	Konzentration (mg/m <sup>3</sup> )	Material Flächenspektrum Elemente mit C	Luftprobe** (A+A/ml)	Partikel der Luftprobe Elemente ohne C	Druckertyp
B-23	217	28	1,2	33,6	0,025	0,74	C>Si	n.b.		1
B-24	218	32	1,2	38,4	0,008	0,21	C>Si	n.b.		1
B-20	219	44	1,2	52,8	0,008	0,15	Fe>C>Si***	300		1
B-16	220	33	1,2	39,6	0,013	0,33	Fe>C>Si	600		1
B-21	221	48	1,2	57,6	0,024	0,42	k.A.	275	2xSi,Al	2
B-17	222	41	1,2	49,2	0,011	0,22	Fe>C>Si	2380	3xSi,Al Hülle****) Kontrast stark: Fe Schwach: Si,Al	1

\* PND = Probennahmedauer in Minuten

\*\* Absuchen von jeweils 25 oder 50 Bildfeldern bei 40.000-facher Vergrößerung im TEM (2,1 µm x 1,6 µm)

\*\*\* Bei indirekter Präparation und TEM-Auswertung werden große schwarze Partikeln mit dominierendem Eisen (Fe)-Anteil beobachtet. Dazwischen finden sich auf dem sehr stark belegten Präparat auch flockige transparente Partikeln, bei denen neben der Störung durch Eisen (Fe) auch Aluminium (Al) und Silizium (Si) hervortritt.

\*\*\*\* in insgesamt 100 Bildfeldern bei 40.000-facher Vergrößerung – davon 25 für die quantitative Analyse – wurde eine Hülle registriert

n.b. nicht bestimmt

k.A. kein geeignetes Analysenmaterial vorhanden

für die Raumlufthproben der Räume B-23 und B-24 wurde eine gemeinsame Tonerprobe eingesetzt

Druckertyp 1: Kyocera; Druckertyp 2: Canon (Abweichungen zu in Tabelle 7 genannten Geräte- und Tonertypen ergeben sich durch die erst später erfolgten Staubsammlungen für die REM/TEM-Analysen)

**Tabelle 11:** REM/TEM-Untersuchungen von Raumluftproben aus Büroräumen von Standort C und zugehörigem Tonermaterial

Raum Nr.	Filter Nr.	PND* (min)	Flow-rate (L/min)	Volumen (L)	Beaufschlagung (mg)	Konzentration (mg/m <sup>3</sup> )	Material	Luftprobe (A+A/ml)	Partikel der Luftprobe	Druckertyp	Tonertyp
C-30**	228	20	1,3	26	0,052	2,00	C>Fe,Si	n.b.	*** 6xAl Al,Si>Ca Na,Al>Ca,Fe Al,Na Al,K>Na	4	2
C-29	229	40	1,3	52	0,013	0,25	Fe>C>Si**** ebenso zu Filter 231 schwarz	450	***3xAl 4xAl,Na Ca>Al,Na 2xHülle 1xFe>Si,Al 1xSi>Fe,Al	5	3
C-34	230	26	1,3	33,8	0,027	0,8	Fe>C>Si	n.b.	Ca>Al,Si,Fe Na>Al,K Al	8	6
C-32	231	28	1,36	38,08	0,037	0,97	schwarz siehe Filter 229**** blau, rot und gelb: C>Si	n.b.	Si>Al Na,Al,Si>K,Ca Na>Al,Si,K 2xAl,Si	3	1
C-28	232	10	1,3	13	0,016	1,23	Fe>C>Si	n.b.		7	5
C-32	233	13	3,1	40,3	0,019	0,47	C>Si,Ti,Fe	n.b.		3	1
C-31	234	35	1,3	45,5	0,038	0,84	Fe>C>Si,Ti	n.b.		6	4

\* PND = Probennahmedauer in Minuten n.b.: nicht bestimmt

\*\* Nebenraum von C-30

\*\*\* Es wurden jeweils 10 komplette Netzöffnungen des TEM-Präparates (zu je 100 µm x 100 µm) bei 10.000-facher Vergrößerung auf „Hüllen“ abgesucht

\*\*\*\* bei direkter Präparation und TEM-Auswertung werden große schwarze Partikeln mit dominierendem Eisen (F)-Anteil beobachtet. Dazwischen finden sich auf dem stark belegten Präparat auch flockige transparente Strukturen, bei denen neben der Störung durch Fe auch Aluminium (Al) und Silizium (Si) hervortritt

Druckertyp: 3, 5 und 6 (Kyocera; verschiedene Modelle); 4 (Lexmark); 7 (OCE); 8 (Hewlett Packard) Tonertyp: 1 (TK500K); 2 (12A5865); 3 (TK50); 4 (TK18); 5 (OCE); 8 (Q2610A)

**Tabelle 12:** REM/TEM-Untersuchungen von Dieselruß

Filter Nr.	PND* (min)	Flow-rate (L/min)	Volumen (L)	Beaufschlagung (mg)	Konzentration (mg/m <sup>3</sup> )	Material Flächenspektrum Elemente mit C	Luftprobe (A+A/ml)	Partikel der Luftprobe und Suspension REM Elemente ohne C	Ort der Probenahme
62066		3,5						** 9xAL, 1xAl>>Si	IGF***
62113	51	3,5	178,5	0,62	3,47	C>>Si,Al			IGF***
62315	132	3,5	462	0,041	0,09		11000	4xAl 2xAl>Fe Al,Fe Al>Si,Fe 1xAl 1xAl,Ca,Na>Fe	Werkstatt Abgastest indirekte Präparation nativer Dieselruß über
ofu12	Materialprobe (Suspension) von Pott & Roller							8xAl>Ca,Na,K,Fe	Suspension

\* Probenahmedauer (in Minuten)

\*\* überwiegend kleine kontrastschwache A+A und Spektren mit geringer Impulsrate

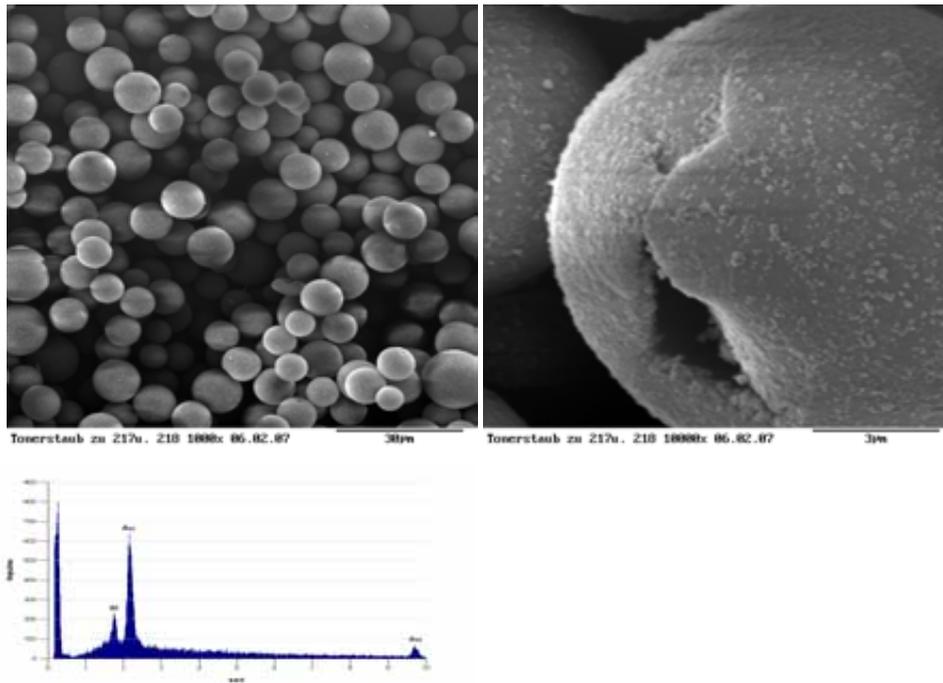
\*\*\* Dieselmessprüfstand des Instituts für Gefahrstoffforschung in Bochum

Mit Bezug auf die Filter- und Büroraumnummern der Luftprobenahmen sind in den Tabellen 10 und 11 die Bedingungen der Probennahmen, der Typ des Druckers und - soweit bekannt - auch des verwendeten Toners aufgelistet. Bei den Ergebnissen handelt es sich um die

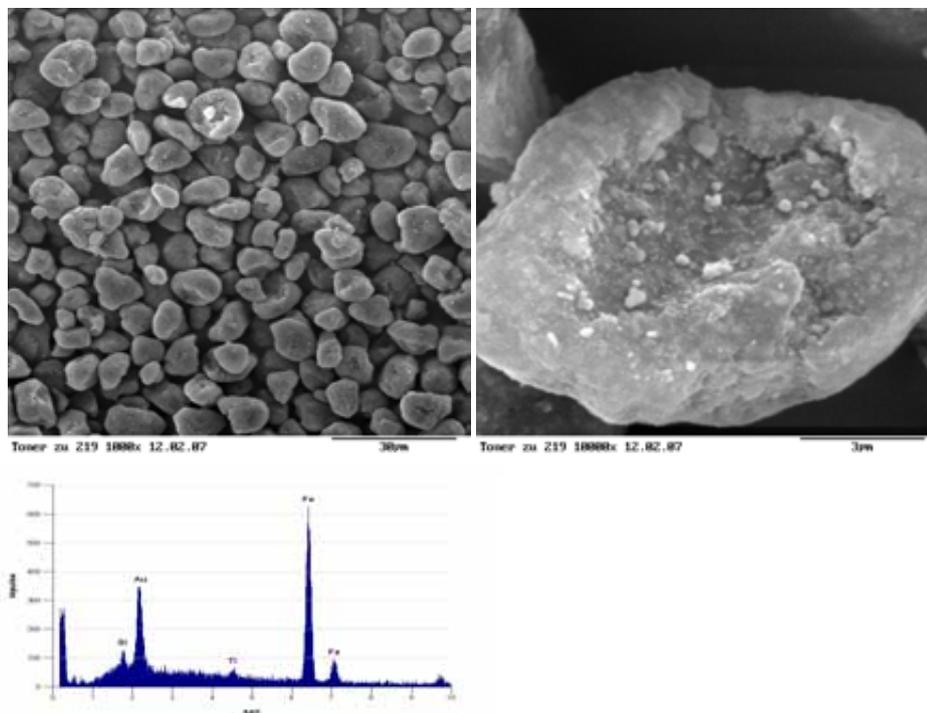
- Bestimmung der Massen und Massenkonzentration aus der Filterwägung (mg und mg/m<sup>3</sup>)
- Darstellung von Streupräparaten der Tonerproben im REM und der EDX-Flächenspektren zur Charakterisierung der Elementzusammensetzung (Abbildungen 31-34)
- Darstellung zweier Tonerproben bei indirekter Präparation im TEM zur Charakterisierung der Elementzusammensetzung für die unterschiedlichen in den Tonerkörnern enthaltenen Bestandteile (Abbildungen 35-36)
- an 5 Filtern mit der standardisierten TEM-Analyse ermittelte A+A-Konzentration, die mit der Teilchenkonzentration des Kondensationspartikelzählers (CPC) verglichen werden kann (Tabellen 10, 11 und 13)
- elektronenmikroskopische und elementanalytische Charakterisierung der bei Luftprobenahmen beaufschlagten Kernporenfilter im REM (Abbildung 37) und im TEM (Abbildungen 38-46)

Zu den in Tabelle 12 beschriebenen Dieselrußdaten siehe die Abbildungen 85-89 (Anhang).

*Qualitative Charakterisierung von Streuproben der Tonermaterialien im REM:* 5 von 6 Filtern aus Büroräumen des Standorts B waren während des Betriebs von Druckern der Fa. Kyocera, einer der Fa. Canon beaufschlagt worden. In den Büroräumen von Standort C standen 7 Filterproben von Druckern unterschiedlicher Fabrikate mit definierten Tonermaterialien zur Verfügung. Bei den Tonerproben aus Raum B-23 (F217) und B-24 (F218) handelt es sich um kugelförmige, Si-haltige Partikel. Dabei lässt ein trotz der für Kohlenstoff sehr geringen Spektrometerempfindlichkeit dominierender C-Peak - der bei der REM-Analyse nicht nur von den A+A sondern auch von dem organischen Filtermaterial herrühren kann - erkennen, dass der Si-Anteil aus Spuren in der Nähe der Nachweisgrenze von etwa einem Masse-% resultiert. Alle weiteren Tonerproben bestehen aus zum Teil runden zum Teil eckigen unregelmäßig geformten Partikeln überwiegend mit niedrigem Si-, aber erhöhten Fe-Anteil [Tonerproben mit korrespondierenden Luftsammelfiltern: B-16 (F220), B-20 (F219), C-28 (F232) C-29 (F229), C-30 (F218), C-31 (F234) C-32 (F231), C-34 (F230)]. Bei den übrigen Tonern dominiert stets der C-Peak, wobei als nachrangiges Element stets Si vorhanden ist, meist alleine jedoch je einmal auch zusammen mit Fe bzw. mit Ti und Fe (s. Abbildungen 31-36).



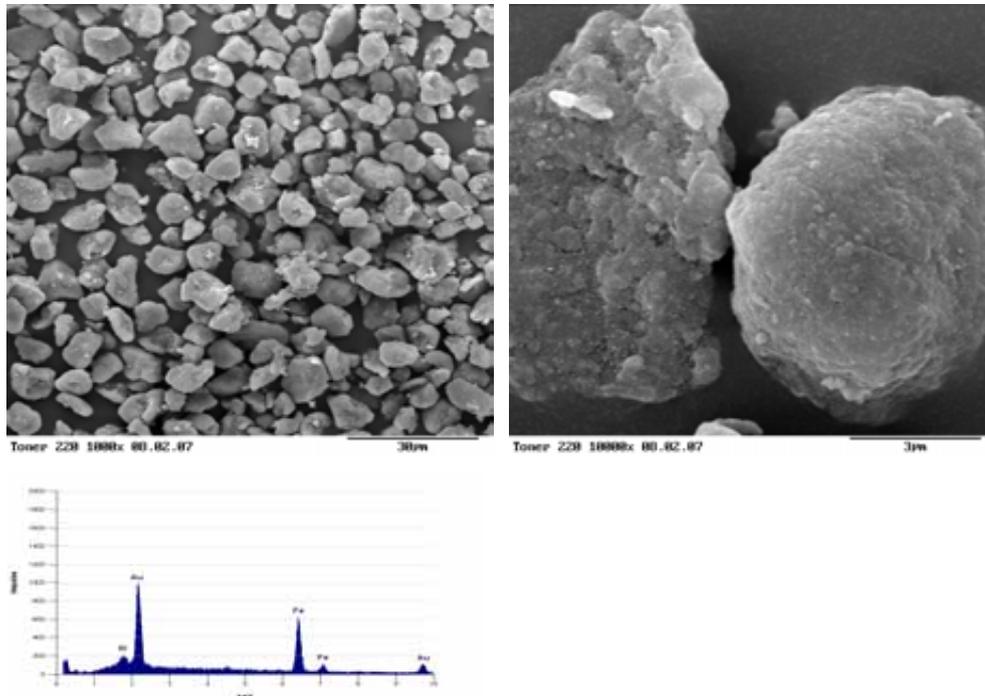
**Abbildung 31:** REM-Aufnahmen von Tonerstaub aus Drucker zu Filter 217 (Raum B-23) und Filter 218 (Raum B-24) mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar



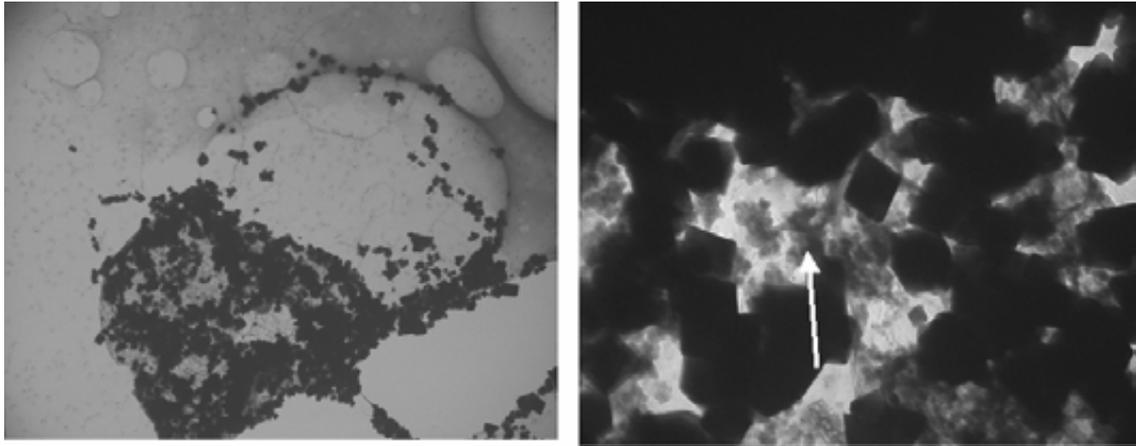
**Abbildung 32:** REM-Aufnahmen von Tonerstaub aus Drucker zu Filter 219 (Raum B-20) und mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar



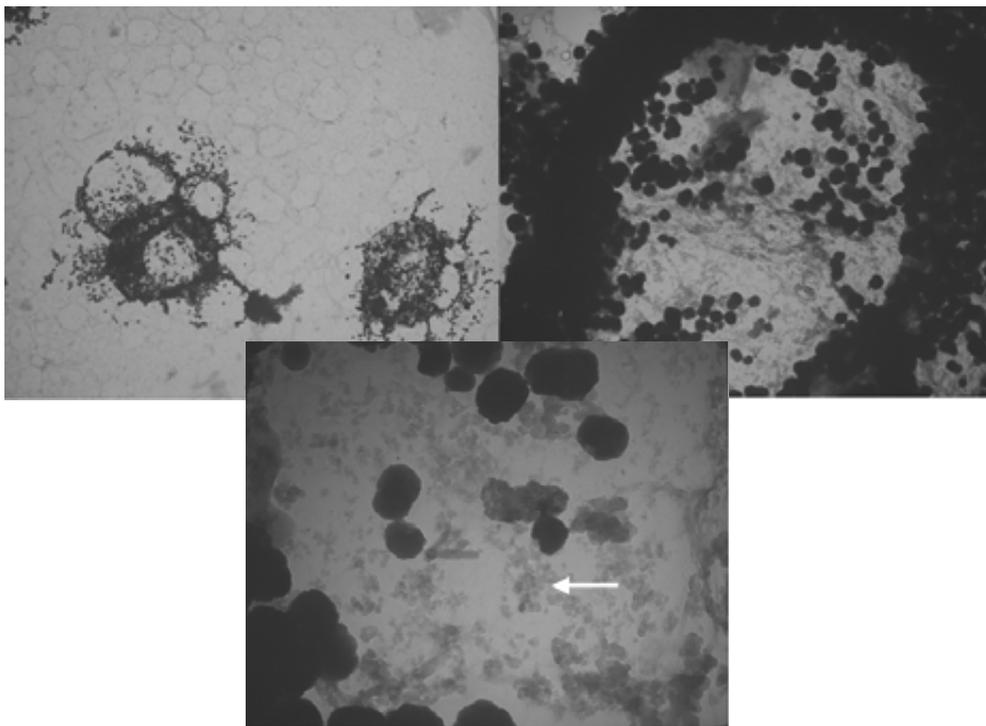
**Abbildung 33:** REM-Aufnahme einer Streuprobe von Tonerstaub im Vergleich mit einem Partikel (Pfeil) auf der Filterprobe 219 (Raum B-20) der entsprechenden Luftmessung während des Druckvorgangs (beide Aufnahmen bei 10.000-facher Vergrößerung)



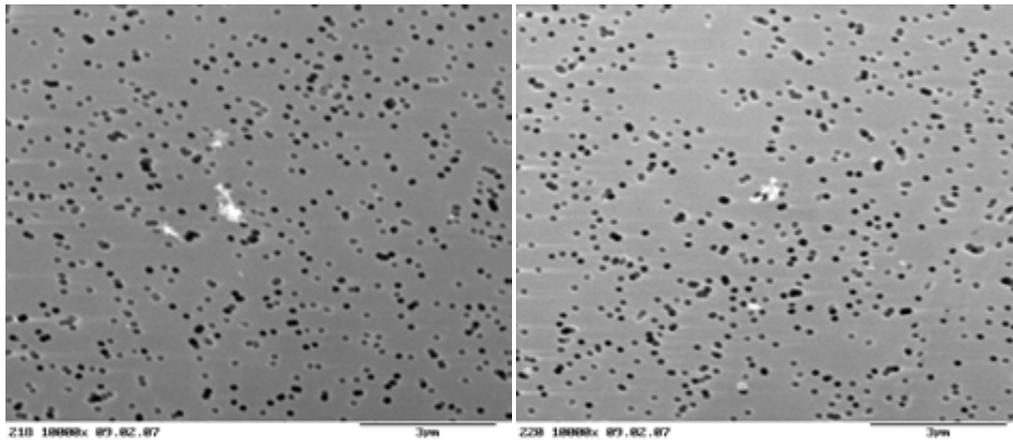
**Abbildung 34:** REM-Aufnahmen von originären Tonerstaub korrespondierend zu Filter 220 (Raum B-16) und mit Flächenspektrum (untere Reihe) bei 1.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; linkes Bild). Einzelpartikel mit Anhaftung feinsten Teilchen <100 nm sind bei 10.000-facher Vergrößerung (obere Reihe; rechtes Bild) erkennbar



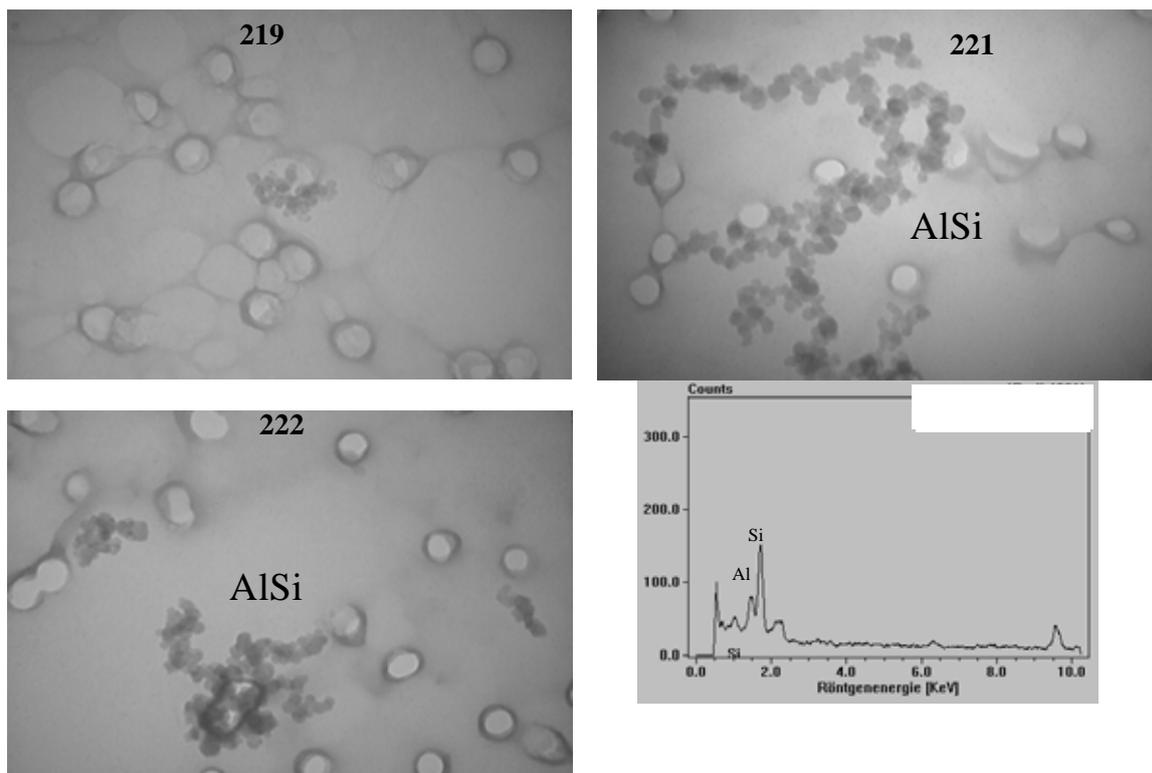
**Abbildung 35:** TEM-Aufnahmen der originären Tonerprobe korrespondierend zu Filter 219 (Raum B-20). Präparation aus wässriger Suspension. Bei 5000-facher Vergrößerung (links; Bildunterkante 16  $\mu\text{m}$ ) zeigt sich der von der Hülle befreite Inhalt eines Tonerpartikels. Bei 40.000-facher Vergrößerung (rechts; Bildunterkante 2  $\mu\text{m}$ ) zeigen sich neben größeren schwarzen auch flockige transparente Partikel, die aus Nanoteilchen bestehen können. Das Elementspektrum des größeren, schwarzen Partikel zeigt  $\text{Fe} \gg \text{Al} > \text{Si}$ . Die Analyse eines Bereiches mit kontrastschwächeren Aggregaten (Pfeil) lässt ein verändertes Spektrum von  $\text{Fe}, \text{Si} > \text{Al}$  erkennen. Der Fe-Anteil kann dabei aufgrund der dichten Belegung als Störpeak angesehen werden.



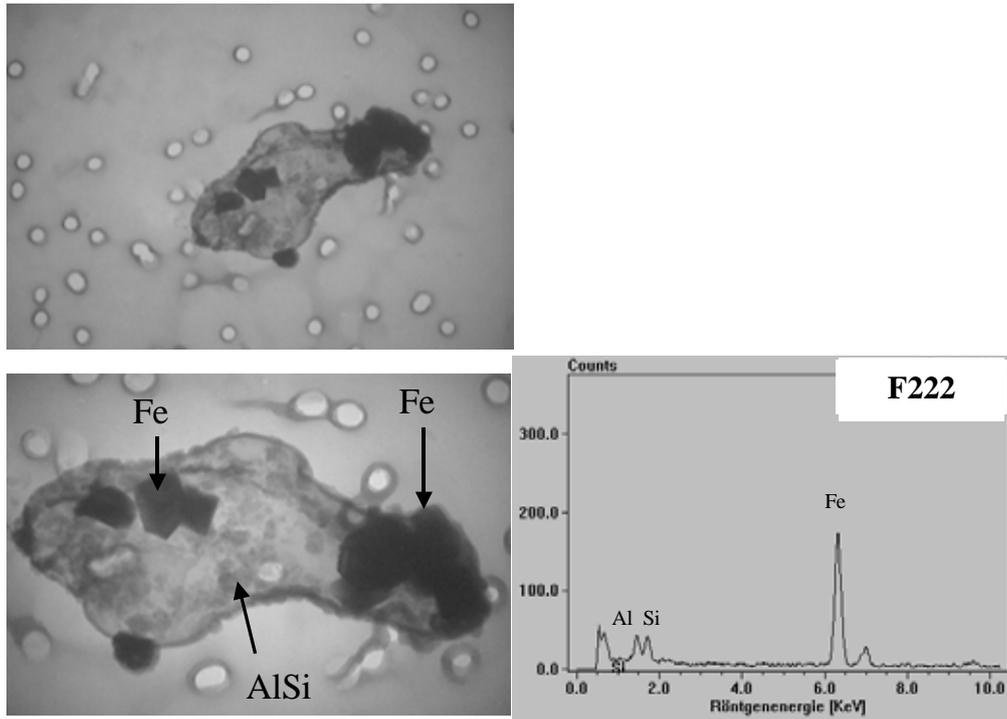
**Abbildung 36:** TEM-Aufnahmen der „Tonerprobe 3 und 4“ zu den Filtern 229/231 (Räume C-29, C-32) nach Präparation aus wässriger Suspension. Bei 2000-facher Vergrößerung (oben links, Bildunterkante = 40  $\mu\text{m}$ ) zeigt sich der von der Hülle befreite Inhalt zweier Tonerpartikel. Bei 10.000-facher (oben rechts) und 40.000-facher (unten links) Vergrößerung (Bildunterkanten = 8  $\mu\text{m}$  und 2  $\mu\text{m}$ ) sind neben größeren schwarzen Partikel auch transparente Nanopartikeln erkennbar. Die Elementspektren der größeren schwarzen Partikel zeigen  $\text{Fe} \gg \text{Al} > \text{Si}$ , die der kontrastschwachen ultrafeinen Aggregate dagegen  $\text{Si}$  bzw.  $\text{Si} > \text{Fe}$  (Pfeil)



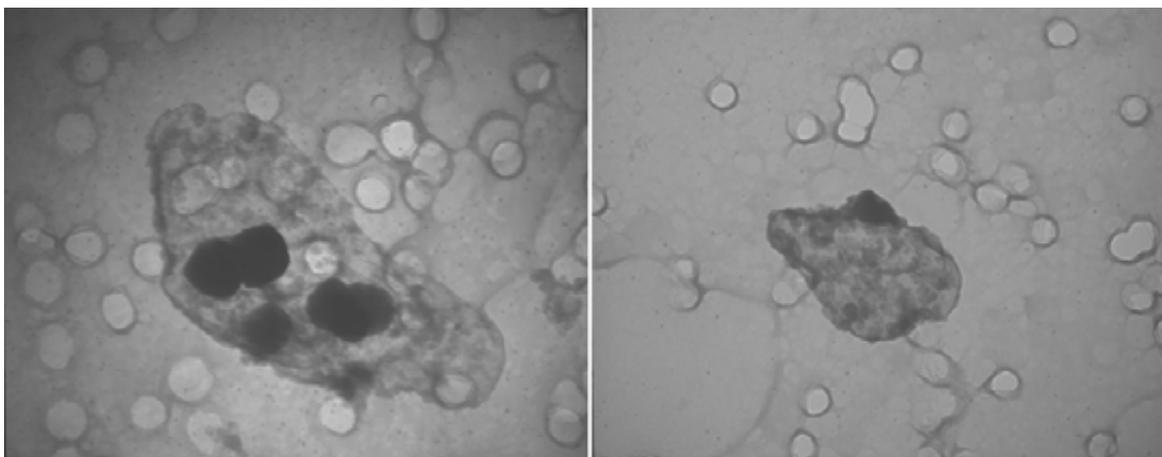
**Abbildung 37:** Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im REM: REM-Aufnahme bei 10.000-facher Vergrößerung von Aggregaten des Filters 218 (Raum B-24) und des Filters 220 (Raum B-16)



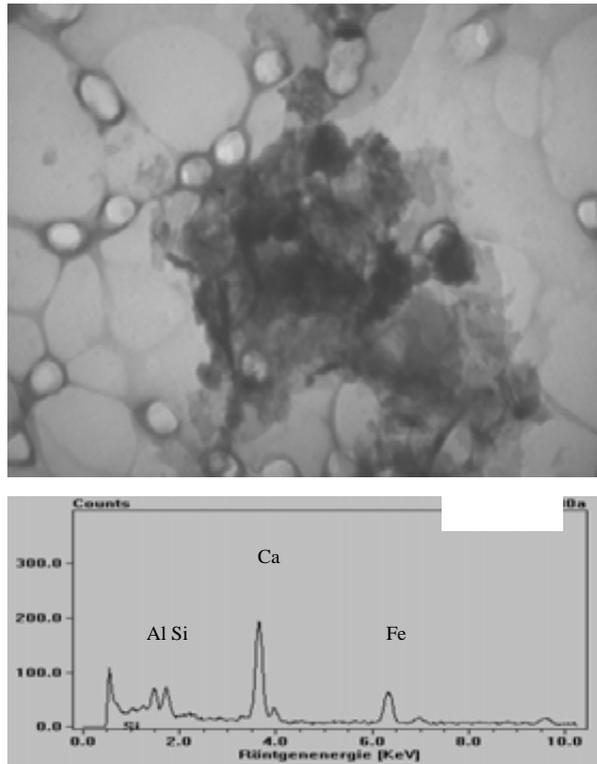
**Abbildung 38:** Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im TEM: TEM-Aufnahmen bei 40.000-facher Vergrößerung der Filter 219 (Raum B-20), 221 (Raum B-21) und Raum 222 (Raum B-17). Die Elementanalyse von 5 Aggregaten aus den Filterproben 221 und 222 ergab Spektren mit Anteilen von Silizium (Si) und Aluminium (Al)



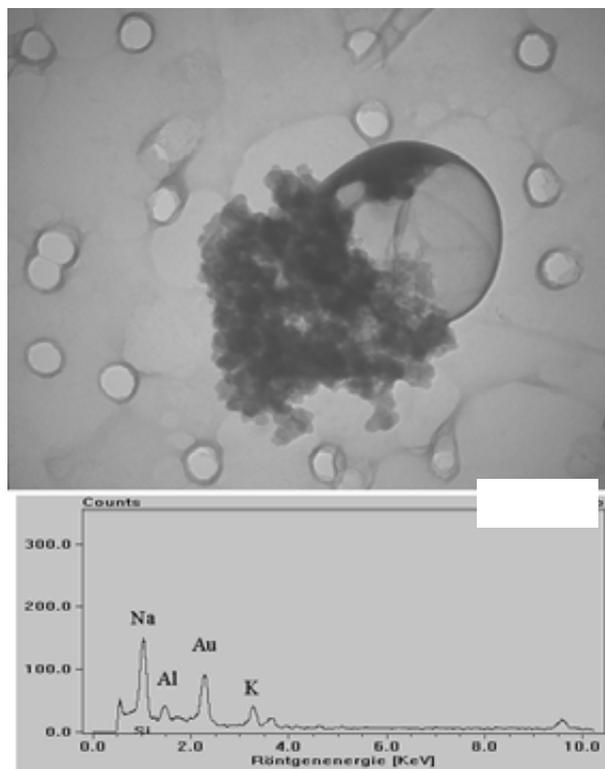
**Abbildung 39:** Beispiel für die Belegung der Kernporenfilter im TEM: TEM-Aufnahmen bei 20.000-facher (oben) und 40.000-facher (unten) Vergrößerung des Filters 222 (Raum B-17) mit Elementanalyse des Inhalts der Hülle eines Tonerpartikels („bubble“), bestehend aus kontrastreichen Eisen (Fe) (Pfeile) und ultrafeinen Silizium (Si)- und Aluminium (Al)-haltigen Teilchen



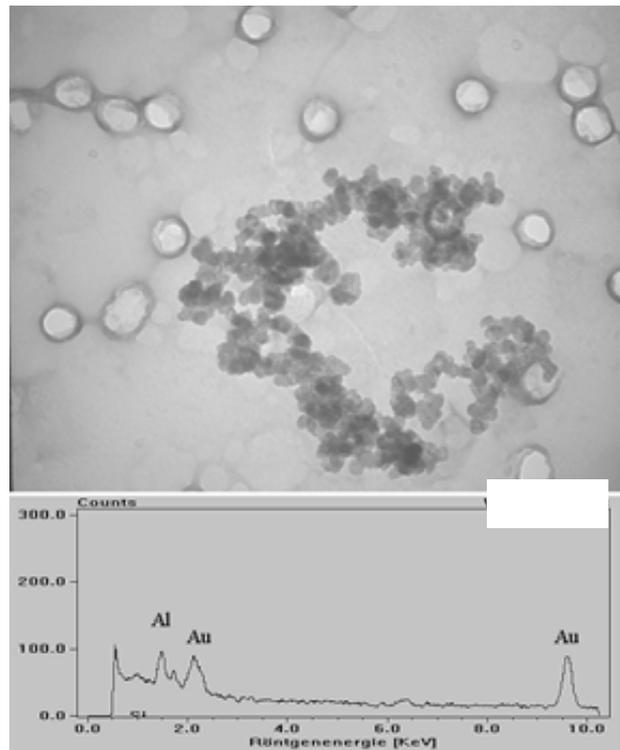
**Abbildung 40:** TEM-Aufnahmen von zwei Hüllen mit transparenten Nanopartikeln und größeren schwarzen Teilchen auf dem Filter 229 (Raum C-29) bei 40.000-facher Vergrößerung (Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ). Innerhalb einer jeden der beiden Hüllen wurde ein Flächenspektrum in einem Bereich von ca. 0,5  $\mu\text{m}$  x 0,5  $\mu\text{m}$  aufgenommen. Dabei ergaben sich die Reihenfolge der Elemente in der größeren von schwarzen Partikeln durchsetzten Hülle links zu Fe>Si,Al und in der kleineren transparenteren Hülle rechts zu Si>Fe, Al



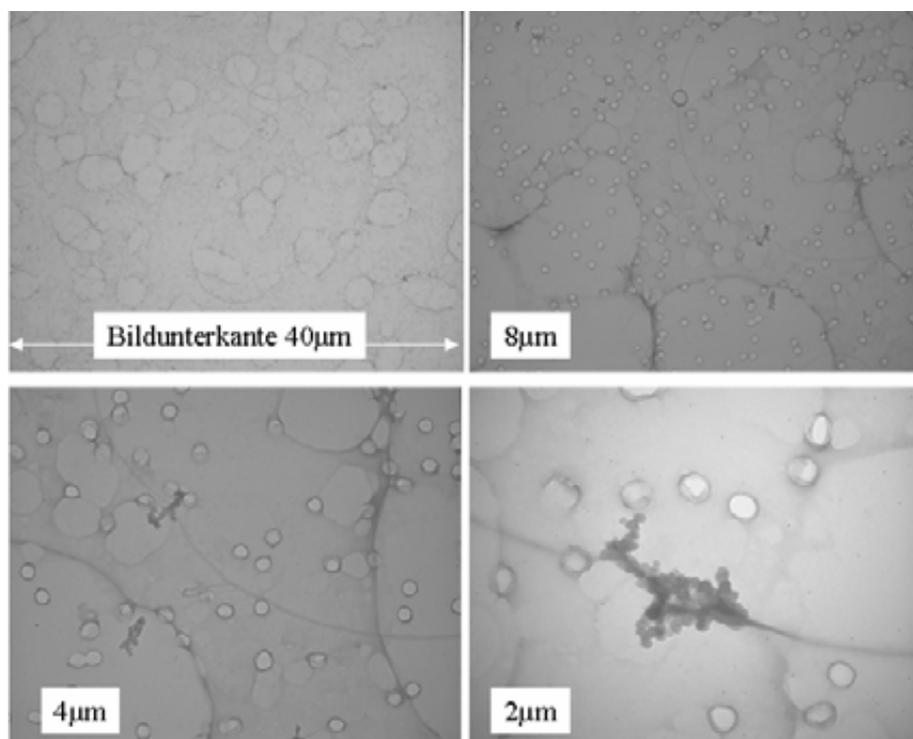
**Abbildung 41:** TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten)



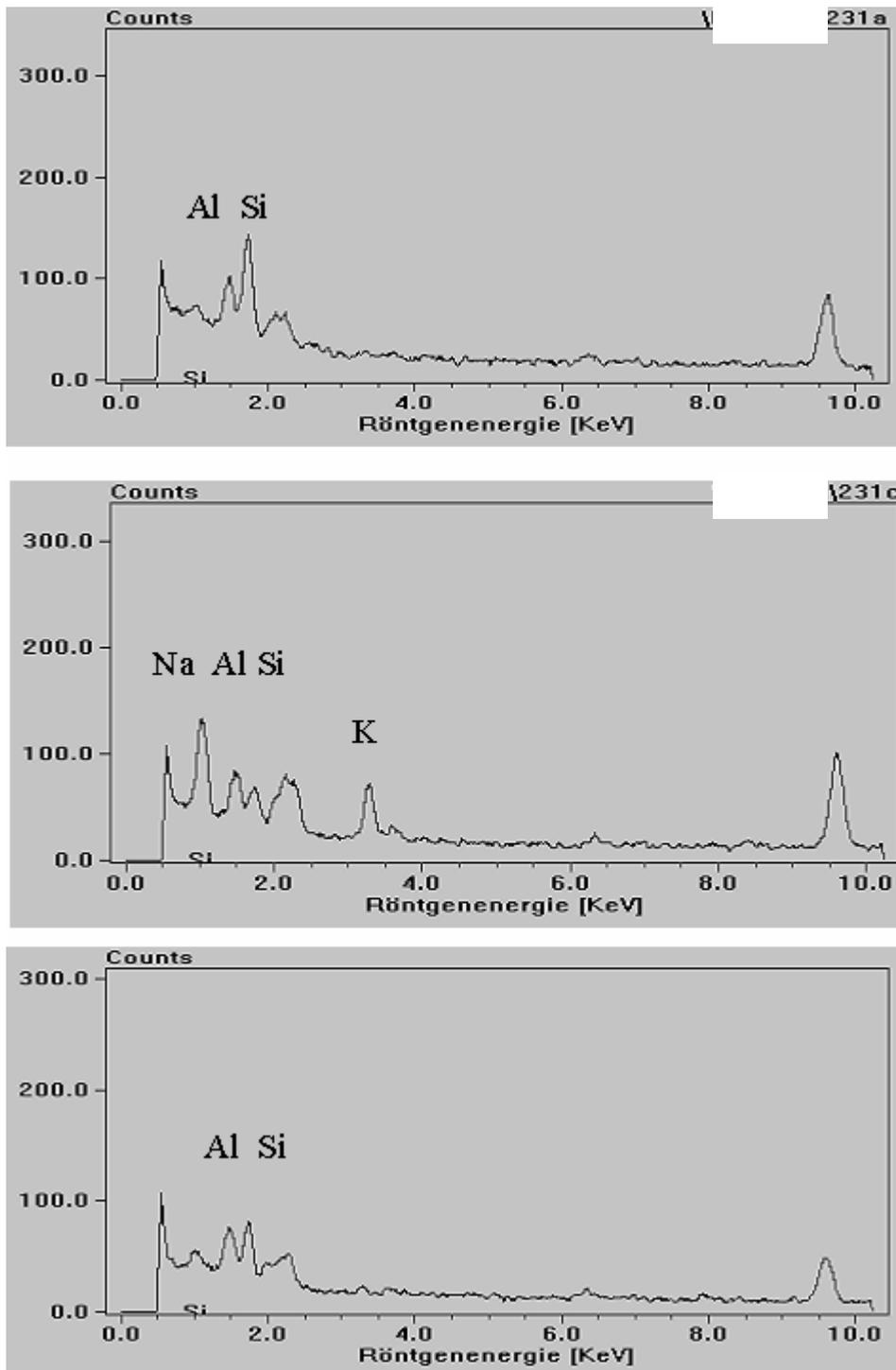
**Abbildung 42:** TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten)



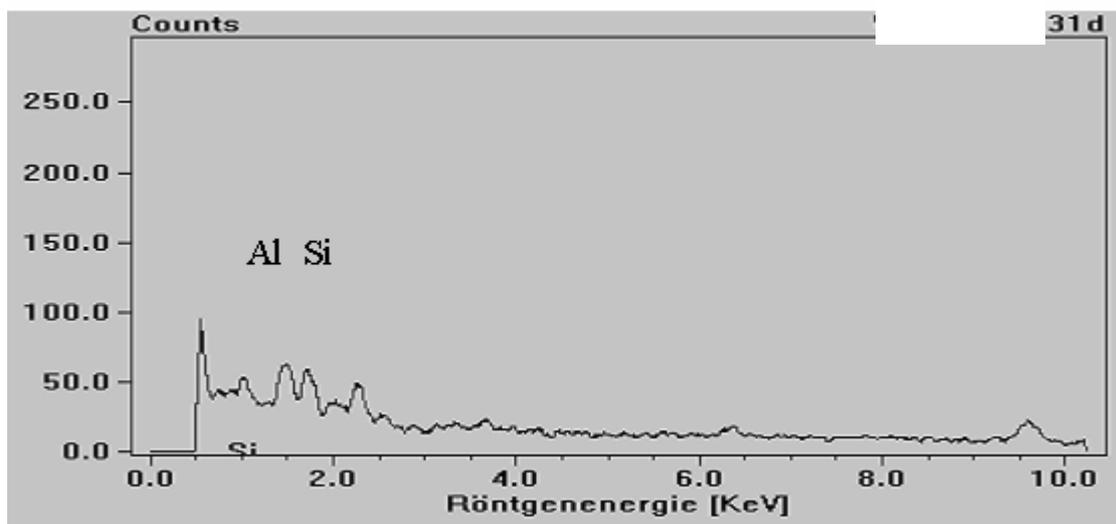
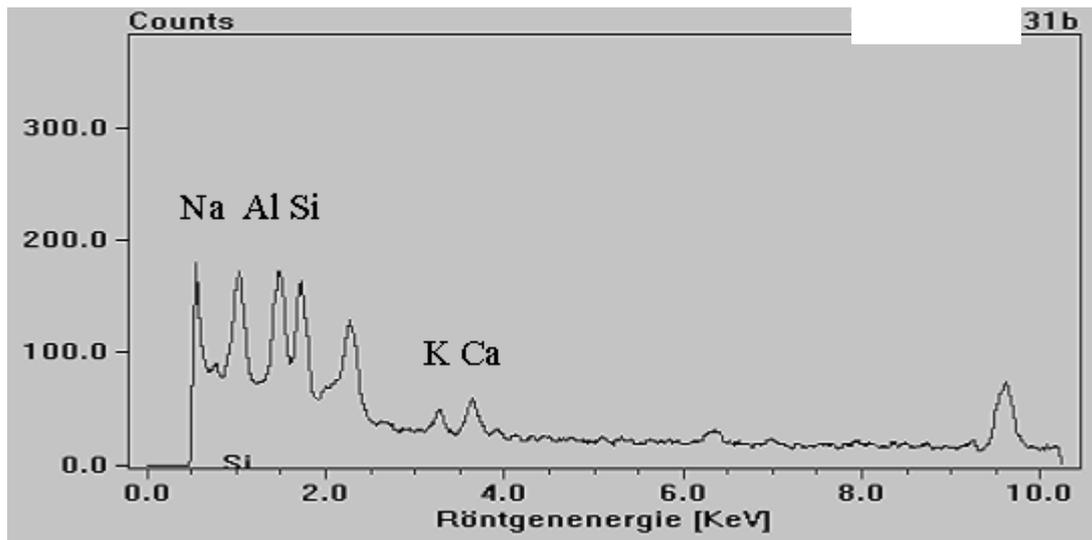
**Abbildung 43:** TEM-Aufnahme eines weiteren Aggregates auf dem Filter 230 (C-34) bei 40.000-facher Vergrößerung (oben, Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ) mit Darstellung des zugehörigen Elementspektrums (unten)



**Abbildung 44:** TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem Filter 231 (C-32) bei 2.000- und 10.000-facher (oben) und 20.000- und 40.000-facher Vergrößerung (unten). Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 4  $\mu\text{m}$  bzw. 2  $\mu\text{m}$



**Abbildung 45:** Flächenspektren im TEM bei 50.000-facher Vergrößerung von drei typischen Aggregaten auf Filter 231 (Raum C-32). Die analysierte Fläche liegt jeweils bei ca.  $0,5-1 \mu\text{m}^2$



**Abbildung 46:** Flächenspektren im TEM bei 50.000-facher Vergrößerung von zwei typischen Aggregaten auf Filter 231 (Raum C-32). Die analysierte Fläche liegt jeweils bei ca. 0,5 - 1  $\mu\text{m}^2$

*Massenkonzentrationen der Luftprobenahmen:* Die beobachteten Massenkonzentrationen ergeben sich wegen einer Filterbelegung  $< 20 \mu\text{g}$  meist unterhalb der Nachweisgrenze. Nur vier der Messungen in Räumen an Standort C lagen mit  $2 \text{ mg/m}^3$  über der Bestimmungsgrenze von  $1,4 \text{ mg/m}^3$  (60 Minuten Sammelzeit) der Methode.

*Anzahlkonzentrationen aus den Luftprobenahmen:* Eine detaillierte Übersicht zu den Ergebnissen der quantitativen Auswertungen der Luftproben gibt Tabelle 13. Die Excelmasken mit den Auswerteprotokollen sind als Anhang beigefügt. Die Filter waren nur schwach belegt,

sodass sie mit einer Ausnahme mit dem maximalen Suchaufwand von 50 Felder ausgezählt wurden.

**Tabelle 13:** Übersicht zu den REM/TEM-Ergebnissen der quantitativen Auswertungen von Luftprobennahmen

<b>Filter Nr.</b>	<b>219</b>	<b>220</b>	<b>221</b>	<b>222</b>	<b>229</b>
<b>Raumbezeichnung</b>	<b>B-20</b>	<b>B-16</b>	<b>B-21</b>	<b>B-17</b>	<b>C-29</b>
Probenahmedauer	44	33	48	41	40
Volumenstrom	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
Massenbelegung (mg)	0,008	0,013	0,024	0,011	0,013
Massenkonzentration (mg/m <sup>3</sup> )	0,15	0,33	0,42	0,22	0,25
Anzahl ausgezählter Felder	50	50	50	25	50
gezählte PT	56	221	68	342	740
gezählte A+A	8	12	8	20	8
<b>PT/ml</b>	<b>2099</b>	<b>11045</b>	<b>2337</b>	<b>40638</b>	<b>41598</b>
<b>A+A/ml</b>	<b>300</b>	<b>600</b>	<b>275</b>	<b>2376</b>	<b>450</b>
PT/mg	1,4E+10	3,4E+10	5,6E+09	1,8E+11	1,7E+11
A+A/mg	2,0E+09	1,8E+09	6,6E+08	1,1E+10	1,8E+09
PT-Durchmesser DN (nm)	71,07	29,98	38,24	30,06	15,64
A+A/Feld	0,16	0,24	0,16	0,8	0,16
PT/A+A	7,0	18,4	8,5	17,1	92,5

Die aus Tabelle 13 ableitbaren Ergebnisse zeigten im Einzelnen:

- Die Anzahlkonzentrationen erreicht für 4 der 5 Messungen Werte zwischen 300 und 600 A+A/ml. Deutlich höher lag dagegen mit etwa 2380A+A/m<sup>3</sup> der Wert von Filter 222 (Raum B-17). Erkennbar wurde, dass sich die A+A-Werte im Mittel aus einer sehr unterschiedlichen Anzahl von PT zusammensetzten.
- Die Anzahl der PT je A+A reichte von 7 [Filter 219 (Raum B-20)] bis 93 [Filter 229 (Raum C-29)].
- Entsprechend stieg der Schätzwert für die PT-Durchmesser von 15,6 nm [Filter 229 (Raum C-29)] auf bis zu 71 nm [Filter 219 (Raum B-20)].
- Die höchsten Konzentrationen der in den A+A enthaltenen PT ergab sich mit 40.600 PT/ml [Filter 222 (Raum B-17)] und 41.600 PT/ml [Filter 229 (Raum C-29)].

*Qualitative Charakterisierung der A+A aus den Luftproben:* Die Elementanalysen auffälliger A+A erfolgten an insgesamt 6 der Luftproben (Filtern) aus den Räumen B-17 (F222) und B-21 (F221)(Tabelle 10) sowie C-29 (F229), C-30 (F228), C-32 (F231), C-34 (F230)(Tabelle

11). Dabei wurden insgesamt 35 Punktanalysen bei kompakten A+A bzw. Flächenanalysen (z.B. bei Ansammlungen von PT innerhalb von Hüllen) vorgenommen, darunter insgesamt 4 in den insgesamt 3 der auf den Filtern F222 und F229 beobachteten Hüllen. Exemplarisch sind Ergebnisse in den Abbildungen 37-46 dargestellt.

Derartige charakteristische Hüllen (Bubbles) waren bereits bei früheren Untersuchungen an Tonerstaubproben aufgefallen (Rödelsperger et al. 2006, 2007). Es wird angenommen, dass es sich um die Ummantelung der in den Tonerkörnern vorhandenen Nanoteilchen handelt, die mehr oder weniger geleert zurück bleiben können, wenn die Nanoteilchen aus den Körnern freigesetzt werden. Sie können daher als Indiz für die Freisetzung von Tonerteilchen gelten und wurden daher bei den Filtern F222, F228 und F229 gezielt mit erhöhtem Aufwand gesucht und insgesamt 3 mal auf Filter F222 (N=1)(Abbildung 39) und F229 (N=2)(Abbildung 40) angetroffen.

Anders als die meisten Flächenspektren von Streupräparaten der Materialproben im REM ließen die Elementanalysen der Partikelaggregate auf den TEM-Präparaten der Luftfilter meist Si und Al in den Spektren erkennen. Dabei ist anzumerken, dass bei der TEM-Präparation in Verbindung mit der erhöhten Elektronenenergie (100 keV statt 15 keV) der C-Peak nochmals abgeschwächt wurde, so dass ein über die metallischen Elemente dominierender C-Peak nicht mehr beobachtet werden konnte, obwohl auch hier - mit Ausnahme Fe-haltiger Teilchen in Hüllen – nur geringe Impulsraten beobachtet wurden. Bei den 31 außerhalb der Hüllen analysierten A+A wurden 8-mal Teilchen beobachtet, die ausschließlich Si und Al enthielten, und 4 weitere, bei denen neben Si und Al auch noch andere Elemente vorhanden waren. In 10 Fällen wurden nur Al-haltige A+A beobachtet, und 9 weitere, bei denen daneben auch noch andere Elemente vorhanden waren, aber kein Si.

Bei den 4 innerhalb der drei Hüllen durchgeführten Elementanalysen wurde jeweils ein Vergleich zwischen den mit großen schwarzen Partikeln durchsetzten Arealen und solchen in denen nur kontrastschwache Nanoteilchen angetroffen werden, versucht. So erwiesen sich die schwarzen Partikel innerhalb der einzelnen auf Filter F222 und Filter F227 angetroffenen Hüllen (Abbildung 39) als Fe-haltig, die dort anwesenden kontrastschwachen Nanoteilchen aber als Si- und Al-haltig. Von den beiden kleineren auf Filter F229 angetroffenen Hüllen (Abbildung 40) wurde jeweils nur ein Spektrum gewonnen. Auch hier wurde Fe, Si und Al gefunden; Fe dominierte in der größeren mit schwarzen Körnern durchsetzten Hülle und Si in der kleinere Hülle, die nur ein einzelnes schwarzes Korn im Randbereich aufwies.

*Vergleich mit TEM-Untersuchungen von Dieselruß:* Da einige der beobachteten A+A in ihrem Erscheinungsbild kaum von den kettenförmigen A+A aus Dieselruß zu unterscheiden waren (wie beispielsweise in den Abbildungen 38 und 43 zu erkennen), wurde durch vergleichende Elementanalysen aus den A+A von Dieselruß überprüft, ob die ubiquitär vorhandenen Dieselrussteilchen aufgrund ihrer Elementspektren von Tonerteilchen abgegrenzt werden können (s. Tabelle 12). Hierbei fanden Proben aus dem Projekt „Charakterisierung ultrafeiner Teilchen für den Arbeitsschutz“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Verwendung (Rödelsperger et al. 2003).

An einem im Prüfstand dicht belegten Filter ergab ein im REM gewonnenes Flächenspektrum die nach der Peakhöhe geordnete Reihenfolge C>Si,Al. 10 Spektren an A+A von einem TEM-Präparat eines ebenfalls im Prüfstand beaufschlagten schwach belegten Filters ergaben dagegen 9-mal Al als einzigen Peak und einmal Al>>Si. Ein weiterer Filter wurde in einer Werkstatt während der Abgastestung an zwei LKW beaufschlagt und bei indirekter Präparation ausgewertet. Auf diesem TEM-Präparat wurden 8 A+A analysiert. Hierbei wurde Al als dominierender Peak 4-mal alleine und 4-mal zusammen mit anderen Elementen - darunter einmal auch Si - beobachtet.

Schließlich wurde auch ein im Tierexperiment von Pott und Roller (2003, 2006) verwendeter Dieselruß (ofu12) nach Präparation aus wässriger Suspension untersucht. Auch hier wurde Al bei 10 Analysen stets als das Element mit dem höchsten Peak beobachtet, und zwar einmal alleine und 9-mal zusammen mit anderen Elementen, jedoch nicht mit Si.

*TEM-Analyse zweier Fe-haltiger Tonerproben nach indirekter Präparation:* Um die Diskrepanz zwischen den bei der REM-Analyse von Streupräparaten beobachteten Flächenspektren und den Elementspektren der A+A von den bei Luftprobenahmen beaufschlagten Filtern abzuklären, wurden zwei der Fe-haltigen Tonerproben auch nach indirekter Präparation im TEM analysiert (Abbildungen 35 und 36; vgl. Fußnoten in Tabellen 10 und 11). Bei dieser Präparation, die die Auflösung des Filtermaterials mit Chloroformdampf umfasst, wurden zwar keine Hüllen, wohl aber Ansammlungen von schwarzen Körnern und kontrastschwachen Nanoteilchen beobachtet, die als Relikte zerfallener Tonerkörner angesehen werden können. Wie in den Hüllen von den Luftproben zeigten auch hier die Elementanalysen einen dominierenden Fe-Anteil für die schwarzen Partikel (Fe>>Si,Al), die kontrastschwachen Nanoteilchen dagegen Spektren mit einem stark reduzierten und vermutlich nur auf Störungen beruhenden Fe-Anteil (Si ≥ Fe >Al).

### 1.2.7 Formaldehyd

Wegen der kritisch zu wertenden, hohen Bestimmungsgrenzen der Messmethode wurden die Ergebnisse in den Anhang gestellt.

### 1.2.8 Luftkeime (Schimmelpilze)

Die Ergebnisse der Luftkeimzahlbestimmung (Schimmelpilzuntersuchungen) in der Büro-raumlufte sind in Abbildungen 47 bis 50 wiedergegeben. Aufgrund eines technischen Ausfalls des Impaktionssammlers konnten 11 Räume nicht bzw. nicht komplett untersucht werden (B-24, B-25, C-27 bis C-30, C-33, C-36, D-43, D-45 und D-59), so dass für die statistische Bewertung komplette Messungen von insgesamt 52 Räumen zur Verfügung standen.

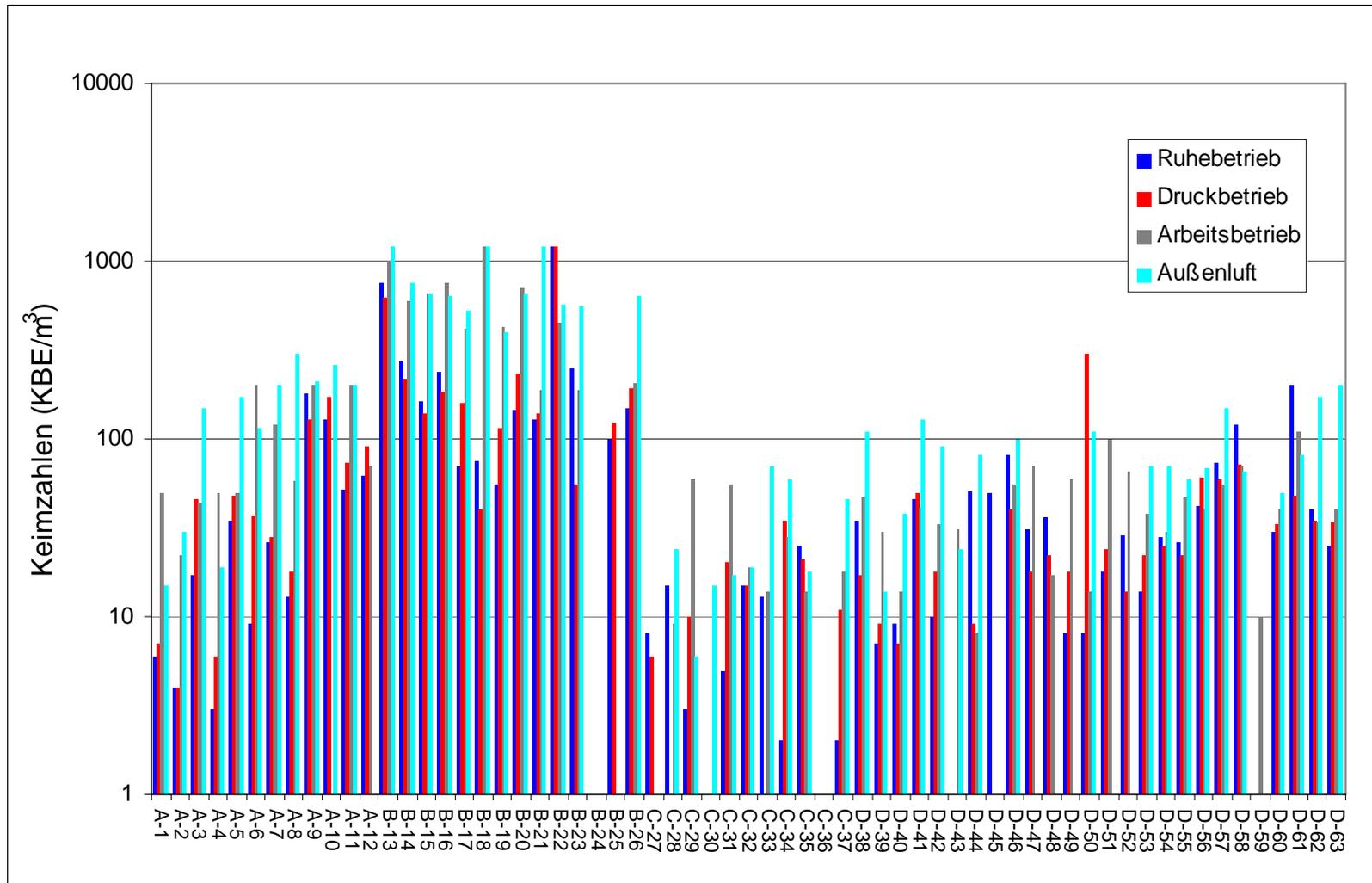
Abbildung 47 zeigt die Anzahl koloniebildender Einheiten pro Kubikmeter Luft KBE/m<sup>3</sup> bei Inkubation auf DG18-Agar bei Zimmertemperatur (20°C) für die Messphasen RB, DB und AB im Vergleich zur Außenluftkontrolle (AB). Die Keimzahlen variierten hierbei insgesamt zwischen 0 KBE/m<sup>3</sup> und 1.200 KBE/m<sup>3</sup> mit Mittelwerten  $\pm$  Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD) für die RB-Phase von  $84,2 \pm 181,7$  KBE/m<sup>3</sup>, für die DB-Phase von  $81,9 \pm 173,2$  KBE/m<sup>3</sup> und für die AB-Phase von  $148 \pm 250$  KBE/m<sup>3</sup> (siehe Abbildung 48). Im Mittel aller phasenbezogenen Messungen konnte dabei kein signifikanter Anstieg oder Abfall der Luft getragenen Schimmelpilzzahlen zwischen der RB- und DB-Phase ( $p=0,8$ ), aber ein Trend zu einem Anstieg der KBE/m<sup>3</sup> in der AB-Phase ( $p=0,02$ ) erkannt werden. Im Gegensatz zu den Innenraumproben waren im Mittel die Schimmelpilzzahlen der Außenluftproben mit  $200 \pm 302$  KBE/m<sup>3</sup> signifikant erhöht ( $p<0,001$ ). Bei Betrachtung der raumbezogenen Einzelmessungen konnte im Vergleich zu den korrespondierenden Außenmessungen kein Anhalt für eine Erhöhung der Pilzkeimzahlen in der Innenraumlufte (Innenraumquellen) gefunden werden.

Ein vergleichbares Bild zeigt die Anzahl koloniebildender Einheiten pro Kubikmeter Luft KBE/m<sup>3</sup> bei Inkubation auf MEA-Agar bei Zimmertemperatur (20°C) für die Messphasen RB, DB und AB im Vergleich zur Außenluftkontrolle (AB) (Abbildung 49). Die Keimzahlen lagen hierbei im Vergleich zu den Untersuchungen auf DG18-Agar mit  $54,0 \pm 69,1$  KBE/m<sup>3</sup> (RB),  $74,0 \pm 160,7$  KBE/m<sup>3</sup> (DB) und  $141,9 \pm 236$  KBE/m<sup>3</sup> (AB) in der gleichen Größenordnung (Abbildung 50). Auch bei Sammlung und Inkubation der Luftproben auf MEA-Agar zeigten die Außenluftproben im Mittel mit  $196 \pm 300$  KBE/m<sup>3</sup> Keimzahlen, die deutlich über den Innenraumluftewerten lagen ( $p>0,001$  im Vergleich zur RB-Messung). Auch hier zeigt sich bei Betrachtung der raumbezogenen Einzelmessungen im Vergleich zu den korrespondie-

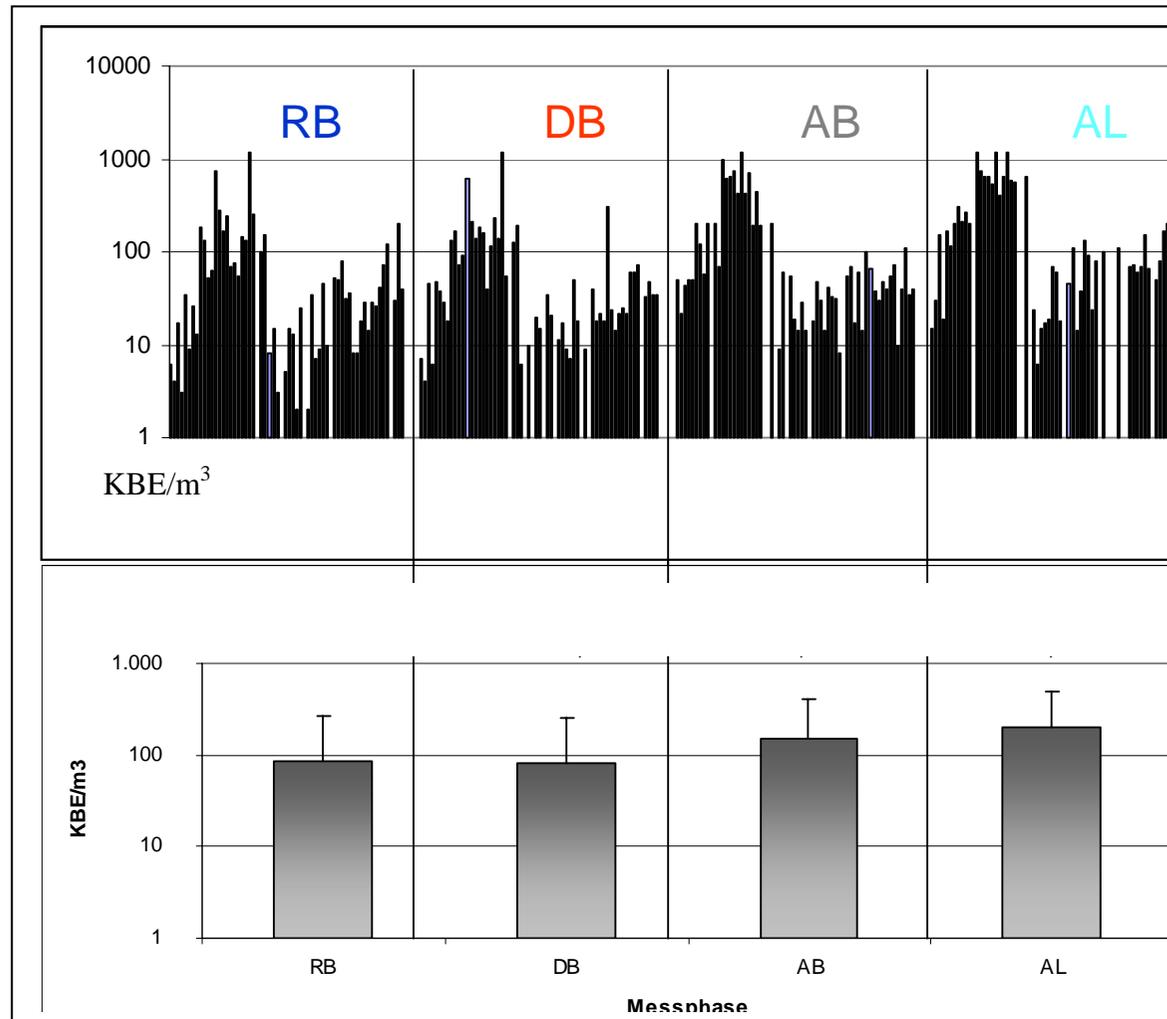
renden Außenmessungen kein Anhalt für eine Erhöhung der Pilzkeimzahlen in der Innenraumluft. Deutlicher wird bei den ME-Agaruntersuchungen, dass im Vergleich zur RB- und DB-Phase in der AB-Phase mit einem Anstieg der Luftkeimbelastung gerechnet werden muss (RB versus AB:  $p < 0,001$ ).

Die Sammlung und Untersuchung von Luftproben auf DG18- und ME-Agar bei Inkubationstemperaturen von 37 °C zeigte erwartungsgemäß deutlich weniger Wachstum als bei Raumtemperatur (20 °C). Mittelwerte und Standardabweichungen der Pilzkeimzahlen in den verschiedenen Untersuchungsphasen sind in Abbildung 51 dargestellt. Mit Werten von  $27,6 \pm 154,8$  KBE/m<sup>3</sup> (RB),  $15,1 \pm 73,8$  KBE/m<sup>3</sup> (DB) und  $17,9 \pm 36,7$  KBE/m<sup>3</sup> (AB) lagen die Keimzahlen auf DG18-Agar (37°C) um den Faktor 2-8 unter den korrespondierenden 20°C-Messungen. Die Keimzahlen der Außenluftproben lagen mit  $24,7 \pm 38,7$  höher als die der Innenraumluftproben. Signifikante Unterschiede oder Trends zwischen den Untersuchungsphasen RB, DB und AB ließen sich bei 37 °C-Inkubation nicht erkennen.

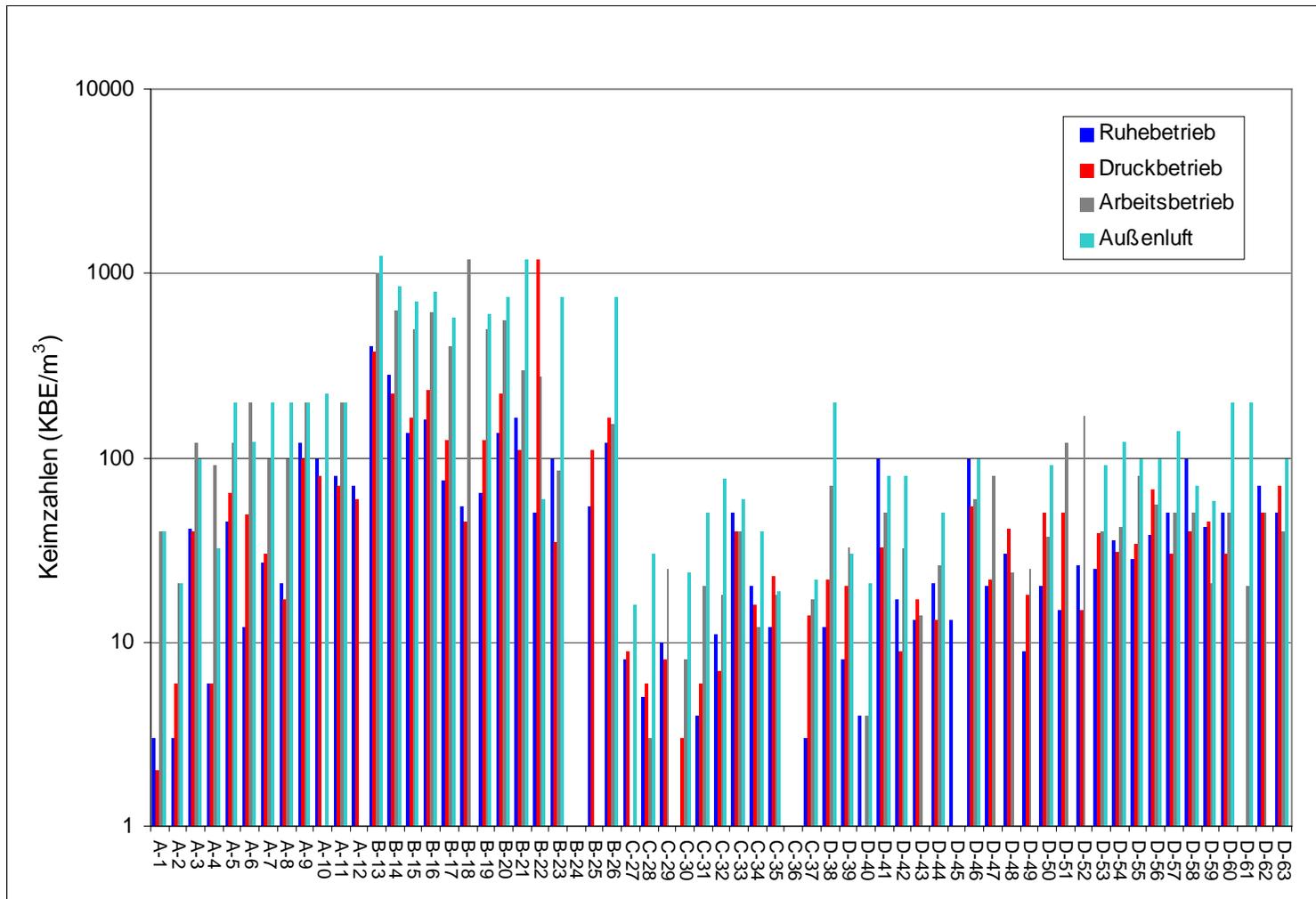
Eine Speziesdifferenzierung der gewachsenen Schimmelpilze fand aufgrund der unauffälligen Befunde nicht statt.



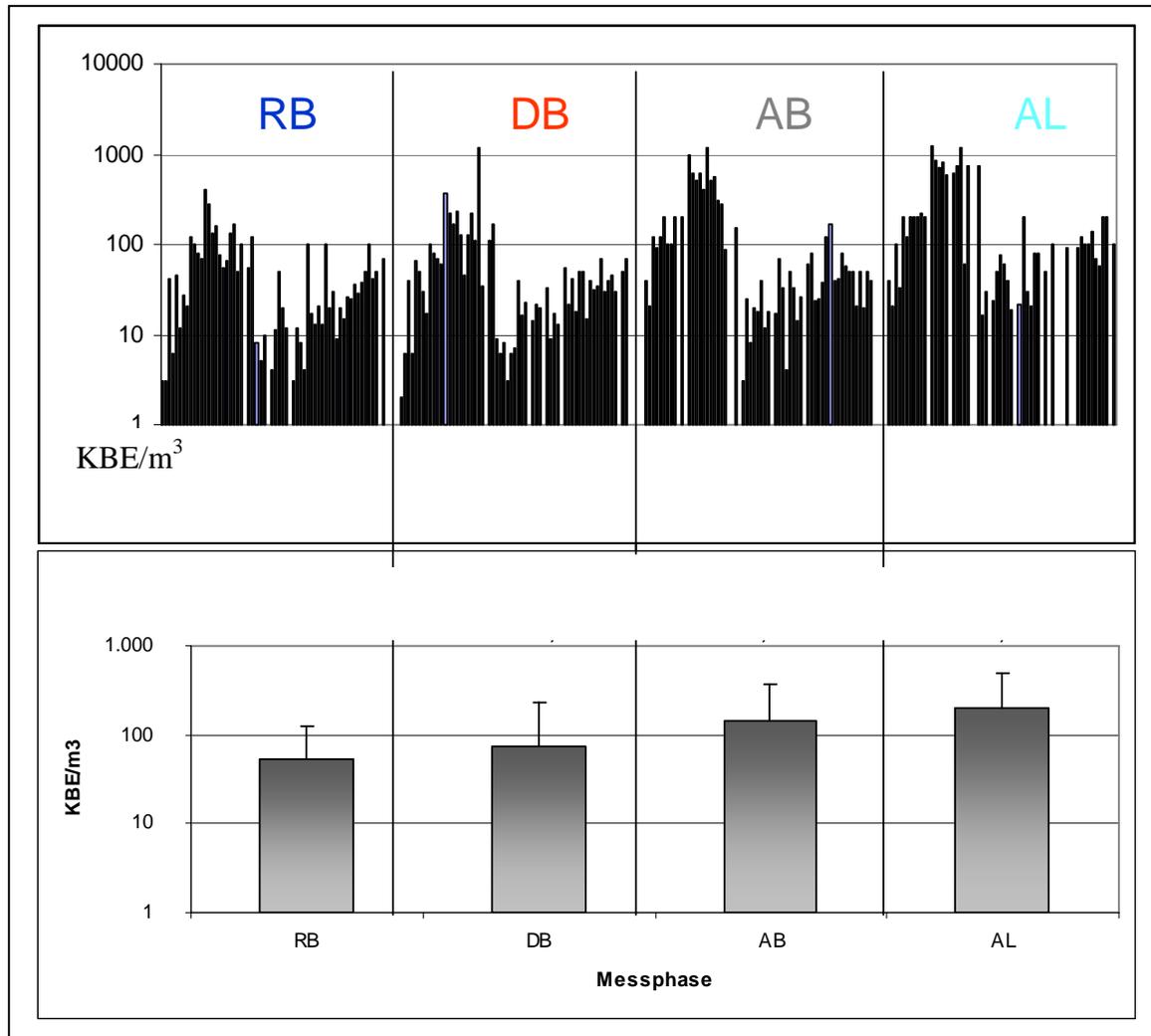
**Abbildung 47:** Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumlufte in KBE/m<sup>3</sup> auf DG-18-Agar (Inkubation: 20°C) im Vergleich zur Außenluftmessung



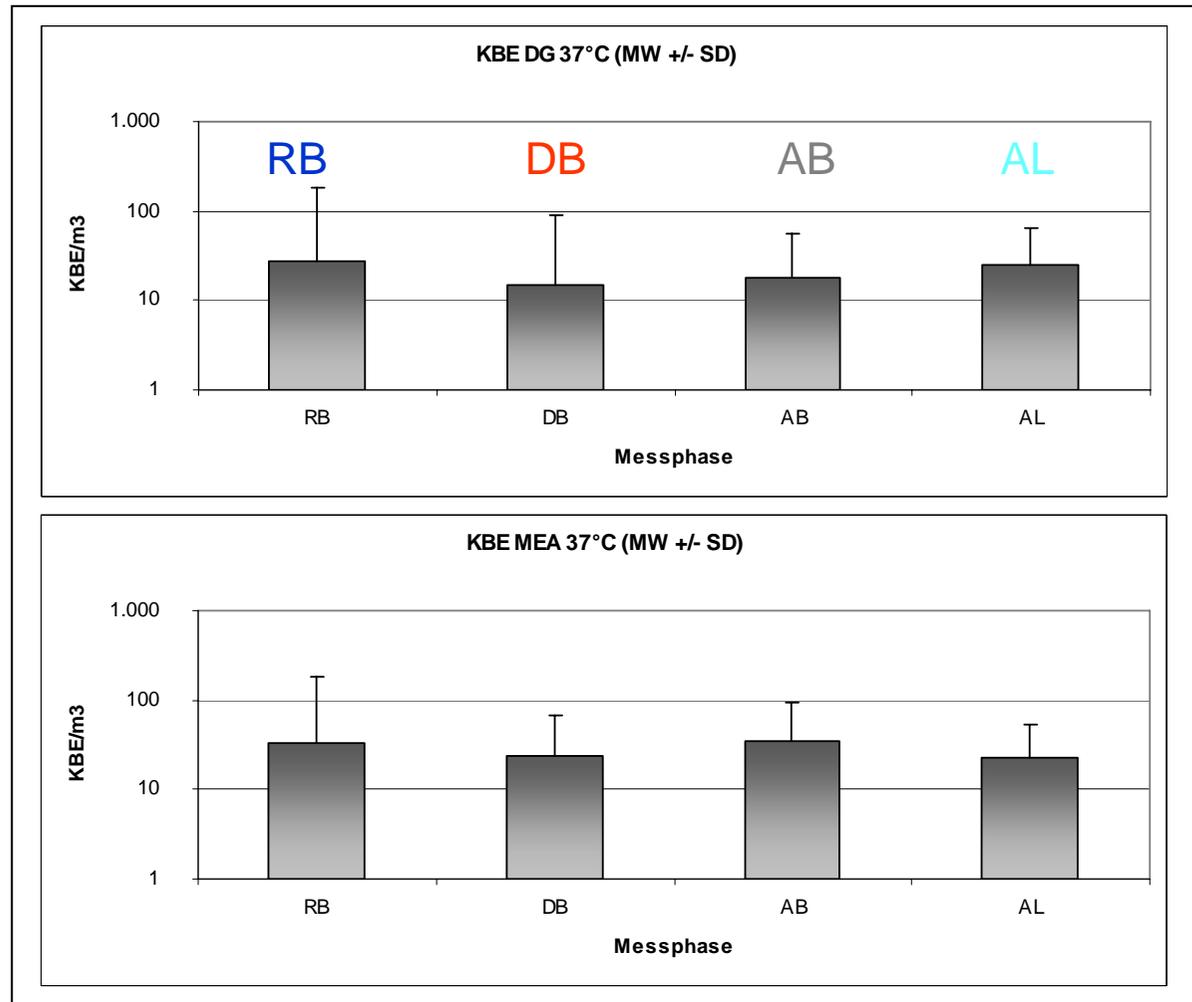
**Abbildung 48:** Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluft in KBE/m<sup>3</sup> auf DG18-Agar (Inkubation: 20°C); Originalmesswerte (oben), Berechnung von MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AL)



**Abbildung 49:** Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumlufte in KBE/m<sup>3</sup> auf MEA-Agar (Inkubation: 20°C) im Vergleich zur Außenluft



**Abbildung 50:** Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumlufte in KBE/m<sup>3</sup> auf MEA-Agar (Inkubation: 20°C); Originalmesswerte (oben), Berechnung von MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AL)



**Abbildung 51:** Ergebnisse der Schimmelpilzuntersuchungen in der Büroraumluf in KBE/m<sup>3</sup> auf DG18- (oben) und MEA-Agar (unten)(Inkubation: 37°C); Angaben in MW + SD in den Messphasen RB, DB, AB und der Außenluft (AL)

### **1.3 Diskussion der Innenraumlufdaten**

Wie Studien von Jann und Wilke (2006) sowie von Bake und Moriske (2006) in Emissionskammern zeigten, emittieren Laserdrucker und Fotokopiergeräte beim Betrieb sowohl flüchtige organische Verbindungen (VOC) wie auch partikuläre Bestandteile in die Umgebungsluft. Emissionen von VOC und Partikeln, aber auch von Ozon und Schwermetallen aus Laserdrucken und Kopieren sind in Studien belegt, die von Gminski und Mersch-Sundermann (2006) zusammengefasst wurden.

Bei der folgenden Diskussion der in Kap.1.2 dargestellten Innenraumlufmessdaten stand daher die Frage im Mittelpunkt, ob mit dem eingesetzten Messgeräterepertoire und der Messstrategie Veränderungen der Innenraumlufqualität, insbesondere der VOC- und Partikelkonzentrationen durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten in Büroräumen erfasst werden können.

Die daran anschließende relevante Frage war, ob es Indikationen dafür gibt, dass die in den Büroräumen erhobenen Messergebnisse der chemischen und physikalischen Parameter der Innenraumlufqualität – insbesondere aufgrund der Emissionen während des Druckbetriebs - quantitativ und qualitativ aus innenraumlufthygienischer oder gesundheitlicher Sicht Anlass zur Sorge geben könnten. Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Resultate der jetzt vorgelegten Studie mit denen anderer Studien zur Innenraumlufqualität verglichen sowie – soweit vorhanden - zu innenraumhygienischen Orientierungswerten und/oder toxikologisch abgeleiteten Innenraumrichtwerten in Beziehung gesetzt.

Bei der vorgelegten Studie handelt es sich um eine Pilotstudie. Zudem stellten alle 63 untersuchten Einzelräume im Hinblick auf bauliche Aspekte, Ausstattung und Möblierung, betriebene Druck- und Kopiergeräte, zusätzliche Emissionsquellen und auch Senken Unikate dar. Eine Standardisierung konnte somit – anders als in Emissionskammeruntersuchungen von Laserdruckern und Kopiergeräten - nur messseitig, nicht aber emissionsseitig vorgenommen werden.

Der Vorteil einer solchen Vorgehensweise ist offensichtlich: Während unter den standardisierten Bedingungen der Kammermessungen Emissionsdaten der Geräte in hochartifiziellen Systemen erhoben werden, spiegeln Daten in normalen Büroräumen die Realsituation wider. Ein möglicher Abgleich zwischen Kammermessung und Situation im Realraum (nach Erhebung statistisch valider Datensätze in einer Hauptstudie) bedeutet für die hygienische und

gesundheitliche Bewertung einen deutlichen Vorteil einer realistischeren Einschätzbarkeit von potenziellen Risiken und Gefahren.

Im Rahmen der Pilotstudie müssen viele Daten noch auf deskriptiver Ebene, d.h. ohne statistisch belastbares Fundament diskutiert werden. Dennoch ergaben sich aus der Studie relevante und konkrete Hinweise darauf, welchen innenraumrelevanten Aspekten des Laserdrucker- und Kopiererbetriebs in einer nachfolgenden Hauptstudie besondere Beachtung geschenkt werden sollte.

### **1.3.1 Spezifikation der Büroräume**

Die untersuchten Gebäude spiegelten sehr unterschiedliche Bauphasen wieder. So wurden die Gebäude am Standort A, C und D in den 1960er und 1970er Jahren errichtet, die Gebäude am Standort B waren überwiegend sehr neue Gebäude (1990er und 2000er).

Die älteren Gebäude befanden sich in einem unterschiedlichen Renovierungsstadium, zum Teil wurden auch kurz vor den Untersuchungen Sanierungsmassnahmen (PCB-Sanierung) durchgeführt. Wie aus den Tabellen 6 und 7 (Kap.1.2) ersichtlich wird, handelte es sich bei den untersuchten Büros zudem um sehr heterogene Räume mit unterschiedlichen Boden- und Wandmaterialien, Einrichtungsgegenständen sowie Computer- und Druckgeräteausrüstungen.

Die Heterogenität der Büroräume lag im Interesse der Pilotstudie, da geprüft werden sollte, ob die eingesetzten Methoden und Verfahren generell in der Lage sind, in Realräumen mit unterschiedlichen Emissionsquellen und Emissionsspektren im Einzelnen oder im Mittel durch den Laserdrucker- bzw. Fotokopiererbetrieb bedingte Veränderungen der Innenraumluft zu detektieren.

Zumeist handelte es sich um Büroräume mit einem oder zwei Arbeitsplätzen, allerdings wurde am Standort A auch ein Großraumbüro (A-10) untersucht, in dem 17 Studienteilnehmer tätig waren, von denen zahlreiche über toner- bzw. druckassoziierte Gesundheitsstörungen klagten.

In 36 der 63 Büroräume waren Zimmerpflanzen aufgestellt, daher wurde zusätzlich zu den Messungen chemischer Parameter eine Untersuchung auf Luft getragene Schimmelpilze durchgeführt, da unter Umständen Schimmelpilzbelastungen im Innenraum ursächlich oder mitverantwortlich für die beklagten Beschwerden sein können.

Nur wenige Büroräume verfügten über Holzböden (N=3); Linoleumböden waren in 14 Räumen (12 in den Räumen von Standort D) vorhanden, PVC-Bodenbeläge in 12 und Teppichböden in 23 Büroräumen (Tabelle 6), so dass in die Untersuchung des VOC-Spektrum auch die Terpene  $\alpha$ -Pinen,  $\Delta^3$ -Caren und Limonen (auch aus Reinigungsmitteln) aufgenommen wurden, die sowohl aus Hölzern und Holzwerkstoffen (Möbeln) wie auch aus Klebstoffen und Leimen (Lösemittel) der anderen Bodenbelagsarten in die Innenraumluft abgegeben werden können. Terpene können in höheren Konzentrationen und bei empfindlichen Personen für olfaktorische und trigeminale, d.h. sensorische und irritative Effekte verantwortlich gemacht werden.

Eine Clusterung von Räumen nach speziellen Standards oder Kriterien erfolgte aus den bereits oben dargestellten Gründen nicht, obwohl man sich diese im Rahmen anderer, nicht in dieser Studie zu beantwortenden Fragen vorstellen könnte; etwa bei Fragen nach dem Einfluss von Zimmerpflanzen oder spezifischer Baumaterialien und Raumausstattungen auf Parameter der Innenraumluftqualität.

Es erscheint notwendig, gleich zu Anfang der Diskussion darauf hinzuweisen, dass aufgrund der Vielgestaltigkeit der Drucker- und Kopiergeräteausstattung der Büroräume sowie der verschiedenartigen Druckertonerprodukte und verwendeten Papiersorten (vgl. Tabelle 7) eine Zuordnung messbarer Veränderungen der Innenraumluftqualität in der DB-Phase zu speziellen Hersteller-, Geräte-, Toner- oder Papierprodukten nicht möglich war und auch nicht in der Zielsetzung der Studie lag. Vielmehr ist zu erkennen, dass selbst baugleiche Geräte – vermutlich aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren wie Alter, Wartungszustand, Handling, Tonercharge usw. – im Hinblick auf die Innenraumluftqualität zu unterschiedlichen Resultaten führten. Die Frage nach der Analysierbarkeit hersteller-, geräte-, toner- oder papierproduktspezifischer Emissionsmuster unter Realbedingungen mit dem gängigen Repertoire der Innenraumanalytik erscheint aus den jetzt gewonnenen Daten insgesamt hypothetisch.

### **1.3.2 Temperatur und Feuchte**

Die im Mittelwert geringe, aber signifikante Erhöhung der Temperatur zwischen RB- und DB-Phase von  $21,5 \pm 1,9$  °C auf  $22,4 \pm 1,9$  °C ohne einen weiteren Anstieg in der AB-Phase, die sich auch bei Betrachtung der Medianwerte und bei 90% der bürospezifischen Einzelmessungen bestätigte, kann auf einen Einfluss des Gerätebetriebs auf die Raumtemperatur hindeu-

ten. Dieses Phänomen war zu erwarten, da durch den Dauerdruck- und/oder Kopiervorgang (Drucken von 500 SW- bzw. 250 Farbseiten) gerätetechnisch Wärme abgegeben wird.

Eine ähnliches Bild ergab sich bei Betrachtung der relativen Luftfeuchte, deren Mittelwert zwischen RB- und DB-Phase schwach signifikant von  $38,0 \pm 10,6$  rel.% auf  $38,9 \pm 10,9$  rel.% anstieg und in der AB-Phase wieder um den Betrag von durchschnittlich etwa einem Prozent abnahm. Hier ist denkbar, dass beispielsweise aus dem Papier durch den Hitze- und Druckprozess beim Bedrucken Wasser in die Umgebungsluft abgegeben wurde.

Welchen Anteil an den veränderten Temperaturen und Luftfeuchten zusätzliche Einflüsse - etwa die Anwesenheit eines Untersuchers oder das „Hochfahren“ der Gebäudeheizung vor Beginn des Arbeitsbetriebes - hatte, kann aus dem Datenmaterial nicht abgegrenzt werden.

Eine Bedeutung des geringen Anstiegs von Temperatur und Luftfeuchte im Druckbetrieb im Hinblick auf eine Störung der Befindlichkeit der in den Räumen arbeitenden Büroangestellten kann hieraus nicht abgeleitet werden. Vielmehr sind vereinzelt insgesamt zu niedrige oder zu hohe Temperaturen bzw. zu niedrige Feuchten (<35%) in den untersuchten Räumen zu beobachten gewesen. In Auslegungen der Arbeitsstättenverordnung (2004) muss die Raumtemperatur in Arbeitsräumen mindestens 20°C betragen und sollte 26°C nicht überschreiten; die Luftfeuchte sollte etwa 50% betragen.

### **1.3.3 Anorganische Gase**

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie erwies sich die orientierende Messung der anorganischen Gase mittels Multigasanalyser M6000 als nicht sensitiv genug, um Veränderungen der Innenraumluftqualität – insbesondere durch den Betrieb von Druckern und Kopiergeräten – verlässlich zu identifizieren. Der Einsatz empfindlicherer Sensoren scheiterte vor allem an dem technischen Aufwand (zumeist große und schwere Geräte), da die Büroräume aufgrund der zahlreichen Mess- und Probenahmeeinrichtungen ohnehin technisch bereits überfrachtet waren. Für nachfolgende Studien stellen sich hier insbesondere Fragen hinsichtlich der Messlogistik und der gegenseitigen Beeinflussung von Messeinrichtungen.

Beim Ozon (O<sub>3</sub>), das technologiebedingt aus Druckern und/oder Kopiergeräten während des Druckvorgangs freigesetzt werden kann, wurde bei nur 2 Messungen im Druckbetrieb und bei 4 Messungen im Arbeitsbetrieb ein Wert an der Nachweisgrenze des Verfahrens von 0,01 ppm (20 µg/m<sup>3</sup>) ermittelt. Aus den unter Kap. 1.2.1 beschriebenen Raum- und Gerätespezifi-

kationen lassen sich dabei keine Besonderheiten erkennen, die diese moderaten Ozonwerte erklären könnten. Da hier die Messungen zudem in der kalten Jahreszeit durchgeführt wurden, ist ein Einfluss der Außenluft (Sommersmog) auf die Innenraumkonzentrationen eher unwahrscheinlich.

Für eine nachfolgende Hauptstudie erscheint es trotz des dann hohen apparativen Aufwandes angebracht, sensitivere Gasmessgeräte insbesondere zur Ozonmessung, z.B. nach dem Prinzip der Chemolumineszenz einzusetzen.

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wurde als Indikator für einen mangelhaften Luftwechsel bzw. mangelhafte Luftqualität in den Büroräumen bestimmt. Erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Innenraum können mit Symptomen wie Müdigkeit und Konzentrationsschwäche korrelieren (Gesundheitsamt Bremen 2007), ohne das CO<sub>2</sub> selbst ursächlich an den Symptomen beteiligt zu sein scheint. Die CO<sub>2</sub>-Messung zielte deshalb primär darauf ab, gegebenenfalls erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen während des Arbeitsbetriebs (AB-Phase) als Einflussfaktoren für Befindensstörungen auszuschließen und nicht darauf, druckerspezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erkennen.

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Büroräumen erreichte 17-mal maximale Werte von 0,1 Vol.-% (entsprechend 1000 ppm; N=2 im RB, N=11 im DB, N=4 im AB). Der hygienische Zielwert der CO<sub>2</sub>-Innenraumlufkonzentration liegt ebenfalls bei 1000 ppm (Pettenkofer-Zahl), so dass Auswirkungen auf das Befinden durch die gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen nicht zu erwarten waren (MAK-Wert: 5000 ppm).

Die Anzahl der erhöhten CO<sub>2</sub>-Messungen in der DB-Phase (11 von 17; 65%) deutet primär darauf hin, dass sich bei noch verschlossenen Büroräumen für längere Zeit Untersucher im Raum aufgehalten hatten. Es kann spekuliert werden, dass es dann in der AB-Phase durch das vermehrte Öffnen von Türen und Fenstern nur selten zu einem CO<sub>2</sub>-Anstieg kam; und zwar in 3 der 4 identifizierten Räume (A-3, C-29, C-34, C-36).

Für zukünftige Untersuchungen sollte dennoch nicht auf eine begleitende CO<sub>2</sub>-Messung verzichtet werden, da CO<sub>2</sub> als Vergleichsparameter im Rahmen der Bewertung der Raumluftqualität aussagekräftig ist.

### **1.3.4 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)**

#### **1.3.4.1 Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)**

Die in den 63 Büroräumen gemessenen TVOC-Werte mit Konzentrationen von im Median  $26,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (AB-Phase) und  $38,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (DB-Phase) lagen im Vergleich zu Innenraum- und Außenluftmessungen von Rehwagen et al. (2003), die 1499 Innenräume und 222 Außenluftproben untersuchten, zwischen den Medianwerten der Innenraum- und Außenluftmessungen. Die Differenzen in den medianen TVOC-Konzentrationen können durch verschiedene Variable erklärt werden: So wurden in der vorliegenden Studie Büroräume und keine Wohnräume untersucht, die von Ausstattung und Einrichtung unterschiedlich beschaffen sind, die Probenahme (Aktivsammlung versus Passivsammlung) war unterschiedlich und die TVOC-Bestimmungen in der vorliegenden Studie basierten auf Toluoläquivalenten und nicht auf der Summation von Einzelsubstanzen auf der Basis von stoffspezifischen Kalibrierungen, wie für die TVOC-Bestimmung von Rehwagen et al. (2003) durchgeführt. Relevant für die Fragestellung der vorliegenden Studie waren zwar einerseits die absoluten TVOC-Konzentrationen, vielmehr aber, ob maßgebliche Veränderungen der TVOC-Konzentrationen zwischen den RB-, DB- und AB-Phasen identifiziert werden konnten.

Wie auch bei anderen der gemessenen Innenraumparameter wird auch bei der Messung der TVOC-Konzentrationen die erhebliche Variabilität zwischen den unterschiedlichen Büroräumen und Messphasen erkennbar (Abbildung 8). Während sich im arithmetischen Mittel und in den Medianen dabei keine Veränderung der TVOC-Konzentrationen zwischen RB- und DB-Phase zeigte, konnten bei den raumspezifischen Betrachtungen in 22 Büroräumen ein Anstieg (Abbildung 9) und in 25 Büroräumen ein Abfall (Abbildung 10) der TVOC-Konzentration zwischen der RB- und DB-Phase erkannt werden.

Diese beobachtete, raumspezifische Zunahme oder Abnahme der TVOC-Konzentrationen kann unter Umständen so interpretiert werden, dass der Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten gerätespezifisch und/oder raumspezifisch zu einer Zunahme oder Abnahme der Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen in der Innenraumluft führen kann und somit Druckgeräte existieren, die die Innenraumluftqualität hinsichtlich des TVOC-Wertes verschlechtern oder verbessern können. Allerdings muss hier eine Überinterpretation der vorliegenden Daten vermieden werden. Bei der Betrachtung der einzelnen Büroräume handelt es sich um eine rein deskriptive Betrachtung und zudem liegen die Unterschiede in den phasen-

spezifischen Messungen innerhalb der Variabilität der Methode. In einer der Pilotstudie folgenden Hauptstudie sollte deshalb eine statistisch verwertbare Wiederholungsmessung in auffälligen Räumen durchgeführt werden.

Die mittlere Abnahme der TVOC-Konzentrationen zwischen DB- und AB-Phase ist wahrscheinlich auf die Zunahme des Luftwechsels in den Büroräumen durch Öffnen von Fenstern und Türen zurückzuführen.

Gesetzlich geltende Grenzwerte existieren für VOC-Gemische in Innenräumen nicht. Bewertet man die insgesamt gemessenen TVOC-Konzentrationen auf der Basis der Empfehlungen der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt (IRK 2007) ist in Räumen mit TVOC-Konzentrationen zwischen 10 - 25 mg/m<sup>3</sup> ein täglicher Aufenthalt allenfalls vorübergehend zumutbar. In Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, sollte auf Dauer eine TVOC-Konzentration zwischen 1 mg/m<sup>3</sup> und 3 mg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden. Das Ziel sollte sein, in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 0,2 - 0,3 mg/m<sup>3</sup> zu erreichen oder nach Möglichkeit zu unterschreiten (vgl. auch Seifert 1999).

Unter den Vorgaben der Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes (UBA) waren daher in allen Büroräumen die raumlufthygienischen Zielkriterien erfüllt. Hygienisch bedenkliche oder gar aus gesundheitlicher Sicht kritische TVOC-Konzentrationen waren in den untersuchten Räumen nicht zu finden.

#### **1.3.4.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)(Einzelstoffe)**

Die Bestimmung der Konzentrationen der einzelnen, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) erfolgte auf Basis von Einzelstoffkalibrierungen und beruhten auf Doppelaktivsammlungen auf Air Toxic<sup>®</sup>-Tubes. Die mittleren Konzentrationen mit Standardabweichungen, Medianwerten und Maxima sowie die 25. und 75. Perzentilen der 14 identifizierten VOC sowie der nicht identifizierten VOC sind in den Abbildungen 11 und 12, sowie nach den Messphasen RB, DB und AB differenziert in Abbildung 13 wiedergegeben.

Insbesondere wurde auf VOC fokussiert, die von Jann und Wilke (2006) als Emissionen aus Laserdruckern und Fotokopiergeräten in Emissionskammerprüfungen identifiziert wurden. So konnten die dort gefunden Aromaten Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (BTEX-Aromaten), sowie Styrol und Benzaldehyd auch in der Innenraumluft der untersuchten Büro-

räume nachgewiesen werden. Die Auswahl der Einzelverbindungen erfolgte weiterhin auf der Basis bisher bekannter Einzelverbindungen, die „typischerweise“ während des Betriebs von Druckmaschinen emittiert werden (Jann et al. 2003, Möller et al. 2004, Kagi 2006) bzw. auf der Basis der in Innenräumen üblicherweise vorkommenden Einzelverbindungen (z.B. Rehwagen et al. 2003). Daneben sind  $\alpha$ -Pinen, 3-Caren und Limonen typischerweise in vielen Innenräumen – so auch in Büroräumen - zu finden. Die Quantifizierung erfolgte im Totalionenstromchromatogramm (TIC), so dass mittels typischer Fragment-Ionen und der Retentionszeit eine sichere Identifizierung möglich war. Die Verbindungen Benzol und Styrol, deren Peaks im Chromatogramm mit anderen VOC überlappten, wurden anhand ihrer charakteristischen Fragment-Ionen im SIM-Modus bestimmt.

In den meisten Fällen fanden sich auch quantitativ relevante Emissionen an VOC, die sich einer sicheren Identifizierung entzogen und als „unidentifizierte VOC“ über Toluol-Äquivalente quantifiziert wurden. Sie machen im Mittel einen Großteil der auf der Basis von Toluol-Äquivalenten ermittelten TVOC-Konzentrationen aus.

Neben den hier aufgeführten VOC sollen auch zyklische Siloxane mit hohen Emissionen beim Druckvorgang auftreten (Wensing et al. 2006). Sie verdampfen langsam, sind geruchlos und besitzen offensichtlich keine irritative Wirkung auf Haut und Schleimhäute. Anhand von typischen Fragment-Ionen konnte als unidentifiziertes VOC in erster Linie das Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) gefunden werden. Weitere Siloxane wie das Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) oder das Decamethylcyclopentasiloxan (D5) wurden in unseren Untersuchungen nicht gefunden. Eine Quantifizierung von D3 über typische Fragment-Ionen und Retentionszeiten in den Proben der untersuchten Phasen könnte nachträglich durchgeführt werden, da entsprechende Referenzsubstanzen vorliegen. Phenol, das regelmäßig aus elektrischen Geräten emittiert (Jann und Wilke 2006, Möller et al. 2004), wurde in keiner der Innenraumluftproben gefunden. Dies scheint auch ein Hinweis dafür zu sein, dass Druckgeräte in der vorliegenden Studie keinen maßgeblichen Einfluss auf die VOC-Zusammensetzung der Büroraumlufthaben.

Vergleicht man die mittleren (Abbildung 11) und maximalen (Abbildung 12) Konzentrationen der 14 hauptsächlich identifizierten VOC aus den Büroraummessungen mit den Daten von Rehwagen et al. (2003) aus 1499 normalen Wohnungen, so konnten überwiegend vergleichbare Konzentrationsbereiche gefunden werden. So wurde Benzol in den von uns untersuchten Büroräumen im Mittel mit  $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Maximum:  $52,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) gefunden, Toluol mit  $20 (86,4) \mu\text{g}/\text{m}^3$  und m/p-Xylol mit  $6,8/12 (43,4/104,7) \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In den normalen Wohninnenräumen

fanden sich für Benzol mittlere Konzentrationen von  $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Maximum:  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für Toluol  $32 (813) \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für m/p-Xylol mit  $9,6 (2500) \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Rehwagen et al. 2003).

Für Ethylbenzol konnten im Mittel in den Büroräumen mit  $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höhere Konzentrationen im Vergleich zu den Innenraummessungen von Rehwagen et al. (2003) ermittelt werden, die im Mittel nur  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ethylbenzol fanden, wobei die Maxima mit  $48,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Büroräumen gegenüber den Maxima in den Innenräumen von Rehwagen et al. (2003) mit  $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$  allerdings deutlich niedriger lagen.

Bei Styrol lagen die Konzentrationen der Büroraummessungen im Mittel mit  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  über denen der Innenraumlufthanalysen von Rehwagen et al. (2003) ( $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); allerdings deutlich niedriger als die Konzentrationen, die von Park und Ikeda (2006) im Rahmen einer VOC-Studie in 1417 Häusern angegeben wurde [ $64 \pm 190 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (MW  $\pm$  SD) für neuere Häuser].

Auch bei anderen, innenraumrelevanten VOC, so etwa den Terpenen  $\alpha$ -Pinen,  $\Delta^3$ -Caren und Limonen, fanden sich vergleichbare Konzentrationsbereiche in Büroräumen und normalen Wohninnenräumen.

Bei Betrachtung der einzelnen VOC-Konzentrationen in den Büroräumen war jedoch ebenfalls nachgeordnete Fragestellung, ob die Raumlufkonzentrationen denen von normalen Wohninnenräumen entsprachen. Vielmehr musste auf die Frage fokussiert werden, ob durch den Betrieb von Laserdruckern und Fotokopieren eine zusätzliche Belastung der Innenraumluft mit VOC festgestellt werden kann. Da schon bei den mittleren TVOC-Konzentrationen zwischen RB- und DB-Phase keine Veränderung der Innenraumluftqualität im Hinblick auf eine Zunahme von VOC zu erkennen war, war dies im Hinblick auf die Mittelwerte einzelner VOC auch nicht zu erwarten. Dies spiegelt sich auch in Abbildung 13 wider, in der die Mittelwerte und Mediane der einzelnen VOC differenziert nach den RB-, DB- und AB-Phasen dargestellt sind.

Allerdings erkennt man auch hier bei Betrachtung der Einzelmessungen, dass in einzelnen Büroräumen zusätzliche Belastungen mit einzelnen VOC zu resultieren scheinen, so etwa in Raum C-37, in dem die Benzolkonzentration in der DB-Phase von etwa  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anstieg, um dann in der AB-Phase wieder auf  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abzufallen (Abbildung 14). Gleiches konnte in diesem Raum für die Konzentration an Styrol erkannt werden (Abbildung 15). Ein ähnliches Ergebnis wurde für Raum D-46 gefunden, in dem sich die Benzolkonzentration zwischen RB- und DB-Phase von 5 auf  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verdoppelte und in der AB-Phase wieder auf  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abfiel. Auch hier ist Vorsicht bei der Dateninterpretation geboten, da es

sich um Einzelmessungen handelte und Außenluftmessungen zur Ermittlung externer Quellen (z.B. Benzol) nicht durchgeführt wurden. In solchen Räumen sollte nach Wiederholungsmessungen mit gleichem Ergebnis eine Quellensuche durchgeführt werden.

Eine hygienische oder gesundheitliche Bewertung der in den Büroräumen gemessenen VOC war prinzipiell nicht Aufgabe der vorliegenden Studie, die primär Verfahren, Methoden und Logistiken zur Erfassung von Veränderungen der Innenraumluftqualität durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten entwickeln sollte. Dennoch muss im Rahmen der Verbindung zum probanden- und gesundheitsbezogenen Teil der vorliegenden Studie Stellung dazu genommen werden, ob bei den vorliegenden Innenraummesswerten überhaupt eine Wahrscheinlichkeit einer hygienischen oder gesundheitlichen Beeinflussung der dort arbeitenden Menschen angenommen werden kann.

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) sind sicherlich zur gesundheitlichen Bewertung der Innenraumluftqualität von Büroräumen nicht das richtige Instrument, da druckerbestückte PC-Arbeitsplätze heute auch in vielen Privathaushalten zu finden sind und an Büroarbeitsplätzen aus rechtlicher Sicht MAK-Werte keine Geltung besitzen.

Die Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt (IRK 2007) hat zur raumlufthygienischen Bedeutung einiger der auch in den Büroräumen gemessenen VOC bereits Stellung genommen und hierzu toxikologisch begründete, so genannte RW-I und RW-II-Werte abgeleitet. Dabei ist „Richtwert II (RW II) ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen beziehungsweise Überschreiten unverzüglich gehandelt werden sollte, da diese Konzentration, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung darstellen kann.“ Richtwert I (RW I) stellt demgegenüber „die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft dar, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Eine Überschreitung ist mit einer hygienisch unerwünschten Belastung verbunden“.

Die bereits definierten RW-I-Werte für Toluol ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Styrol ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und  $\alpha$ -Pinen ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wurden in den untersuchten Büroräumen nicht überschritten, so dass eine gesundheitliche Beeinträchtigung hier nicht zu erwarten ist. Gleiches gilt auch die TVOC-

Konzentrationen, die mit maximal  $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich unterhalb eine hygienisch bzw. gesundheitlichen Schelle liegen.

Auch im Vergleich zu den in der NIK-Werte-Liste des Bewertungsschemas des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB 2005) genannten niedrigsten interessierenden Konzentrationen (NIK; synonym: LCI: lowest concentration of interest) lagen auch die Maximalkonzentrationen der jetzt in den Büroräumen gemessenen VOC zumeist deutlich niedriger, d.h. eine hygienische oder gar gesundheitliche Bedeutung der in den Büroräumen gemessenen Einzelkonzentrationen ist auch auf Basis der NIK-Werte nicht anzunehmen. So nennt das AgBB-Schema als NIK-Werte für Methylcyclohexan  $20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für Toluol  $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für Ethylbenzol  $4400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für n-Propylbenzol  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für das Xylolischeremisch  $2200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für 1,3,5-Trimethylbenzol  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für Styrol  $860 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für die Terpene  $\alpha$ -Pinen,  $\Delta^3$ -Caren und Limonen jeweils  $1400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für Benzaldehyd  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für Acetophenon  $490 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anzumerken ist hier, dass sich die NIK-Werte dabei schematisch in der Regel aus europäischen Arbeitsplatzgrenzwerten oder chemischen Analogien ableiten und primär für Kammeremissionsexperimente gelten.

In einer nachfolgenden Hauptstudie sollte erwogen werden, auffällige Büroräume, d.h. Büroräume, in denen es zwischen RB- und DB-Phase zu einem deutlichen Anstieg einzelner, aus hygienischer oder gesundheitlicher Sicht kritischer VOC kommt, unter gleichen Bedingungen und im Vergleich zur Außenluft nachzumessen.

### **1.3.5 Stäube / Partikel**

#### **1.3.5.1 Partikel mit aerodynamischem Durchmesser $\geq 0,23$ bis $\geq 20 \mu\text{m}$**

Die in den Büroräumen gemessenen Staubkonzentrationen mit einem aerodynamischen Durchmesser von  $0,23 - >20 \mu\text{m}$  lagen in der Raumluft im Mittel zwischen etwa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wie in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt, lagen die mittleren Staubkonzentrationen aller Räume für die RB-Phase bei  $59,5 \pm 23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $57,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für die DB-Phase bei  $70,7 \pm 28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $68,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für die AB-Phase bei  $81,7 \pm 38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $74,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Obwohl auch Raucher/innen unter den Büroangestellten waren, wurde nach Angabe normalerweise in den Räumen nicht geraucht.

Die Messungen erfolgten mit einem Laserpartikelmonitor der Fa. Grimm (Typ 1.108) im differentiellen Modus, wodurch 16 Partikelfractionen zwischen  $>0,23$  bis  $>20 \mu\text{m}$  getrennt er-

fasst werden konnten (vgl. Abbildungen 21-23). Die Berechnung der Massen erfolgte über die den jeweiligen Kanälen zugeordneten, mittleren sphärischen Partikeldurchmesser unter Einbeziehung eines Dichtefaktors von 2,2. Damit stellt die Messung eine Näherung an die reale Masse dar. Es sollte jedoch erwähnt werden, dass nicht vorauszusetzen ist, dass die aus Laserdruckern und Kopierern emittierten Partikel tatsächlich eine mittlere Dichte von  $2,2 \text{ g/cm}^3$  aufweisen, so dass hier ein systematischer Fehler zu erwarten ist. Im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie war es jedoch vornehmliche Aufgabe, Partikelemissionen zwischen den verschiedenen Messphasen zu differenzieren, so dass absolute Partikelkonzentrationen eine untergeordnete, wenn auch nicht zu vernachlässigende Rolle spielen. Für zukünftige Studien sollte daher eine Dichtebestimmung der aus den Geräten emittierten Partikel erfolgen, so dass dann über den dann zugrunde liegenden geräteinternen und kalibrierten Algorithmus eine zuverlässigere Näherung erreicht werden kann.

Da in dem Partikelzähler zusätzlich PTFE-Filter installiert waren, die jeweils zwischen der RB-, DB- und AB-Phase gewechselt wurden, wurde auch die gravimetrische Bestimmung der Staubmassen versucht, wobei selbst bei den dann bestimmten hohen Staubkonzentrationen von etwa  $250 \mu\text{g/m}^3$  und phasenspezifischen Sammelzeiträumen von bis zu 60 Minuten bei einem Volumenstrom des Gerätes von  $1,2 \text{ L/min}$  nur Filterbeladungen von absolut  $\leq 20 \mu\text{g}$  erwartet werden konnten. Trotz standardisierter Konditionierung der Filter mit Wägung vor und nach Beladung blieben erwartungsgemäß die Messergebnisse mittels Ultramikrowaage CP225D (Sartorius) aufgrund der niedrigen absoluten Filterbeladungsmassen inkonsistent (untere Anzeigegrenze der Waage von  $10 \mu\text{g}$  bei einer Messgenauigkeit von  $100 \mu\text{g}$ ).

In einer folgenden Hauptstudie sollten daher parallel und orientierend Staubsammler für die Gravimetrie und Analyse über längere Sammelzeiträume und/oder mit hohen Volumenströmen in den Büroräumen eingesetzt werden, um quantitative Grundbelastungen und qualitative Eigenschaften der gesammelten Stäube zu erfassen. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Eruierung der verursachenden Quellen im DB-Betrieb von Bedeutung, da hier auch gesundheitliche Beschwerden berichtet wurden. Im Moment stehen im Hinblick auf Stäube nur quantitative Daten (Staubkonzentrationen) zur Verfügung.

Im Mittel konnte ein Anstieg der Staubkonzentrationen von der RB-Phase zur DB-Phase, nicht aber von der DB-Phase zur AB-Phase festgestellt werden, was für eine Beteiligung des Druckvorgangs an einer Erhöhung der Staubkonzentration im Innenraum spricht. Als Arbeitshypothese war eine solche Beteiligung der Druckprozesse an den Gesamtstaubkonzentrationen im Innenraum auch erwartet worden, da durch die elektrischen, mechanischen und

thermischen Prozesse beim Druckvorgang sowohl Toner- und Papierstäube wie auch Abriebprodukte von Gerätematerialien freigesetzt werden können.

Interessant ist dabei der Vergleich der in den Büroräumen gemessenen Staubmengen zu den Staubkonzentrationen in anderen Innenräumen; z.B. normalen Wohnräumen oder öffentlichen Gebäuden. Die in der Literatur zugänglichen Werte zu Staubmessungen in Innenräumen unterscheiden sich dabei allerdings vielfach durch die eingesetzten Sammel- und Zählverfahren sowie in der Messung und Darstellung der Ergebnisse als beispielsweise E-Staub (einatembare Staubfraktion), A-Staub (alveolengängige Staubfraktion), RPM (respirable particulate matter), TSP (total suspended particulates), PM<sub>2,5</sub> oder PM<sub>10</sub>. Nicht selten ist daher nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der Studien untereinander gegeben.

Im Folgenden sollen PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentrationen aus einigen Veröffentlichungen betrachtet werden, um sie mit den Werten der in der vorliegenden Studie gemessenen Staubkonzentrationen (0,23->20 µm) sowie den daraus ermittelten PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentrationen zu vergleichen. So gab Fromme (2006) einen tabellarischen Überblick über weltweit publizierte Studien zu Staubbelastungen in Wohninnenräumen, wobei insgesamt mediane Feinstaubkonzentrationen zwischen 10,8 und 71,2 µg/m<sup>3</sup> angegeben wurden. In Schulen wurden für die PM<sub>10</sub>-Belastung vom gleichen Autor Konzentrationen von insgesamt knapp 30 µg/m<sup>3</sup> bis etwa 300 µg/m<sup>3</sup> angeführt (Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit 2006), für Kneipen und Diskotheken PM<sub>10</sub>-Werte >1000 µg/m<sup>3</sup>, wobei zum Teil die gleiche Messtechnik zum Einsatz kam.

Damit liegen auch die in der vorliegenden Studie in den Büroräumen gemessenen, medianen Staubkonzentrationen der RB-Phase mit 57,0 µg/m<sup>3</sup>, (bei PM<sub>10</sub>: 35,8 µg/m<sup>3</sup>), aber auch in den Spitzenkonzentrationen aller Untersuchungsphasen innerhalb der auch von anderen Autoren angegebenen Schwankungsbreiten; wobei die Konzentration der PM<sub>10</sub>-Fraktionen in der RB-Phase 58,3%, in der DB-Phase 59,2% und in der AB-Phase 59,3% der mittels des eingesetzten Grimmzählers ermittelten Staubkonzentrationen zwischen 0,23 µm und >20 µm betrug (vgl. Abbildung 18d). 54,5% (RB) 58,8% (DB) und 67,7% (AB) der ermittelten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen waren jeweils der PM<sub>2,5</sub>-Fraktion zuzuordnen.

Die Ergebnisse der Staub- und Feinstaubmessungen zeigten, dass die mittleren Konzentrationen der Staubbelastung in den untersuchten Büroräumen in der Größenordnung anderer, z.B. privater Wohninnenräume oder Schulen lagen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass aus messtechnischen Gründen „quellnah“ gemessen wurde und die Ergebnisse daher nicht die

Durchschnittskonzentration im Büroraum wiedergeben können. Diese sind vermutlich geringer. Auch aufgrund der durchgeführten Kurzzeitmessungen ist eine belastbare Expositionsabschätzung insbesondere auch chronischer Expositionen auf Basis der vorliegenden Staubdaten nicht möglich, wohl aber eine Abschätzung von kurzzeitigen Spitzenexpositionen.

Die Feinstaubquellen im Innenraum sind mannigfaltig und sollen an dieser Stelle nicht näher diskutiert werden. Bei Betrachtung der mittleren Konzentrationen der Staubbelastung in den Büroräumen sowie der Datensätze einzelner Büroräume kann jedoch generell erkannt werden, dass durch den Betrieb von Druckern und Kopiergeräten eine Zunahme der Staubbelastung möglich oder wahrscheinlich ist (Abbildung 20), die im Einzelfall während der AB-Phase allerdings nochmals erheblich zunehmen kann; z.B. in den Räumen C-35, D-44 und D-45. Eine innenraum- oder personenspezifische Ursache für diesen Anstieg in der AB-Phase, z.B. Rauchen konnte durch die mitgeführten Protokolle nicht gefunden werden. Im Hinblick auf die derzeitigen Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen akuter und chronischer Feinstaubexpositionen (vgl. GSF 2007) sollten zusätzliche Quellen auch im Innenraum vermieden werden.

Vergleicht man die in den Büroräumen gemessenen Feinstaubkonzentrationen ( $PM_{10}$ ) von im Median zwischen 35,8 und 47,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mit den regulatorischen Vorgaben der für die Außenluft gültigen EU-Richtlinie 1999/30/EG (Europäische Gemeinschaft 1999), so werden die dort vorgegebenen 24-Stunden-Mittelwerte (Grenzwerte für den Schutz der menschlichen Gesundheit), die an maximal 35 Tagen überschritten werden dürfen, in den Büroräumen annähernd erreicht und in den Spitzen zum Teil erheblich überschritten. Aufgrund der Unterschiede in den Mess- und Bewertungsverfahren für die jetzigen Innenraumluft- und Außenluftmessungen, aufgrund der unterschiedlichen Expositionsszenarien sowie aufgrund der anzunehmenden, verschiedenartigen Zusammensetzung der Partikel ist jedoch eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der gesundheitlichen Bedeutung derzeit schwierig. Da sich die Menschen in den gemäßigten Breitengraden etwa 90% des Tages im Innenraum aufhalten, muss den Feinstaubkonzentrationen im Innenraum – auf Grundlage der gegenwärtigen Erkenntnisse über die Wirkungswahrscheinlichkeiten von Feinstäuben auf den Menschen - aus gesundheitlicher Perspektive ein höherer Stellenwert eingeräumt werden, als den Staubexpositionen über die Außenluft. Dieser Aspekt sollte im Sinne eines umweltbezogenen Gesundheitsschutzes in naher Zukunft wissenschaftlich evaluiert und kritisch diskutiert werden.

Vergleichende und parallele Messungen der Staub- bzw. Feinstaubkonzentrationen in der Außenluft wurden in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt. Dieses Procedere findet seine

Begründung in der Tatsache, dass die differenzielle Betrachtung der Staubkonzentrationen zwischen den Messphasen RB und DB von primärem Interesse war, wohingegen absolut höhere oder niedrigere Konzentrationen des Staubes im Innenraum gegenüber der Außenluft in den Hintergrund traten. Zudem wurden die Messungen im Innenraum als Kurzzeitmessungen und kontinuierlich sowie bei geschlossenen Fenstern quasi als Interventionsmodell (Starten des Druckvorganges zu einem definierten Zeitpunkt) durchgeführt, so dass die Interpretation der Staubdaten im Innenraum im Hinblick auf eine mögliche Beeinflussung durch die Außenluft, z.B. durch Emissionen des Straßenverkehrs auch ohne separate Außenluftmessungen möglich war. Dies betrifft auch die Untersuchung der ultrafeinen Partikel (s. Kap. 1.3.5.2).

In einer nachfolgenden Hauptstudie sollte auch der qualitativen Analyse der Feinstäube in den Büroräumen Rechnung getragen werden, um spezifische Komponenten aus dem Betrieb von Laserdruckern und Fotokopiergeräten identifizieren und hinsichtlich möglicher Gesundheitswirkungen bewerten zu können.

### **1.3.5.2 Partikel mit Durchmesser 0,01 µm bis 1,0 µm**

Die Herkunft und Bedeutung des in der DB-Phase auftretenden „initialen Burst“ (Abbildungen 26-30), bei dem sich durch den Start des Druckvorgangs die Zahl von ultrafeinen Partikeln in der Innenraumlufte in der Spitze um eine Zehnerpotenz erhöhen kann, ist bisher ungeklärt.

Im Mittel konnte ein Konzentrationsanstieg von etwa 11.000 Partikel/cm<sup>3</sup> in der RB-Phase auf etwa 23.600 Partikel/cm<sup>3</sup> in der DB-Phase beobachtet werden, wobei durch die initiale Peak-Charakteristik der Teilchenkonzentrationen und der Dauer der einzelnen Messphasen über jeweils etwa 30-60 Minuten eine Mittelung der Werte möglicherweise zu einer Unterschätzung der hygienischen und/oder gesundheitlichen Bedeutung der Spitzenkonzentrationen führen kann. Daher wurden in den Abbildungen 26-30 einige charakteristische Konzentrationsverläufe der Partikelkonzentrationen in der Innenraumlufte über die gesamte Messdauer dargestellt, aus denen auch ersichtlich wird, dass die Teilchenkonzentrationen nach dem initialen Burst bereits während des weiterlaufenden Druckvorgangs wieder abnimmt und wie im Falle von Raum B-14 oder B-21 annähernd die Ausgangskonzentrationen der RB-Phase erreicht. Eine Erklärung für dieses Verhalten kann derzeit nicht gegeben werden.

Die Größenordnung der im Innenraum messbaren Partikelkonzentrationen war zudem insgesamt recht unterschiedlich und konnte keinen spezifischen Raum- oder Gerätecharakteristika zugeordnet werden (Abbildung 24).

Vergleichbare Effekte des Betriebs von Laserdruckern auf die Emission bzw. Entstehung ultrafeiner Partikel fanden auch Bake und Moriske (2006), die Drucker in Emissionskammern untersuchten (und hierbei auch geringere Erhöhungen der Partikelkonzentrationen bei einem Tintenstrahldrucker fanden).

Wie in Abbildung 24 erkennbar, konnten in manchen der untersuchten Räume (D-40, D-44) auch schon in der RB-Phase im Mittel zum Teil hohe Konzentrationen von feinen und ultrafeinen Partikeln zwischen 10 nm und 1000 nm gemessen werden (70.000 bzw. 46.000 Partikel/m<sup>3</sup>), deren Herkunft nicht identifiziert werden konnte. Aufgrund von Studienumfang und Design der als Pilotstudie angelegten Untersuchung wurden elektronenmikroskopische Analysen aufgrund der CPC-Messdaten nur in einigen Büroräumen der Standorte B und C und jeweils nur während der DB-Phase durchgeführt, so dass eventuelle Beeinflussungen durch andere Quellen, z.B. Dieselrußemissionen aus dem gebäudenahen Kfz-Verkehr nicht bewertet werden konnten.

Vergleicht man die in den Büroräumen gemessenen Konzentrationen an feinen und ultrafeinen Partikeln zwischen 10 nm und 1000 nm mit Messungen anderer Untersucher, so kann festgestellt werden, dass in Wohnräumen und Schulräumen vergleichbare Teilchenzahlen ermittelt wurden. So fanden Link et al. (2004) in Schulen Teilchenkonzentrationen (10-100 nm) von 10.200/cm<sup>3</sup> im Median mit Maximalwerten von 287.000 Partikeln/cm<sup>3</sup>. Morawska et al. (2003) fanden in australischen Appartements Teilchen im Größenbereich 70-800 nm mit Konzentrationen zwischen 12.400 und 18.200 Partikeln/cm<sup>3</sup>. Fromme et al. (2007) fanden in bayrischen Klassenräumen im Median Partikelkonzentrationen von 5660 Partikeln/cm<sup>3</sup> in der Größenordnung von 10 - 500 nm. Damit liegen die in den Büroräumen gemessenen Partikelkonzentrationen in den Größenordnungen wie sie auch in normalen Wohnräumen oder Klassenzimmern gefunden werden. Über eine Vergleichbarkeit der qualitativen, d.h. physikalischen und chemischen Beschaffenheit macht dies allerdings keine Aussage.

Prinzipiell handelt es sich bei dem Messverfahren des eingesetzten Kondensationspartikelzählers (CPC) um eine indirekte Erfassung von Teilchen, bei dem feine und ultrafeine Partikel in einer Größenordnung zwischen 10 nm und 1000 nm durch Umhüllung mit Isopropylalkohol in der Zählkammer des CPC quantifiziert werden. Eine qualitative Charakterisierung der ge-

zählten Partikel mittels CPC ist daher nicht möglich. Daher ist nicht zu unterscheiden, ob es sich bei den im CPC identifizierten Partikeln um substantielle, d.h. feste Partikel – eventuell sogar aus Tonerbestandteilen - handelt oder um Kondensate flüchtiger Verbindungen (Tröpfchen) bzw. Mikroaggregate unterschiedlicher Stoffe, z.B. Silikonöle (Wensing et al. 2006). Zur Beleuchtung dieser Frage wurden daher im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie erste elektronenmikroskopische Analysen von ausgewählten Toner- und Innenraumlufthproben angeschlossen (Ergebnisse siehe Kap. 1.2.6).

Die Ergebnisse liefern keine Aussage hinsichtlich einer möglichen raumlufthygienischen Bedeutung oder gesundheitlichen Gefährdung. Die Ergebnisse der CPC-Messungen konnten jedoch den Hinweis geben, dass die CPC-Messung auch in einer umfangreicheren Hauptstudie als Instrument zur Identifizierung von Veränderungen der Raumlufthqualität durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten eingesetzt werden sollte.

Da hinsichtlich der Partikelcharakterisierung und gesundheitlichen Bewertung der speziellen Partikelexpositionen noch viele Fragen offen sind, ist hier weiterer Forschungsbedarf zu erkennen; insbesondere hinsichtlich der biologischen Wirkungen der offensichtlich komplexen Staubexpositionen bei Spitzenkonzentrationen (initialer Burst).

### **1.3.6 Elektronenmikroskopie**

Zur Charakterisierung der in der Innenraumlufth gemessenen Partikel bzw. Teilchen wurden Untersuchungen mittels Raster- (REM) und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) durchgeführt.

In der folgenden Diskussion der durchgeführten REM- und TEM-Analysen soll auf die Anzahl (A+A/ml) der Teilchen und deren Elementspektren fokussiert werden. Es ist die Frage zu beleuchten, ob und in welchem Anteil die identifizierten Teilchen ursächlich auf Emissionen aus Tonermaterialien oder anderen Quellen zurückgeführt werden können. Zudem muss ein Vergleich der in den CPC-Messungen analysierten Partikelzahlen mit den Teilchenzahlen der REM- und TEM-Analysen stattfinden.

*Anzahlkonzentration der A+A:* Die Anzahlkonzentrationen für 4 der 5 Messungen unterschreiten mit Werten zwischen 300 und 600 A+A/ml die Erwartung, die sich aus Messungen mit dem Kondensationskernzähler bei Außenluft und Innenraummessungen ergibt (Rödelsperger et al. 2005). Sie entsprechen aber den Ergebnissen zweier weiterer an Kopierern durchgeführ-

ter elektronenmikroskopischer Messungen, bei denen ebenfalls nur einige hundert A+A/ml angetroffen wurden, wobei im Vergleich zu dem Mittelwert der mit dem Kondensationskernzähler bestimmten Teilchenkonzentration Verhältnisse von 1:15 und 1:14 resultierten (Rödelsperger et al. 2007). Deutlich höher ist dagegen mit 2380 A+A/m<sup>3</sup> das Messergebnis mit Filter F222 (B-17). Dies lässt auch den orientierenden Charakter der Messergebnisse erkennen. Als ein weiterer Hinweis auf eine fragliche Repräsentativität der Ergebnisse und die verbleibende Messunsicherheit müssen auch die großen Spannen von 16 nm bis 71 nm zwischen den mittleren PT-Durchmessern und von 7 PT/A+A bis 93 PT/A+A für die Anzahl der PT je A+A gesehen werden.

*Objektivierung der Freisetzung von ultrafeinen Partikeln (Nanopartikeln) aus dem Tonermaterial:* Beim Nachweis einer Teilchenkonzentration in einem Bereich, der nicht von den üblicherweise in Innenräumen erwarteten Konzentrationen abgegrenzt werden kann, stellt sich die Frage, ob überhaupt belastbare Hinweise auf die Kontamination der Innenraumluft mit Tonerpartikeln gewonnen werden können. Ein solcher Hinweis kann am ehesten aus dem Nachweis der drei mehr oder weniger „leeren“ Hüllen (Bubbles) von Tonerpartikeln im TEM gesehen werden, die auf zwei von drei Filtern bei gezielter Suche gefunden wurden. Ähnliche Hüllen waren bereits früher - abhängig von der Art der Präparation - auch in Präparaten vorhanden, die aus Suspensionen von Tonerproben hergestellt worden waren. Dabei besteht eine Ähnlichkeit mit den Elementspektren, die für Ansammlungen ganzer Tonerkörner in Streupräparaten im REM gewonnenen wurden. Bei den in halb gefüllten Hüllen bei Luftprobenahmen an größeren opaken oder schwarzen flächigen Partikeln gewonnenen Spektren dominiert nämlich ebenfalls der Fe-Peak. Andererseits werden im Bereich der Hüllen aber auch Nanopartikel mit den Komponenten Si und Al in den insgesamt impulsarmen Spektren angetroffen. Schließlich bestätigen auch zwei Transmissionspräparate von Materialproben Fe-haltiger Tonerkörner aus wässriger Suspension sowohl die Anwesenheit großer Fe-haltiger Partikel als auch die Anwesenheit kontrastschwacher Si- und Al-haltiger Nanopartikel.

Auf der Basis dieser Beobachtungen kann für die bei Luftprobenahmen angetroffenen Si- und Al-haltigen Nanopartikel eine mögliche Freisetzung aus Tonermaterial angenommen werden. Dagegen zeigen Vergleichsmessungen an Dieselrußen, dass Nanoteilchen, die nur Al aber kein Si enthalten, eher als Dieselruß einzuordnen sind. Demnach wären 12 der außerhalb von Hüllen analysierten A+A eher den Kopierern zuzuordnen, die restlichen 19 aber eher der Emission von Dieselruß.

Im Hinblick auf das Auftreten von „Bubbles“ muss berücksichtigt werden, dass in den vorliegenden Untersuchungen nur sehr geringe Mengen in den Luftpräparaten gefunden wurden, so dass diese Ergebnisse - insbesondere hinsichtlich einer gesundheitlichen Bedeutung - sehr vorsichtig interpretiert werden müssen.

*Vergleich mit der Emission von Dieselruß:* Insgesamt wurden aufgrund der elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Luftproben Konzentrationen zwischen 300 und 2400 A+A/ml angetroffen, die von einer Innenraumbelastung in Räumen ohne Laserdruckeremission derzeit nicht abgrenzbar sind. Sie weisen ähnliche PT/A+A-Verhältnisse wie Dieselruß auf und können aufgrund der in ihren Spektren nachweisbaren Elemente nach einer ersten Schätzung im Verhältnis 19 (Dieselruß) zu 12 (Tonerstaub) zugeordnet werden. Es kann somit erwartet werden, dass die Kontamination der Innenraumluft durch Nanoteilchen aus Laserdruckern und Kopierergeräten durch die gleichzeitig vorhandene Kontamination durch Dieselrußeintrag aus der Außenluft zu einer Mischexposition der Innenraumluft führt.

*Vergleich der Ergebnisse der REM- und TEM-Analysen mit denen der CPC-Messungen:* Im Vergleich zu den mit 300 A+A/ml bis 2400 A+A/ml insgesamt niedrigen Teilchenkonzentration lag der Nachweis von Partikeln (10-1000 nm) mittels Kondensationspartikelzähler in der DB-Phase mit im Mittel etwa  $23.000 \pm 18.000$  Partikel/cm<sup>3</sup> (MW + SD) um den Faktor 10 bis annähernd 100 deutlich höher. Diese Differenz lässt die Vermutung zu, dass über die CPC-Messung primär „nicht-substanzielle“ Partikel, sondern eher flüchtige Agglomerate etwa bestehend aus Wassertröpfchen, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, SVOC) und oder Mikroaggregaten aus verschiedenen Stoffen inklusive Silikonölen, die eventuell während der DB-Phase temporär gebildet werden, erfasst werden.

Eine Untersuchung derartiger, flüchtiger Partikel ist mittels REM oder TEM nicht möglich, so dass eine Charakterisierung und damit auch eine raumlufthygienische oder gesundheitliche Bewertung der mittels CPC erfassten ultrafeinen Partikel, insbesondere des initialen Bursts nicht vorgenommen werden konnte. Hier besteht aus innenraumlufthygienischer und toxikologischer Sicht Forschungsbedarf.

### **1.3.7 Formaldehyd**

Über die Bestimmungsgrenze von 50 µg/m<sup>3</sup> hinaus konnten in keiner der untersuchten Luftproben erhöhte Formaldehydkonzentrationen nachgewiesen werden.

Im Hinblick auf eine folgende Hauptstudie sollte ein gegebenenfalls aufwendigeres, aber sensitiveres Nachweisverfahren für Formaldehyd eingesetzt werden; z.B. nach Flüssigprobenahme als Kurzzeitmessung fotometrisch nach VDI-Richtlinie 4300 Blatt 3, VDI 3484 Blatt 1 und Blatt 2 oder nach DIN ISO 16000-2 (2006), 16000-3 (2002) und 16000-4 (2004) mit Passivsammlung und HPLC.

### **1.3.8 Luftkeime (Schimmelpilze)**

Die Bestimmung der Luftkeimzahlen wurde als potenziell die Gesundheit bzw. das Wohlbefinden beeinflussender Faktor in das Studienprogramm aufgenommen. Dabei wurde aufgrund der Auswahl von Nährmedien und Inkubationstemperaturen – MEA- und DG18-Agar bei Raumtemperatur (20°C im Inkubator) und 37°C - auf das Auftreten von Schimmelpilzsporen in der Raumluft fokussiert. Zahlreiche Untersuchungen gaben bisher Hinweise auf mögliche Zusammenhänge zwischen einer Exposition gegenüber Schimmelpilzen und/oder hoher Luftfeuchte im Innenraum und dem Auftreten zumeist unspezifischer Gesundheitsstörungen von Seiten der Atemwege und des neurovegetativen Nervensystems (vgl. auch Schweinsberg und Mersch-Sundermann 2003). Symptome, die in der Literatur bisher in Beziehung zu einer inhalativen Schimmelpilzexposition gesetzt wurden, besitzen Schnittmengen mit Symptomen, die im Vorfeld auch von Tonergeschädigten in den hier untersuchten Kollektiven berichtet wurden. Daher erschien es notwendig, die Schimmelpilzbelastung der Atemluft in den Büroräumen als beeinflussenden Parameter (Confounder) mit zu erheben.

Aufgrund der gemessenen relativen Luftfeuchten (Abbildung 5) war prinzipiell kein Wachstum von Schimmelpilzen in den Büroräumen zu erwarten gewesen, da jedoch in zahlreichen Räumen Topf- und Zimmerpflanzen in Boden- und/oder Hydrokultur gehalten wurden bzw. in dem untersuchten Großraumbüro A-10 sogar ein großer bepflanztter Bereich existierte, erschienen Kontaminationen der Innenraumluft mit Schimmelpilzen zumindest möglich.

Eine Veränderung der Keimzahlen infolge des Druckerbetriebs wurde nicht angenommen, eventuell aber durch den normalen Arbeitsbetrieb, durch den die leichten Pilzsporen von Boden und Oberflächen durch Personen aufgewirbelt oder durch das Öffnen von Türen und Fenstern eingetragen werden können.

Wie die Abbildungen 47-51 verdeutlichen, konnte keine Veränderung der Schimmelpilzkonzentrationen zwischen der RB- und DB-Phase ermittelt werden, wohl aber zwischen RB- und AB-Phase bzw. zwischen RB-Phase und AL (Außenluftprobe). Wird der Standort B ausge-

klammert (Begründung siehe unten) lagen die Konzentrationen der Kolonie bildenden Einheiten pro Kubikmeter Luft (KBE/m<sup>3</sup>) für die Inkubationen bei Zimmertemperatur (20°C) für DG18- und MEA-Nährböden im Bereich zwischen 0 KBE/m<sup>3</sup> und maximal 100 KBE/m<sup>3</sup>.

Die Messungen der Außenluftproben zeigten dabei gegenüber den Messungen in der RB- und AB-Phase stets höhere oder gleiche Keimzahlen, so dass in keinem Fall eine Innenraumquelle für Schimmelpilzbelastungen in der Büroraumluft gefunden werden konnte.

In seltenen Fällen zeigten die Kulturen der AB-Phase unbedeutend mehr Pilzwachstum als die der AL-Probe (A-1, A-4, A-6, B-22, C-29, C-31, D-39, D-43); primär auf DG18-Nährmedien bei 20°C Inkubationstemperatur. Da die AB-Messungen während des Arbeitsbetriebes nicht unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden konnten, kommt den Ergebnissen wenig Bedeutung bei, da unkontrollierte Luftbewegungen zu einem punktuellen und temporären Eintrag von Pilzsporen geführt haben können, z.B. durch Verwirbelung von Taubenkot auf dem Sims beim Öffnen von Fenstern, Berührungen von Blumen und Bepflanzungen, Aufwirbelung von sedimentierten Sporen aus dem Bodestaub usw.

Erwähnenswert ist der Befund, dass die KBE-Konzentrationen in Büroräumen des Standortes B um den Faktor 2-6 über denen der Räume an den Standorten A, C und D gemessen wurden. Grund hierfür war der Wechsel des Keimsammlers. Während die Luftproben der Büros in den Gebäuden der Standorte A, C und D mit einem Impaktionssammler FH5 der Fa. RR-Electronic GmbH gesammelt wurden, wurde für die Büros am Standort B das mikrobiologische Luftprobenahmesystem MBASS30 mit Sammelkopf LKS30 der Fa. Holbach eingesetzt. Beide Systeme wurden vor und nach den Untersuchungen hinsichtlich ihrer Kalibrierparameter (Volumenströme) untersucht und arbeiteten während der Untersuchungen einwandfrei. Der Grund für die sehr unterschiedlichen Pilzkeimzahlen kann somit nur in den unterschiedlichen Sammelmethode bestehen, so dass die Daten vom Standort B aufgrund der gewechselten Messmethode nicht in eine Bewertung einbezogen werden sollten.

Gemessen an den Empfehlungen des Umweltbundesamtes (UBA) im „Leitfaden zur Vorbeugung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ (Umweltbundesamt 2002) sowie des Landesgesundheitsamtes Stuttgart (LGA) „Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement“ (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 2001) gaben weder die absoluten Schimmelpilzsporenkonzentrationen wie auch die zur Außenluft relativen Differenzen keinen Anlass, eine hygienische oder gesundheitliche Belastung durch Schimmelpilze in den untersuchten Innenräumen zu erkennen. So definieren

UBA und LGA eine Innenraumquelle als unwahrscheinlich, wenn die Keimzahlen untypischen Außenluftspezies im Innenraum weniger als 150 KBE/m<sup>3</sup> über denen der Außenluftprobe liegen.

Betrachtet man zudem normale Innenraumkonzentrationen an Schimmelpilzen wie sie etwa von Link et al. (2004) in einem Forschungsvorhaben des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) für Wohnungen ermittelt wurden, so liegen die in den Büroräumen gemessenen mittleren Konzentrationen unter den in der oben genannten Studie ermittelten Medianwerten. Damit scheiden gesundheitsrelevante Einflüsse von Schimmelpilzbelastungen in den untersuchten Büroräumen aus.

Aufgrund einer möglichen Relevanz des Einflusses von relativer Feuchte und Schimmelpilzwachstum als Confounder sollten diese Parameter – trotz der aktuell durchgehend unauffälligen Resultate - auch in einer Hauptstudie regelmäßig erhoben werden.

## **STUDIEN TEIL B**

**Gesundheitliche Erhebung bei Probanden an Büroarbeitsplätzen**

## **2 Studienteil B – Gesundheitliche Erhebung bei Probanden an Büroarbeitsplätzen**

### **2.1 Einleitung / Ziele**

Die Untersuchung der Auswirkung von Tonerstäuben auf die Gesundheit von Büroangestellten befindet sich aus epidemiologischer Sicht im Stadium der Hypothesengenerierung, da sich bislang weder Leitparameter für die Exposition noch für die Wirkung definieren ließen. Grundsätzlich müssen in dieser Phase des wissenschaftlichen Diskurses optionale Ziel- und Einflussgrößen in großem Umfang einbezogen werden. Soziodemographie, Gesundheitsstatus, individuelle Charakteristika und subjektive Beschwerdelage bezogen auf die interessierende Exposition sind hier die Leitbegriffe. Im Zuge explorativer Auswertungen und Beurteilung von Praktikabilität und Machbarkeit können anschließend Ziel- und Einflussgrößen zur Hypothesengenerierung ermittelt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie sollten Büroangestellte bezüglich der Angabe von Beschwerden aufgrund der Exposition zu tonerbasierten Bürogeräten (kurz: „tonerbezogene Beschwerden“ [tB]) charakterisiert werden. Die Auswahl der einzelnen Methoden und Parameter hierfür gründete in Angaben aus Praxis und Literatur, die vor allem Auswirkungen auf Haut, Schleimhaut, Atemwege, körperliche Missempfindungen, Müdigkeit und Allgemeinbeschwerden sowie Konzentrations- und Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz vermuten lassen (Enderlein 1994; Gallardo et al. 1994; Armbruster et al. 1996; Wieriks 1996; Bischof 2003; Bako-Biro et al. 2004; Rybicki et al. 2004; Wyon 2004; Nakadate et al. 2006; Stelting 2006). Zu erwartende Modulatoren dieser Parameter, wie sie bereits aus der wissenschaftlichen Diskussion in Arbeits- und Umweltmedizin bekannt sind, finden sich im Bereich des Berufsalltags und in einer Vielzahl spezifischer sowie psychosozialer Faktoren aus Privat- und Berufsleben. In das Konzept des Studiendesigns wurde entsprechend eine Auswahl epidemiologisch fundierter und praktikabler Methoden und Items übernommen (Bellach et al. 1998; Eis 2002; Wiesmüller 2002; Rejjula 2004).

Alle Untersuchungen wurden durchgeführt, um die Machbarkeit ihres Einsatzes zur Bewertung der Fragestellung zu beurteilen, nicht um diese zu beantworten. Hier wären vor allem bei Kollektivgröße und –auswahl andere Voraussetzungen notwendig, um inhaltliche Interpretationen zu gestatten.

## **2.2 Material und Methoden**

### **2.2.1 Auswahl von Orten und Rekrutierung von Studienteilnehmern**

Die Orte und Verwaltungseinrichtungen für die gesundheitlichen Erhebungen wurden gemeinsam mit den Messstellen der Innenraumparameter (vgl. dort) nach Rücksprache mit der jeweiligen Leitung der Einrichtung und Ortsbegehung ausgewiesen. Der Aufruf zur freiwilligen Studienteilnahme richtete sich daher nur an ausgewählte Personen, deren Büro grundsätzlich auch für Messungen der Innenraumparameter in Frage kommen musste. Aufgrund dieser Vorgaben und der Limitierung auf N=60-70 Teilnehmer konnten z.B. Repräsentativität oder ein adäquates Vergleichskollektiv, wie sie in epidemiologischen Studien mit Fokus auf statistisch abgesicherten Ergebnissen gefordert werden müssen, nicht Ziel der Kollektivauswahl sein.

Für die vorliegende Pilotstudie wurde eine nicht-randomisierte Probandenrekrutierung mit folgenden Einzelschritten durchgeführt:

1. Geeignete Verwaltungseinrichtungen und Kontaktpersonen wurden durch das Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie (IIUT) und die ITG e.V. benannt.
2. Die benannten Einrichtungen wurden vom IIUT in Zusammenarbeit mit dem Institut für Hygiene und Umweltmedizin (IfHU) kontaktiert und dabei Inhalt und Umfang der epidemiologischen Studie kurz skizziert und um Teilnahme von Beschäftigten gebeten. Einzelne oder gesammelte Rückmeldungen waren möglich, um sich näher vorab zu informieren.
3. Informationsveranstaltungen für die Mitarbeiter vor Ort wurden in drei Orten durchgeführt, für den vierten wurde das Material elektronisch zur Verfügung gestellt und in Einzelgesprächen telefonisch informiert.
4. Nach weiterer Rückmeldemöglichkeit wurden Personen mit Teilnahmebereitschaft für die Orte auf Listen zusammengefasst.
5. Zeitnah zu den Immissionsmessungen des IIUT wurden die jeweiligen Untersuchungswochen für die epidemiologische Studie ausgewählt. Aufgrund des arbeitsplatzbezogenen Charakters der Studie wurden Montag und Freitag als Untersuchungstage ausgeschlossen.

6. Zur Planung der Einzeltermine im Rahmen des festgelegten Untersuchungszeitraumes erfolgte eine persönliche telefonische Erstkontaktierung durch Mitarbeiter des IfHU zu teilnahmebereiten Personen.
7. Eine Information im Einzelgespräch am Untersuchungstag und Unterzeichnung der notwendigen Einverständniserklärung bildeten den Abschluss der Rekrutierung.
8. Spontan oder als Ersatz von erkrankten teilnahmebereiten Personen konnten einzelne Teilnehmer im Verlauf der Untersuchungswoche zusätzlich teilnehmen.

### **2.2.2 Fragestellungen und Parameterauswahl**

Neben epidemiologischen Basisdaten zur Soziodemographie wurde ein umfangreicher Katalog von Items auf Basis bisheriger Hypothesen zur Wirkung von Tonerstäuben erarbeitet. Er sollte ebenso Parameter, welche bereits als Einflussgrößen in Arbeits- und Umweltmedizin bekannt sind, berücksichtigen (vgl. 2.1).

Eine Übersicht der konkreten Fragestellungen und der jeweils ausgewählten Verfahren, die im Zusammenhang mit der Charakterisierung tonerbezogenen Gesundheitsbeschwerden relevant erscheinen, gibt Tabelle 14. Damit sollten die aus Sicht des Probanden, also subjektiven, auf tonerbasierte Bürogeräte bezogenen gesundheitlichen Beschwerden erfasst werden, um sie anschließend mit den erhobenen Parametern der körperlichen Untersuchungen in Beziehung setzen zu können.

Die epidemiologischen Daten zur Gesundheit und zur Arbeitsplatzumwelt wurden mittels Fragebogen und strukturiertem Interview, klinischer Untersuchungen und Tests vor Ort (2.2.2.2) und Laboruntersuchungen aus Blut und 24h-Sammelurin erhoben.

**Tabelle 14.** Übersicht der Fragestellungen und Methoden der Machbarkeitsstudie

Fragestellung	Methode
<b>1. Bereich Soziodemographie</b>	
a. Wie ist die Kollektivstruktur der Studienteilnehmer bezüglich Alter, Geschlecht, Ausbildung und Rauchen? b. Bestätigen sich die Angaben zum Rauchstatus durch Laborparameter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen, Basis Bundesgesundheitsurvey 1998</li> <li>• Bestimmung von Cotinin im 24h-Sammelurin</li> </ul>
<b>2. Bereich Gesundheit:</b>	
a. Welche Grunderkrankungen bestehen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen, Basis Bundesgesundheitsurvey 1998</li> <li>• Anamnesegespräch</li> </ul>
b. Wie ist der subjektive aktuelle Gesundheitszustand, die gesundheitsbezogene Lebensqualität?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen SF-36</li> </ul>
c. In welchem Maß liegen unerklärte körperliche Beschwerden vor?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen SOMS-2</li> </ul>
d. Wie hoch ist die Zahl der Arztbesuche im Zusammenhang mit unerklärten körperlichen Beschwerden?	
e. Wie ist der Status entzündlicher Erkrankungen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen</li> <li>• Anamnesegespräch</li> <li>• Laboruntersuchung: C-reaktives Protein (CRP) im Blutserum</li> </ul>
f. Finden sich Anhalte für entzündliche Atemwegsveränderung bei Exposition zu Büroinnenraumluft im Laufe des Arbeitstages?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickoxid (NO) im Exhalat</li> <li>Gerät Niox Mino® (Aerocrine)</li> </ul>
g. Wie ist der Status allergischer Erkrankungen/ Sensibilisierungen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen</li> <li>• Anamnesegespräch</li> <li>• Laboruntersuchung: Immunglobulin E (IgE) RAST auf die häufigsten Allergene im Blutserum</li> </ul>
h. Wie ist der Status der Lungenfunktion?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lungenfunktionsprüfung am Arbeitsplatz (SpiroPro)</li> </ul>
i. Verändern sich Lungenfunktionsparameter im Lauf eines Arbeitstages?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung der Lungenfunktionsprüfung im Verlauf eines Arbeitstages</li> </ul>
<b>3. Bereich Individuelle Charakteristika:</b>	
a. Wie ist die Persönlichkeit der Personen ausgeprägt?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen: FPI-R</li> </ul>
b. Wie ist die Konzentrationsleistung der Studienteilnehmer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentrationstest: d2</li> </ul>
c. Wie hoch ist die individuelle und allgemeine Umweltbesorgnis?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen: Umweltbesorgnis n. Hodapp/ Rethage</li> </ul>
<b>4. Bereich Beschwerden am Büroarbeitsplatz:</b>	
a. Wie häufig werden irritativ Beschwerden der Schleimhäute und der Atemwege angegeben?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen: MM 40 (Örebro Medical Center)</li> </ul>
b. Wie häufig werden allgemein Beschwerden über die Umweltsituation am Arbeitsplatz angegeben?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen: Basis ITG und Eigenentwurf IfHU</li> </ul>
c. Wie ist die tonerbezogene Beschwerdelage und Krankheitsgeschichte?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebogen: Basis ITG und Eigenentwurf IfHU</li> </ul>

## 2.2.2.1 Fragebogenerhebung

### 2.2.2.1.1 Modul 1 – Arbeitsumwelt und Gesundheit

Für die Erhebung wurden den Teilnehmern zwei Fragebogenmodule zum Selbstausfüllen ausgehändigt. Modul 1 wurde unter den oben genannten Gesichtspunkten inhaltlich zum Thema „Toner“ zusammengestellt. Eine thematische Übersicht der Inhalte und Quellen zeigt Tabelle 15.

**Tabelle 15:** Inhalte und Quellen für Fragebogenmodul 1 - Erhebung von Arbeitsumwelt und Gesundheit

Frage Nr.	Inhalt	Quelle
1-12	Arbeitszeiten, Beschäftigungsart, Erkältungs- und Rauchstatus am Untersuchungstag	Eigenentwicklung IfHU
13-19	Wohlbefinden am Arbeitsplatz	Fragebogen MM 40*
20-21	Wahrnehmung der Arbeitsplatzumgebung	Fragebogen MM 40*
23-55	Büroarbeitsplatzbeschwerden, allgemein und tonerbezogen	Fragebogen MM 40* mit integriertem Fragenblock der ITG
56.3, 7-12, 14	Büroarbeitsplatzumwelt	Fragebogen MM40*
57-58	Störungen des Wohlbefindens am Arbeitsplatz	Modifizierte Fragen aus Fragebogen MM 40*
59-61	Büroarbeitsplatzbezogene Krankengeschichte	Eis et al. 2002 (MCS-Studie)
62-71	Tonerbezogene Krankengeschichte	Eigenentwicklung IfHU
75-92	Unverträglichkeiten (Allergie, Asthma etc.)	Eis et al. 2002 (MCS-Studie)
93-96	Akute und chronische Erkrankungen, inkl. Familienanamnese	Bundesgesundheitsurvey 1998
97-104	Rauch- und Drogenstatus	Bundesgesundheitsurvey 1998
105-121	Soziodemographische Daten inkl. Historie	Bundesgesundheitsurvey 1998 Eis et al. 2002 (MCS-Studie)

\* Örebro Medical Center

### **2.2.2.1.2 Modul 2 – Persönlichkeit, Psychosomatik, Lebensqualität**

#### *Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI-R)*

Das FPI (Fahrenberg 2001) ist ein 12-dimensionaler Persönlichkeitstest. Die revidierte Testform (FPI-R) umfasst 138 Items, die sich zu folgenden Skalen zusammensetzen: Lebenszufriedenheit, Soziale Orientierung, Leistungsorientierung, Gehemmtheit, Erregbarkeit, Aggressivität, Beanspruchung, Körperliche Beschwerden, Gesundheits Sorgen und Offenheit sowie die zwei Sekundärskalen Extraversion und Emotionalität im Sinne Eysencks.

Die Skalen geben relevante Konzepte in den Selbstbeschreibungen der Durchschnittsbevölkerung mit hoher interner Validität wieder und sind durch zahlreiche empirische Validitätshinweise belegt.

#### *Screening für Somatoforme Störungen (SOMS-2)*

Das Verfahren (Rief 1997) dient der Erleichterung der Klassifikation, der Quantifizierung sowie der Verlaufsbeschreibung von Personen mit somatoformen Störungen. Der Hauptteil des Verfahrens besteht aus einer Beschwerdenliste der Symptome (68 Items), die für eine Somatisierungsstörung von Relevanz sein können. Für die Auswertung werden sowohl die Kriterien DSM-IV als auch von ICD-10 berücksichtigt. Zusätzlich werden Beschwerdeindices gesamt und geschlechtsspezifisch bestimmt, die mit Werten eines deutschen Normalkollektives verglichen werden können.

#### *Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36)*

Der SF-36 (Bullinger 1998) erfasst in 36 Items 8 Dimensionen, die sich konzeptuell in die Bereiche „körperliche Gesundheit“ und „psychische Gesundheit“ einordnen lassen: Körperliche Funktionsfähigkeit, Körperliche Rollenfunktion, Körperliche Schmerzen, Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit, Emotionale Rollenfunktion und Psychisches Wohlbefinden. Schlechtere Werte auf der normierten Skala stehen im Zusammenhang mit einer höheren Inanspruchnahme des Gesundheitssystems. Der SF-36-Fragebogen ist als Instrument zur Messung von Therapieerfolgen mittels subjektiver Einschätzung gesundheitsbezogener Lebensqualität durch Patientengruppen konzipiert und international anerkannt (Radoschewski 1999; Kurth 2002).

### *Umweltbesorgnis*

Die Skala zur Erfassung von Umweltbesorgnis (SUB) (Hodapp 1996) basiert auf der von Bowler (1991) entwickelten Environmental Worry Scale (EWS). Die Items dieser Skala sollen die Sorgen und Gedanken widerspiegeln, die sich auf bedrohliche Umweltaspekte und mögliche resultierende Schäden beziehen. Hodapp et al. (1996) präsentieren eine aus 16 Items bestehende Skala.

Die Beantwortung erfolgt über eine vierstufige Lickert-Skala. Ein Item beinhaltet eine Feststellung, die der Proband ablehnen („trifft nicht zu“) oder bestätigen („trifft genau zu“) kann. Neben diesen Extrempositionen wird dem Proband die Möglichkeit gegeben die Aussage weder ganz abzulehnen („trifft kaum zu“) noch ganz zuzustimmen („trifft eher zu“). Je nach Antwort des Probanden werden Werte zwischen 1 (Ablehnung) und 4 (Zustimmung) vergeben, welche zur Bestimmung des Umweltbesorgnis-Index aufsummiert werden.

Für die vorliegende Untersuchung wurden alle bestehenden 16 Items der Skala zur Erfassung von Umweltbesorgnis (SUB) gemäß Hodapp et al. (1996) und Weiterentwicklungen übernommen, welche zusätzlich die Differenzierung in persönliche (pUB) und generelle (gUB) Umweltbesorgnis sowie deren Quotient ermöglichen (Rethage et al. 2007).

### *Fragebogen zur Lebenszufriedenheit (FLZ)*

Der FLZ (Fahrenberg 2000) dient der Erfassung relevanter Aspekte der Lebenszufriedenheit in 10 Lebensbereichen (Gesundheit, Arbeit und Beruf, Finanzielle Lage, Freizeit, Ehe und Partnerschaft, Beziehung zu den eigenen Kindern, Eigene Person, Sexualität, Freunde/Bekannte/Verwandte, Wohnung). Jede der 10 Subskalen umfasst sieben Items, welche auf einer siebenstufigen Antwortskala (von "sehr unzufrieden" bis "sehr zufrieden") beantwortet werden müssen. Neben der Erfassung der bereichsspezifischen Lebenszufriedenheit gestattet der FLZ die Abschätzung der Allgemeinen Lebenszufriedenheit, wobei diese als Summenwert der Items von sieben der zehn Lebensbereiche berechnet wird (ausgenommen sind die Bereiche "Arbeit und Beruf", "Ehe und Partnerschaft" sowie "Beziehung zu den eigenen Kindern").

### 2.2.2.2 Untersuchungen und Tests

#### *Körperliche Untersuchung*

Gemäß gültigen Richtlinien für Auskultation und Perkussion der Lunge, Inspektion der oberen Atemwege, Blutdruck-, Puls-, Fieber- und Temperaturmessung wurden Daten zur Bestimmung des allgemeinen Gesundheitsstatus erhoben. Ein ärztliches Anamnesegespräch wurde mit den Schwerpunkten: Selbstberichtete Krankengeschichte, insbesondere Atemwegserkrankungen (Allergien, Asthma, COPD) u.a. zur Validierung im Fragebogen erhobener Daten, durchgeführt.

#### *Lungenfunktion*

Die Lungenfunktionsdiagnostik soll in der Praxis insbesondere drei Fragen beantworten:

1. Besteht eine klinisch relevante Ventilationsstörung der Lunge?
2. Wenn ja, handelt es sich um eine obstruktive oder restriktive Ventilationsstörung?
3. Wie ist die pulmonale Leistungsbreite? Die Sollwerte sind abhängig von Geschlecht, Körpergröße und Alter und sind auf Körperbedingungen bezogen, (BTPS = Body temperature, pressure saturated).

Die Lungenfunktionsprüfung mittels der hier eingesetzten Spirometrie erlaubt keine Diagnose einer speziellen Lungenerkrankung, lässt jedoch einen Rückschluss auf Obstruktion (wie z.B. bei Asthma bronchiale und COPD) oder Restriktion (verminderte Dehnbarkeit der Lunge bei z.B. Lungenemphysem) zu. Für exakte Diagnosen müssten weitere Untersuchungen wie Bodyplethysmographie und Bronchoskopie folgen (Wurtemberger 2002).

Eine Schulung und Einweisung zur Durchführung der Lungenfunktionsuntersuchungen erhielten die Studienmitarbeiter durch Fachpersonal des Lungenfunktionslabors am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH (Pulmonologie, Abt. Lungenfunktion).

Für die dreimalige Untersuchung der Lungenfunktion wurde das SpiroPro® der Firma Jaeger verwendet. Die Durchführung erfolgte unter Beachtung aller in der Betriebsanleitung angegebenen Hinweise inkl. regelmäßiger Desinfektion der Pneumotachographen und Mundstücke mit dem empfohlenen Mittel Descogen® sowie der notwendigen regelmäßigen Kalibrierung und Anpassung des Gerätes an die Temperatur- und Feuchtebedingungen im Untersuchungsraum.

Im Rahmen der Untersuchungen sollten das forcierte expiratorische Volumen in der ersten Sekunde ( $FEV_1$ ) und Vitalkapazität (VC) ausgewertet werden:

- $FEV_1$  – (Forciertes Einsekunden-Ausatemvolumen nach Tiffeneau):

Nach langsamer tiefstmöglicher Einatmung, wird das in der ersten Sekunde mit maximaler Anstrengung schnellstmöglichst ausgeatmete Luftvolumen gemessen. Beurteilt werden der gemessene Absolutwert sowie der auf die IST-VC (=Messwert) bezogene relative Wert ( $FEV_1$  in % der VC = Tiffeneau-Index). Mit dieser Messung kann z.B. eine Verengung der Atemwege (Obstruktion), eine Überblähung der Lunge (z.B. Lungenemphysem) oder eine Verkleinerung des Lungengewebes (Restriktion) festgestellt werden.

- VC (Vitalkapazität = maximales, willkürlich ventilierbares Lungenvolumen):

gemessen bei langsamer Inspiration nach vorausgegangener maximaler langsamer Ausatmung. Die forcierte Vitalkapazität (FVC), gemessen bei schneller Expiration ist stets kleiner als die langsam ausgeführte inspiratorische Vitalkapazität.

Es wurden dazu Fluss-Volumen-Messungen in der Messart „ATS“ des SpiroPro® durchgeführt. Hier wird jede Messung entsprechend den Kriterien der ATS (American Thoracic Society (ATS 1995)) auf Akzeptierbarkeit und Reproduzierbarkeit überprüft.

Probanden hatten jederzeit die Möglichkeit, die Untersuchung ohne Angabe von Gründen abubrechen. Sofortiger Abbruch war auch bei Symptomen wie Schwindel, Übelkeit, Dyspnoe, Synkope und jeglicher anderer Form von Unwohlsein angezeigt, die vom anleitenden Mitarbeiter daher besonders überwacht wurden.

#### *Stickstoffmonoxid (NO) im Exhalat*

Stickstoffmonoxid (NO) wird hauptsächlich im oberen Atemtrakt durch NO-Synthase gebildet und bei akuten Entzündungsreaktionen, z.B. nach viraler oder bakterieller Infektion oder Inhalation von beruflichen Allergenen vermehrt synthetisiert (Feelisch et al. 1995; Brindicci et al. 2005; Vahlkvist et al. 2006; Maniscalco et al. 2007; Turner 2007).

Für die Messungen wurde das Gerät Niox Mino® der Fa. Aerocrine verwendet. Zur Messung der NO-Konzentration atmet der Proband durch ein Mundstück mit Filter ein und anschließend gleichmäßig aus. Durch ein Tonsignal und eine Anzeige im Display des Gerätes können Untersucher und Proband die korrekte Durchführung verfolgen und korrigieren. Nach 2 Mi-

nuten wird der gemessene Wert in ppb angezeigt. Das Gerät kalibriert sich beim Einschalten während der Aufwärmphase selbstständig (Alving et al. 2006; Gill et al. 2006).

Zudem wurde von jedem Probanden ein *Fragebogen zur Erfassung von Einflussfaktoren der NO-Konzentration im Exhalat* ausgefüllt, der insbesondere die letzte flüssige und feste Nahrungsaufnahme mit Zeitangabe, den Asthma- und Allergiestatus (wenn ja, Zeitpunkt der letzten Bronchodilatation), sowie Raucher/Nichtraucher mit Zeitangabe des letzten Nikotinkonsums erfasste.

Die Messung von NO im Exhalat wurde morgens (Leerwert) und mittags (nach Exposition am Büroarbeitsplatz) durchgeführt. Es sollte untersucht werden,

- inwiefern sich auf der Basis von NO- Messungen Veränderungen der Atemwege vor und nach Exposition zu tonerbasierten Bürogeräten am Büroarbeitsplatz darstellen lassen, und
- inwiefern die im Feld (Studie an Arbeitsplätzen) erhobenen Messwerte für NO zuverlässig sind und z.B. bekannte Assoziationen mit bestehenden Grunderkrankungen/individuellen Faktoren, z.B. aktuell vorliegender Infekt bestätigt werden können.

Die Probanden hatten auch hier jederzeit die Möglichkeit die Untersuchung ohne Angabe von Gründen abubrechen und sollten dies sogar unverzüglich bei Auftreten von Symptomen wie Schwindel, Übelkeit, Dyspnoe, Synkope und jeglicher anderer Form von Unwohlsein tun.

### *Blutuntersuchung*

Insgesamt wurden dem Probanden unter den geltenden Hygienestandards 30 ml Blut entnommen (Serum, EDTA, Citratblut) zur Bestimmung folgender Parameter: BB, diff. BB, CrP, IgE und RAST (Tabelle 16). Die Blutentnahmen fanden in Zusammenarbeit mit den ortsansässigen Arbeits- und Betriebsmedizinern statt. Die Gewinnung von Serum wurde am Tag der Abnahme von Fachpersonal durchgeführt.

Die RAST Untersuchungen wurden nach Abschluss aller Erhebungen am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Institut für Klinische Chemie und Pathobiochemie aus gefrorenem Serum durchgeführt. Die Teilnehmer konnten sich im Rahmen der zu unterzeichnenden Einverständniserklärung bereit erklären, dass für mögliche Folgeuntersuchungen einige Milliliter Serum asserviert werden.

**Tabelle 16:** Laborparameter aus EDTA-Blutproben und Serumproben

<b>Laborparameter</b>	<b>Ziel der Untersuchung</b>
Blutbild	Allgemeine orientierende Parameter (Entzündung, Anämie etc.)
CrP	Akute Entzündungsprozesse
IgE	Allergiesensibilisierung
Radio-Allergen-Sorbent-Test (RAST)	Sensibilisierung gegen häufige Allergene
SX1 Inhalationsscreening	<i>Lieschgras, Roggen, Birke, Beifuss, Hausstaubmilbe, Katzenschuppen/- epithelien, Hundeschuppen, Cladosporium herbarum</i>
FX5 Nahrungsmittelscreening	<i>Hühnereiweiß, Milcheiweiß, Kabeljau (Dorsch), Weizenmehl, Erdnuss, Sojabohne</i>
MX2 Schimmelpilzmischung	<i>Penicillium notatum, Cladosporium herbarum, Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Alternaria alternata, Helminthosporium halodes</i>

#### *Sammlung von 24h-Urin*

Jeder Teilnehmer wurde vor Beginn der 24-Stunden-Urinsammlung genau in die Vorgehensweise eingewiesen. Ebenfalls erhielten die Teilnehmer eine detaillierte Beschreibung in Form einer Informationsbroschüre um gegebenenfalls später auftretende Fragen zu beantworten, um eine korrekte Sammlung nicht zu gefährden.

Der Teilnehmer sollte den ersten Morgenurin verwerfen, sich aber gleichzeitig die Uhrzeit merken oder notieren. Zu dieser Uhrzeit am Folgetag sollte der letzte Urin aus den zurückliegenden 24 Stunden abgegeben werden. Während der 24 Sammelstunden musste jeder anfallende Urin in das Urinsammelgefäß gegeben werden.

Nach Beendigung der 24 Sammelstunden wurde der Urin bei den Studienmitarbeitern abgegeben. Sofort erhoben wurden die abgegebene Menge in ml und die Dichte des Urins. 60 ml Urin eines jeden Probanden wurden für die Laborbestimmungen (Cotinin, Metalle) asserviert.

#### *Aufmerksamkeits-Belastungstest „d2“*

Bei dem d2-Test handelt es sich um einen Intelligenz-unabhängigen Test zur Prüfung der visuellen Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit (Brickenkamp 2002).

Die Aufgabe besteht darin, aus 14 Zeilen a´ 47 Zeichen, die sich aus den mit Strichen darüber oder darunter ergänzten Buchstaben "d" und "p" zusammensetzen, alle "d" mit 2 Strichen anzustreichen. Dabei muss gemäß der Aufforderung des Versuchsleiters jeweils nach 20 Sekunden in die nächste Zeile gewechselt werden. In die Auswertung gehen die Konzentrationsleistung (Leistungsmenge), das Bearbeitungstempo, die Genauigkeit, der Verlauf und instruktionswidriges Verhalten ein.

## **2.2.3 Vorgehensweise**

### **2.2.3.1 Ethikvotum**

Das Studiendesign wurde vor Beginn der Durchführung durch die Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität Gießen begutachtet und erhielt ein positives Votum (Nr. 130/05 vom 31.01.2006).

### **2.2.3.2 Schulung und Einsatz medizinischer Interviewer**

Befragung und Untersuchungen wurden von Mitarbeitern des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Zusätzlich zu den langfristig beschäftigten Ärzten und Mitarbeitern wurden für die Studie wissenschaftliche Hilfskräfte des Fachbereiches Humanmedizin im Rahmen ihrer Doktorarbeit eingesetzt bzw. andere befristet angestellt.

Im Rahmen spezieller Vorbereitungstermine wurden alle Mitarbeiter geschult. Inhalte der Schulungen waren:

- Datenschutz, Verwaltung und Anonymisierung der Daten
- Inhalt der Erhebungsinstrumente, besondere Hinweise, erwartete Rückfragen seitens der Probanden
- Tagesuntersuchungsgang
- Standardisierte Durchführung des d2-Konzentrationstestes
- Lungenfunktionsuntersuchung mit dem mobilen Gerät Spiro Pro<sup>®</sup>
- Messung von NO mittels Niox Mino<sup>®</sup>
- Anamnesegespräch
- Hygienemaßnahmen (Schwerpunkt: Blutentnahme und Lungenfunktion)

Darüber hinaus erfolgte die Einarbeitung in die Software zur Computer-gestützten Erstein-gabe des Fragebogens.

In zwei der vier Kollektive wurden die Blutentnahmen aus organisatorischen Gründen vom zuständigen Betriebsarzt durchgeführt, so dass je nach Umfang der Kollektive zwei bis fünf geschulte Mitarbeiter einzusetzen waren.

### 2.2.3.3 Tagesuntersuchungsgang

Der Ablauf der Einzeluntersuchungen war in allen Untersuchungsorten gleich. Zur Durchführung waren zwei Räume notwendig (jeweils für die ärztlichen Untersuchungen und für Interviews und den Konzentrationstest), die in Absprache mit den Abteilungen vor Ort zur Verfügung gestellt wurden. Um den Ablauf der Untersuchungswoche (jeweils von Dienstag bis Donnerstag) so reibungslos wie möglich zu gestalten, wurden die notwendigen Räumlichkeiten bereits am Montag bezogen und eingerichtet. Die Teilnehmer wurden am Vortag des vereinbarten Termins persönlich angesprochen und ihnen der Ablauf der Untersuchung vorgestellt. Dazu wurden Flyer mit den persönlichen Terminen und dem abgedruckten Ablauf ausgehändigt.

Folgende Inhalte und Abläufe kennzeichneten den Untersuchungsgang:

- **Aufklärung und Information**

Jeder Proband bekam eine Kopie des Aufklärungsbogens und der Einverständniserklärung (s. Anhang) ausgehändigt und wurde vor Studienteilnahme wie folgt aufgeklärt:

  - kurzer Überblick über das Studienthema
  - Ziele der Studie
  - Studiendurchführende und Auftraggeber der Studie
  - Aufklärung und Information über den Ablauf und die Durchführung der Befragungen und Untersuchungen
  - Einverständniserklärung über die Teilnahme am Forschungsvorhaben, Verarbeitung und Speicherung der erhobenen Parameter durch die durchführenden Institute
  - Aufklärung über die explizite Freiwilligkeit der Teilnahme an der Studie und die Möglichkeit jederzeit ohne Angabe von Gründen die Einwilligung der Teilnahme an der Studie zurückziehen zu können.
  - Aufklärung über die ärztliche Schweigepflicht der Studiendurchführenden
  - Aufklärung über die Einhaltung der Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes und des hessischen Datenschutzgesetzes.
- **Vortag der Untersuchung:**
  - Persönliches Aufsuchen jedes einzelnen Probanden.
  - Erneute Prüfung der Teilnahmebereitschaft
  - Terminabsprache mit Probanden
  - Danach Einteilung aller Probanden in ein festes Zeitschema
  - Ortsbegehung der einzelnen Büroarbeitsplätze der Probanden
  - Schulung zur Urinsammlung und Vergabe der 24-Std.-Sammelurinbehälter
  - Nachrekrutierung von Kurzentschlossenen während Information bereits vorgesehener Probanden
  - Einrichtung der Untersuchungsräume (Blutentnahme, Lungenfunktion, körperliche Untersuchung, NO-Messung, Fragebogenerhebung)

- Untersuchungstag:
  - 7 Uhr: Begrüßung der Teilnehmer (2-3/Untersucher pro Tag)
  - Information zur Teilnahme an einer Pilotstudie mit anschließender schriftlicher Einverständniserklärung
  - Bearbeitung des FPI-R
  - Erste Lungenfunktionstestung mit anschließender NO Messung im Exhalat
  - Im Laufe des Vormittags: Blutentnahme und ärztliche Anamnese
  - Beginn des Arbeitstages mit normalem Tagesablauf und Beantwortung des Modul 1
  - 12 Uhr: Bearbeitung des FLZ mit anschließendem Konzentrationstest (d2)
  - Im Anschluss daran zweite Lungenfunktionstestung und NO-Messung
  - Vor Arbeitsende (ca. 16 Uhr): dritte Lungenfunktionstestung und Einsammeln der bearbeiteten Fragebögen
- Folgetag:
  - Einsammeln der Sammelurinbehälter und noch ausstehender Fragebögen

#### **2.2.3.4 Protokollierung der Arbeitsumgebung**

Das Gesamtbild einer Exposition zu Tonerstäuben ist bisher nicht mittels eines Parameters zu bestimmen und daher auch nicht als solches in einem Fragebogen zu erheben. Anzahl und Art der eingesetzten Laserdrucker und Kopiergeräte wurden daher im Rahmen des Pilotprojekts maximal erfasst. Einerseits konnten Geräte in Modul 1 verzeichnet werden, wenn vom Probanden konkret Beschwerden hierauf bezogen wurden. Andererseits wurde die Arbeitsumgebung der Probanden umfassend protokolliert, um auch hier relevante Einflussgrößen, deren Ursprung nicht in einer Tonerexposition vermutet wurde, zu identifizieren. Das Arbeitsumgebungsprotokoll wurde in Anlehnung an umwelt- und arbeitsmedizinische Abfragen für Innenräume vom IfHU für die vorliegende Studie zusammengestellt und erhoben, jedoch zunächst nur im Studienteil A zur Spezifizierung im Rahmen der Immissionsmessungen der untersuchten Büroräume ausgewertet (vgl. Kap. 1.1.3 und vollständiger Fragen- und Itemkatalog im Anhang).

Soweit möglich wurde auf die bestehenden Baupläne der Gebäude zurückgegriffen, um Raummaße zu übernehmen. Sofern mehrere Teilnehmer gemeinsam in einem Raum arbeiteten, wurde dies im Protokoll vermerkt.

## 2.2.4 Datenaufbereitung und statistische Auswertung

Inhalte und Codierung aller Erhebungsinstrumente wurden vor Beginn der Durchführung mittels des web-basierten Tools ArXepi (Xenet 2002) festgelegt und gleichzeitig für die Dateneingabe vorbereitet. Umgehend nach Abschluss der Befragungen und Untersuchungen wurden die erhobenen Daten unter den anonymisierten Codes der Teilnehmer für die statistische Auswertung erfasst. Nach Abschluss der Eingabe aller Daten wurden die Rohdaten inklusive ihrer beschreibenden Syntaxdateien (Label für Fragen und Werte) gesichert und zur weiteren Auswertung in SPSS importiert (Liste aller verwendeten Variablen, Codes und Labels im Anhang).

Je nach Variablentyp wurden Häufigkeitsraten oder deskriptive Maßzahlen (Mittelwert, Perzentile) zunächst für das Gesamtkollektiv bestimmt. Analytische Statistik zur Identifikation von Zusammenhängen und Risikofaktoren war im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht vorgesehen.

Für nachfolgende explorative Betrachtungen des subjektiven Bezugs ihrer Beschwerden zu tonerbasierten Bürogeräten (kurz: „tonerbezogene Beschwerden“ [TB]) wurden alle Teilnehmer anhand ihrer Beantwortung der dafür relevanten Fragen wie folgt stratifiziert:

Fragen 23f-56f: *„Bitte geben Sie an, in welchem Maße Sie von folgenden Beschwerden am Arbeitsplatz betroffen sind oder waren, in welchem Maße Sie die aufgeführten Beschwerden hatten und auf Tonergeräte (z.B. Laserdrucker, Kopierer) zurückführen.“*

Beantwortung: bei allen Beschwerden

= *gar nicht* (0)

➔ Kollektiv „keine tonerbezogenen Beschwerden“ = **kTB**

bei mindestens einer Beschwerde

= *kaum* (1), *mäßig* (2) oder *sehr* (3)

➔ Kollektiv „selbstberichtete tonerbezogene Beschwerden“ = **sTB**

Als weitere Stufe wurde die subjektive Angabe einer „Tonerschädigung“ [TS] definiert:

Frage 66: *„Sind Sie tonergeschädigt?“*

Beantwortung: = *ja* (1)

➔ Kollektiv „selbstberichtete tonerbezogene Schädigung“ = **sTS**

Teilnehmer, die eine Tonerschädigung angaben, wurden immer dem Kollektiv sTS zugeordnet, unabhängig von der Angabe ihrer tonerbezogenen Beschwerden.

Aus folgenden Quellen wurden Referenzkollektive in die Ergebnisdarstellung einbezogen:

1. Multizentrische Studie zum MCS-Syndrom (Eis et al. 2002):  
Umweltmedizinische Patienten bundesweit aus Umweltmedizinischen Ambulanzen, (UMA 2002), N=243.
2. Bundesgesundheitsurvey von 1998:  
Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe für MCS Studie (s.o.), (BGS 1998),  
N=7124.
3. Assessment of indoor air problems at work with a questionnaire 2002:  
122 Arbeitsplätze sowie Vergleichskollektive, (Referenz, Finnland),  
N=11.154.

## 2.3 Ergebnisse

### 2.3.1 Kollektive in Auswertung

Alle Untersuchungen wurden im Jahr 2006 durchgeführt. Eine angefragte Verwaltungseinrichtung wurde trotz des Interesses der Angestellten nicht einbezogen, da der Dienstplan aufgrund temporärer Mehrbelastung aller Mitarbeiter/innen dies nicht zuließ.

Insgesamt konnten unterschiedliche Verwaltungseinrichtungen (Standorte A-D) aus vier deutschen Mittel- bzw. Großstädten einbezogen werden:

- A mit N=10 Teilnehmern, Erhebung im Januar 2006 sowie Ergänzungserhebung im September 2006.
- B mit N= 32 Teilnehmern, Erhebung im März 2006.
- C mit N=18 Teilnehmern, Erhebung im Mai/ Juni 2006.
- D mit N=9 Teilnehmern, Erhebung im Oktober 2006.

Das **Gesamtkollektiv** von N=69 Probanden verteilt sich laut der oben definierten Kollektivzugehörigkeiten (siehe 2.2.4) wie folgt:

- **kTB** (keine tonerbezogenen Beschwerden): N= 26
- **sTB** (selbstberichtete tonerbezogene Beschwerden): N= 36
- **sTS** (selbstberichtete Tonerschädigung): N= 7

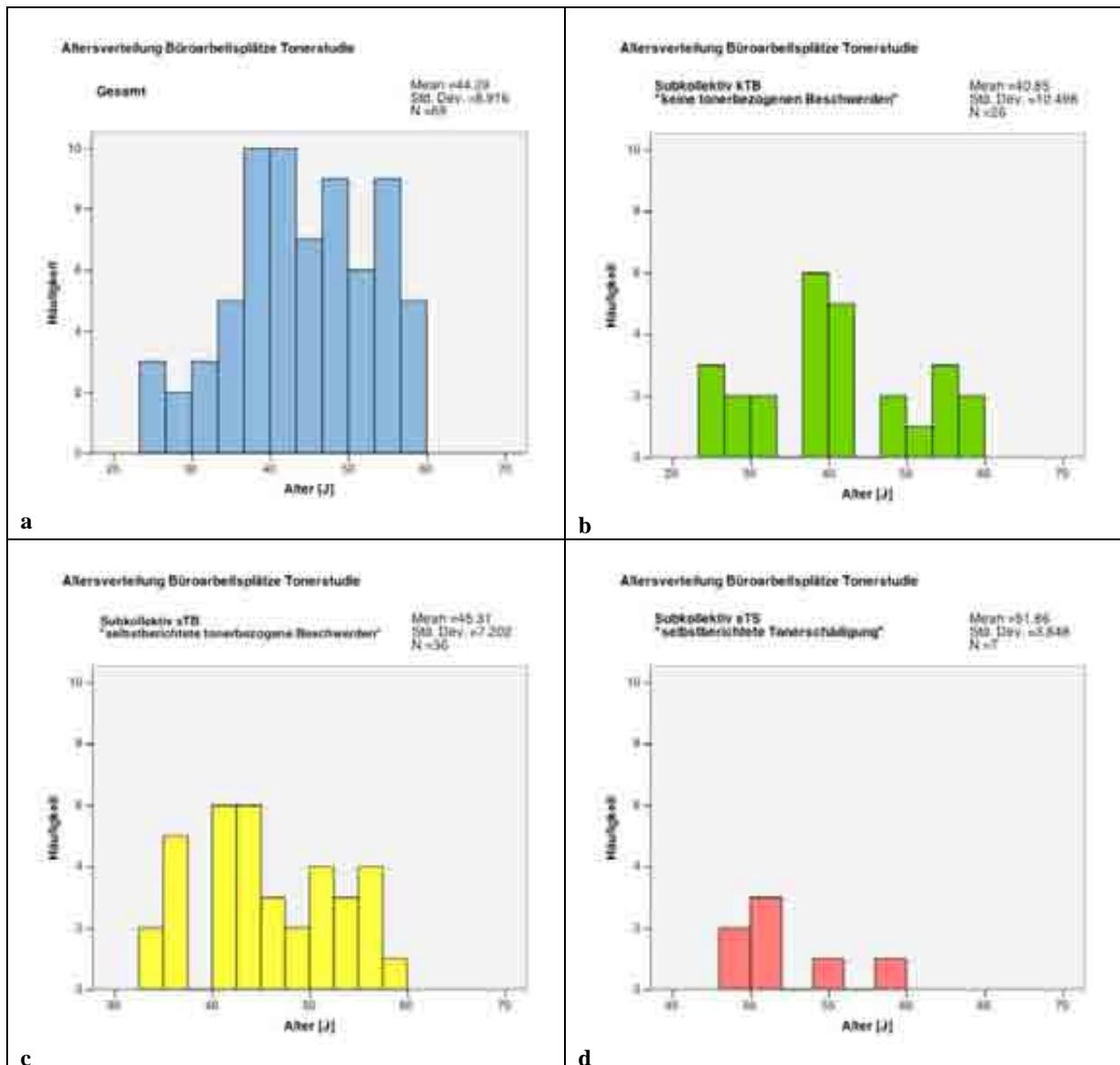
### 2.3.2 Explorative Auswertung

Die Ergebnisdarstellung folgt in allen Abbildungen den in 2.3.1 eingeführten Farbcodes für die ausgewiesenen Subkollektive und das Gesamtkollektiv. Fehlende Daten, die daran erkennbar sind, dass in einzelnen Auswertungen geringere Zahlen für N angegeben werden als in den vollständigen Kollektiven (vgl. 2.3.1) entstanden dort, wo einzelne Fragen nicht oder unvollständig beantwortet wurden bzw. Laboruntersuchungen nicht durchgeführt werden konnten.

### 2.3.2.1 Soziodemographische Daten

#### Alter

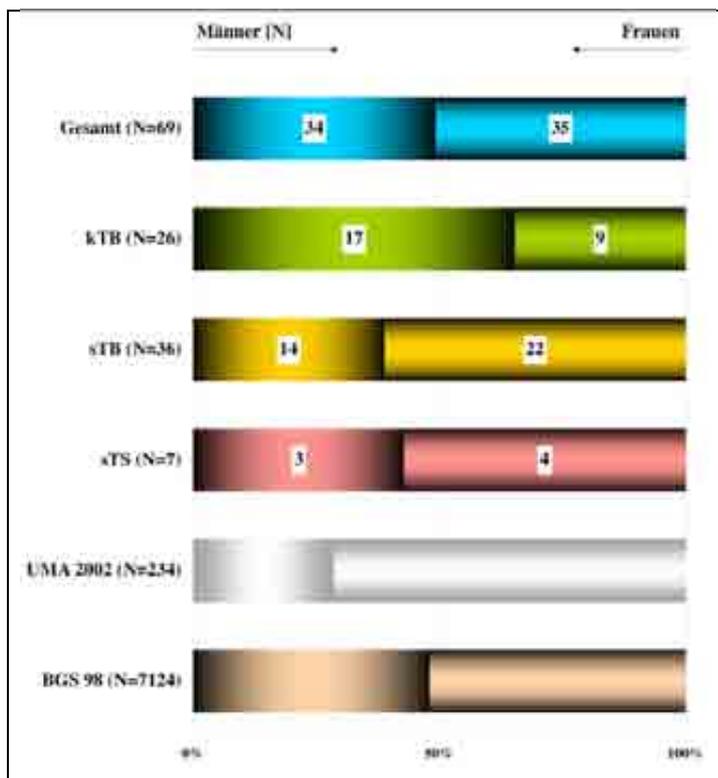
Das Alter verteilte sich im Gesamtkollektiv zwischen 24 und 59 (MW = 44) Jahren. Probanden ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB) zeigten eine ähnliche Spannweite (24 – 57 Jahre, MW = 40), im Kollektiv mit tonerbezogenen Beschwerden (sTB) war das Alter in deskriptiver Betrachtung höher (33 – 59 Jahre, MW = 45). In der Gruppe der sTS-Probanden lag das Alter mit 48 bis 59 (MW = 51) Jahren am höchsten (Abbildung 52 A-D). Im Vergleich dazu verteilte sich das Alter umweltmedizinischer Patienten des Referenzkollektivs zwischen 23 und 59 Jahren bei einem Mittelwert von 49 Jahren.



**Abbildung 52:** Häufigkeiten der Altersverteilung im Gesamtkollektiv (a) und den Subkollektiven kTB (b), sTB (c) und sTS (d) an den untersuchten Büroarbeitsplätzen.

### Geschlecht:

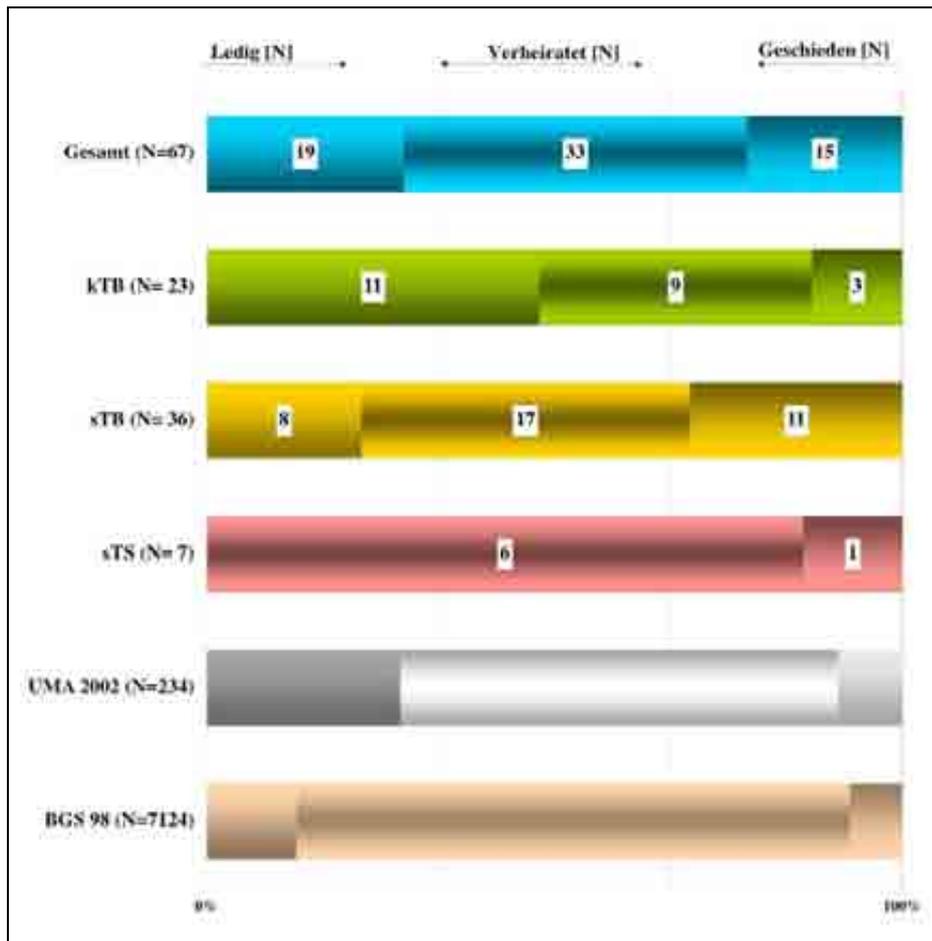
In Abbildung 53 ist die Geschlechtsverteilung der Teilnehmer auf die jeweiligen Kollektive dargestellt. Die Verteilung von Männern und Frauen war im Gesamtkollektiv gleich. In dem Unterkollektiv ohne tonerbezogene Beschwerden waren weniger Frauen (kTB= 35% ♀). In den beiden anderen Subkollektiven überwog der Frauenanteil (sTB= 61% ♀, sTS= 57 % ♀) wie auch in den Referenzkollektiven (UMA 2002: 68% ♀; BGS 1998: 52 % ♀).



**Abbildung 53:** Geschlechtsverteilung der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)) und des Bundesgesundheitsurvey (BGS 1998, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie).

## Familienstand

In Abbildung 54 sind die Angaben zum Familienstand in Anteilen an den jeweiligen Kollektiven dargestellt. Im Gesamtkollektiv der Tonerstudie sind 28% ledig, 49% verheiratet und 22% geschieden. Vergleichbare Raten (22% ledig, 47% verheiratet und 31% geschieden) fanden sich im sTB-Unterkollektiv. Ausgenommen des Kollektivs mit selbstberichteter Toner-schädigung (sTS, N=7) zeigen im Vergleich zu den Referenzkollektiven alle Kollektive der vorliegenden Studie geringere Raten an Verheirateten.

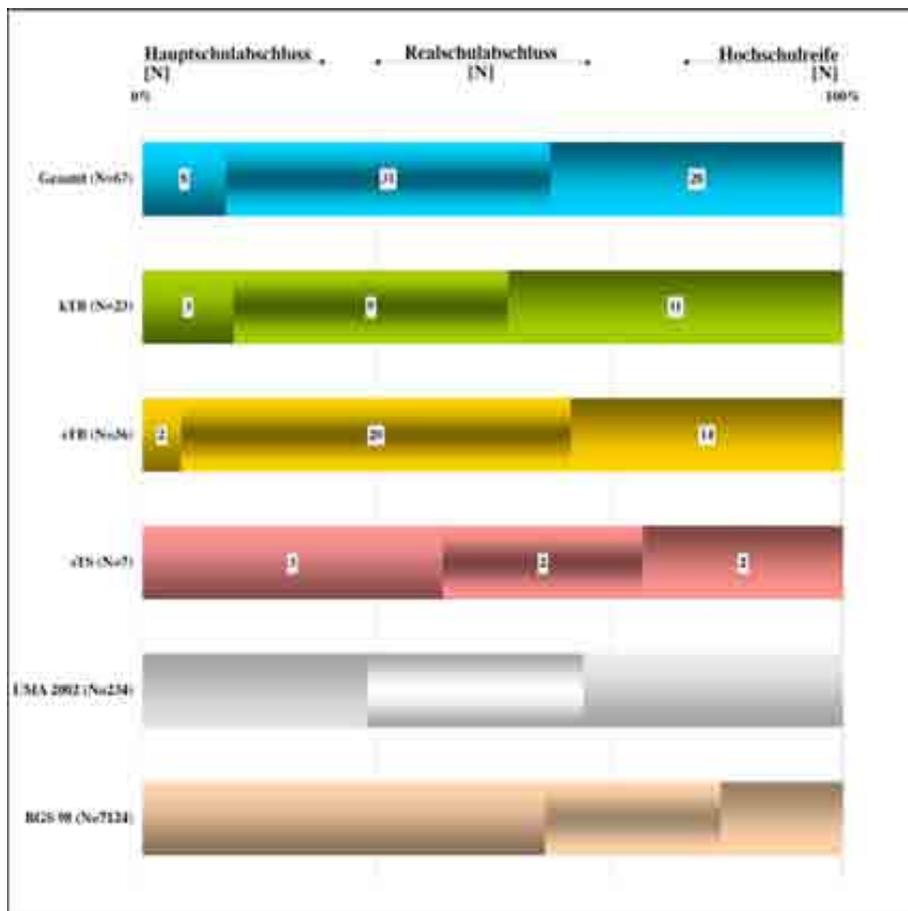


**Abbildung 54:** Familienstand der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (*UMA 2002*, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)) und des Bundesgesundheitsurvey (*BGS 1998*, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien.

## Schulbildung

In Abbildung 55 sind die Angaben zum höchsten Schulabschluss in Anteilen an den jeweiligen Kollektiven dargestellt. Beim untersuchten Gesamtkollektiv war der Anteil der Teilneh-

mer mit Hauptschulabschluss (12%) niedriger als in den Vergleichskollektiven (UMA 2002: 26%; BGS 1998: 46%).



**Abbildung 55:** Bildungsstatus der Probanden anhand des höchsten genannten Schulabschlusses im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (UMA 2002, aus multizentrischer Studie zum MCS-Syndrom, Eis et al. 2002 (MCS-Studie)) und des Bundesgesundheitsurvey (BGS 1998, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe zur MCS-Studie). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien.

Ein vergleichsweise hoher Anteil (44 %, gegenüber UMA 2002: 25% und BGS 1998: 20%) aller Teilnehmer hatte einen Realschulabschluss (inklusive des Abschlusses der polytechnischen Oberschule nach der 10. Klasse) oder Hochschulreife (allgemein bzw. fachgebunden) (26 %, gegenüber BGS 1998: 14%, UMA 2002: 30%). Die Bildungsstruktur des Gesamtkollektivs findet sich in vergleichbarem Muster auch bei den beiden Subkollektiven zur tonerbezogenen Beschwerdelage (kTB und sTB). Im Kollektiv der Probanden mit selbstberichteter Tonschädigung (sTS) hatten 43% Hauptschulabschluss, 29% einen Realschulabschluss und 14 % Hochschulreife, was aufgrund der geringen Kollektivgröße (N=7) nur eingeschränkt zu beurteilen ist.

### *Rauchstatus*

Anhand der Eigenangaben der Teilnehmer wurde der Rauchstatus zugeordnet und die Verteilung auf die Kategorien „Raucher“, „früher geraucht“ und „Nichtraucher“ in Abbildung 56 dargestellt. Im Gesamtkollektiv der Studie (N=69) waren 75% (N= 52) Nichtraucher und 25% (N=17) Raucher. Davon hatten 54% (N=32) schon mal mindestens ein Jahr lang geraucht und 46 % (N=32) nie oder weniger als ein Jahr. Probanden ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB, N=26) teilen sich in 69% (N=18) Nichtraucher und 31% (N=8) Raucher. Von diesen haben 65% (N=17) schon mal mindestens ein Jahr lang geraucht und 35% (N=9) kürzer als ein Jahr oder noch nie geraucht. Bei den Probanden mit selbstberichteten tonerbezogenen Beschwerden (sTB, N=36) sind 78% Nichtraucher (N=28) und 22% (N=8) Raucher. 47% (N=17) haben schon mal mindestens ein Jahr lang geraucht, 53% (N=19) noch nie. Probanden mit selbstberichteter Tonerschädigung (sTS, N=7) teilten sich in 86 % (N= 6) Nichtraucher und 14 % (N= 1) Raucher. Von diesen haben 43% (N=3) schon mal mindestens ein Jahr geraucht und 57% (N=4) weniger als ein Jahr oder noch nie. Bei den Referenzkollektiven der UMA 2002 (N=234) sind 56% Nichtraucher, 33% haben früher geraucht und 12% Raucher. Beim BGS 1998 (N=7124) sind 49% Nichtraucher, 22% haben früher geraucht und 29% sind Raucher.

### *Passive Exposition zu Zigarettenrauch am Arbeitsplatz*

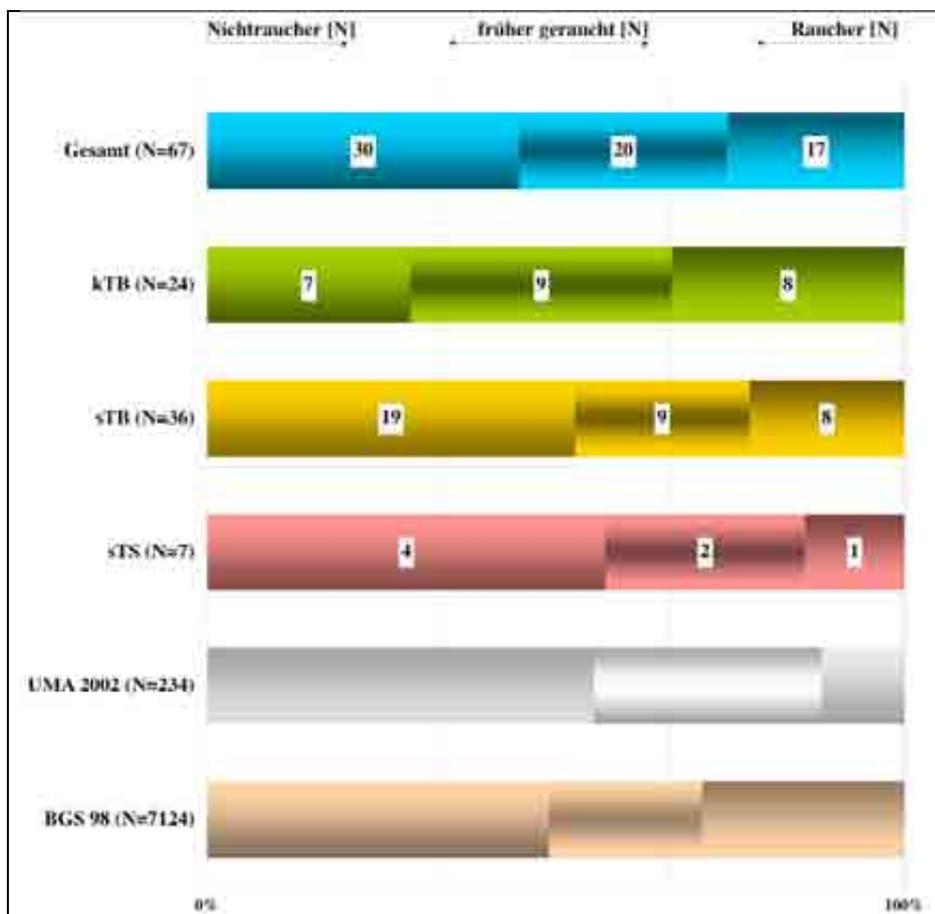
Abbildung 57 zeigt die Raten der Exposition der Probanden zu Passivrauch am Arbeitsplatz. Das Gesamtkollektiv und die Subkollektive mit und ohne tonerbezogene Beschwerden (Gesamt, kTB, sTB) wiesen hier vergleichbare Raten zum BGS 1998 auf. Probanden mit selbstberichteter Tonerschädigung (sTS) zeigten die geringste Rate, gefolgt vom Kollektiv der umweltmedizinischen Patienten (UMA 2002).

Ebenfalls im Rahmen der Pilotstudie erhobene Daten zu regelmäßiger Passivrauchexposition der Probanden insgesamt zeigten, dass nur im Kollektiv derjenigen ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB) eine zusätzliche Exposition zu der am Arbeitsplatz durch Passivrauch vorlag (Passivrauch insgesamt bei kTB: 52%, Gesamt: 31%, sTB: 22%, sTS: 14%).

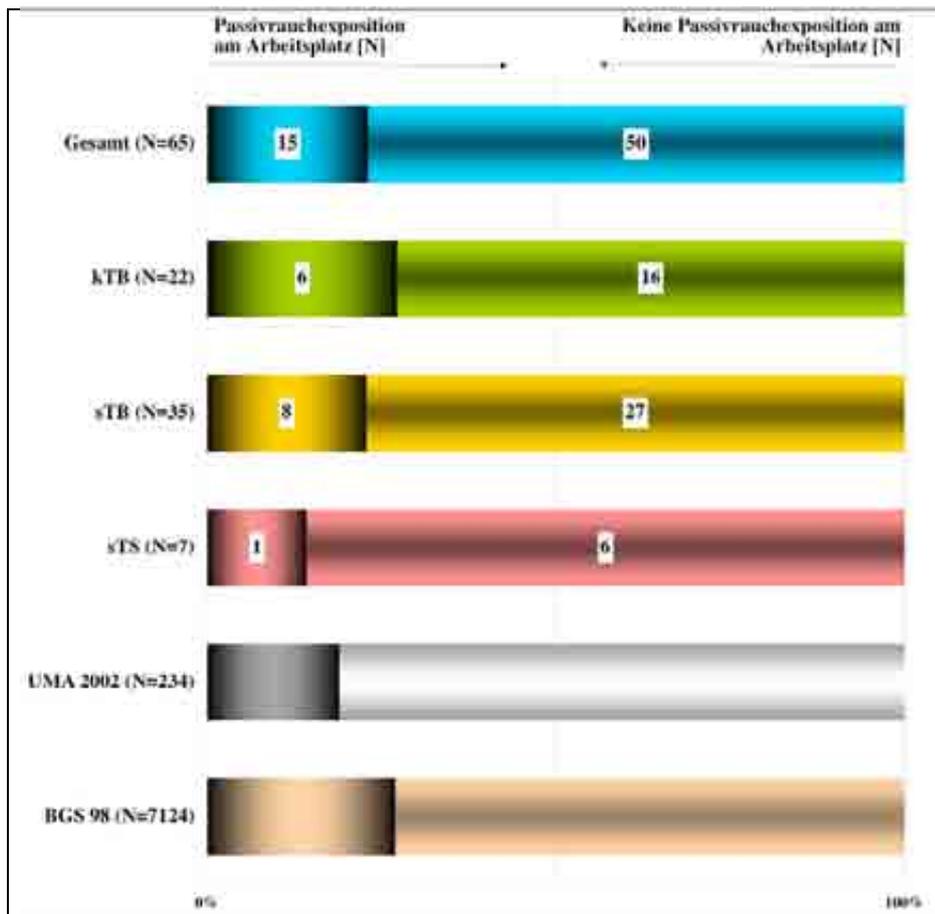
### *Cotinin im 24h-Sammelurin und Rauchstatus*

Zur Validierung der Angaben zum Rauchstatus wurden die Cotininkonzentrationen im 24h-Sammelurin anhand des Rauchstatus stratifiziert ausgewertet. In diese Auswertung gingen N=64 Personen ein. Für Nichtraucher (N=48) wurde eine Konzentration des Cotinin im 24h-

Urin im Mittel (Standardabweichung; 75%-Perzentil; 90%-Perzentil) von 201,3 (430,4; 16,4; 1002,7) [ng/ml] bestimmt, für Raucher (N=16) von 381,7 (585,3; 994,6; 1314,0) [ng/ml]. Die Verteilung der Werte anhand der 75%- und 90%-Perzentile zeigt, dass trotz der (erwarteten) *höheren Mittelwerte bei den Rauchern* aufgrund der geringen Kollektivgröße eine vergleichsweise große Anzahl von hohen Extremwerten bei den Nichtrauchern dazu führten, dass aus einer Varianzanalyse (ANOVA) kein signifikantes Ergebnis ( $p=0,191$ ) beim Vergleich der Mittelwerte von Rauchern und Nichtrauchern hervorging. Einzelne hohe Werte traten auch bei Personen auf, die nach eigenen Angaben weder Raucher waren noch Passivrauch exponiert.



**Abbildung 56:** Rauchstatus der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (*UMA 2002*, aus MCS-Studie, Eis et al. 2002) und des Bundesgesundheitsurvey (*BGS 1998*, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe des BGS '98 zur MCS-Studie)). Dargestellte Anteile beziehen sich auf die Summe der gültigen Angaben in den drei genannten Kategorien.



**Abbildung 57:** Exposition durch Passivrauch am Arbeitsplatz der Probanden im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (*UMA 2002*, aus MCS-Studie, Eis et al. 2002) und des Bundesgesundheitsurvey (*BGS 1998*, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe des BGS '98 zur MCS-Studie)).

## 2.3.2.2 Gesundheit

### 2.3.2.2.1 Selbstberichtete Erkrankungen

In Abbildung 58 sind die Lebenszeitprävalenzen der Erkrankungen dargestellt, die am Häufigsten genannt wurden: Heuschnupfen, Arthrose, erhöhtes Cholesterin, Schilddrüsenerkrankungen, Asthma bronchiale, Krampfadern, Nahrungsmittelallergien, allergische Kontaktekzeme und Migräne.

Das Gesamtkollektiv der Tonerstudie (N=69) zeigte im Vergleich zu den Kollektiven der UMA (N=234) und des BGS 1998 (N=7124) durchgehend niedrigere Werte.

Im Teilkollektiv sTS (selbstberichtete Tonerschädigung) war (passend zum höheren Alter in diesem Kollektiv, vgl. 2.3.2.1) ein höherer Anteil von Arthrose und erhöhten Blutfetten erkennbar.

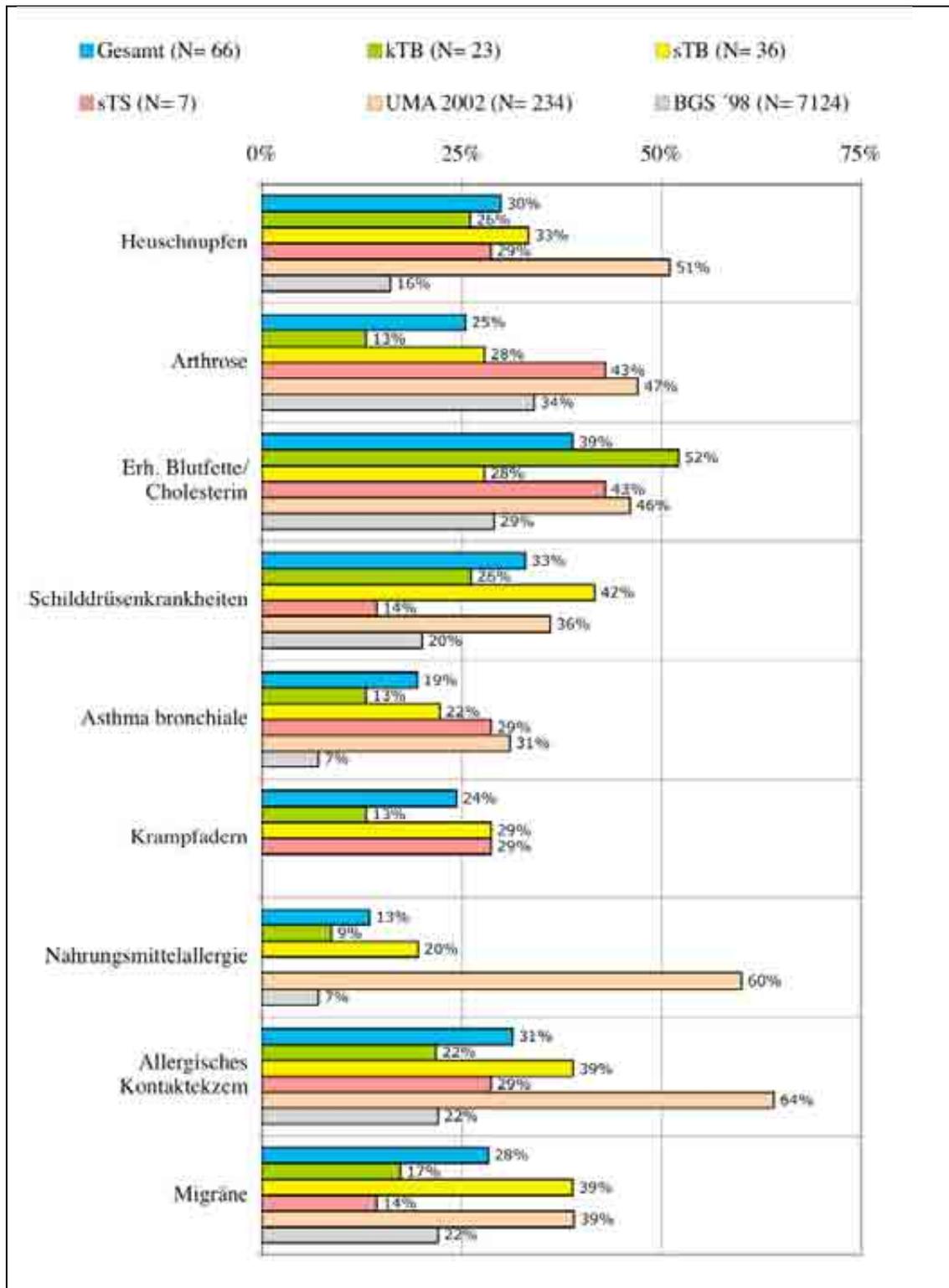
### 2.3.2.2.2 Körperliche und seelische Gesundheit (SF-36)

Bei der Auswertung der beiden standardisierten Summenskalen des SF-36 (Körperliche Summenskala: KSK und psychische/seelische Gesundheit: PSK) stehen höhere Werte für einen jeweils besseren Gesundheitszustand, wobei Werte zwischen 40-60 den Normalwerten entsprechen. Insgesamt gingen 62 Angaben von 69 Probanden in die Auswertungen ein.

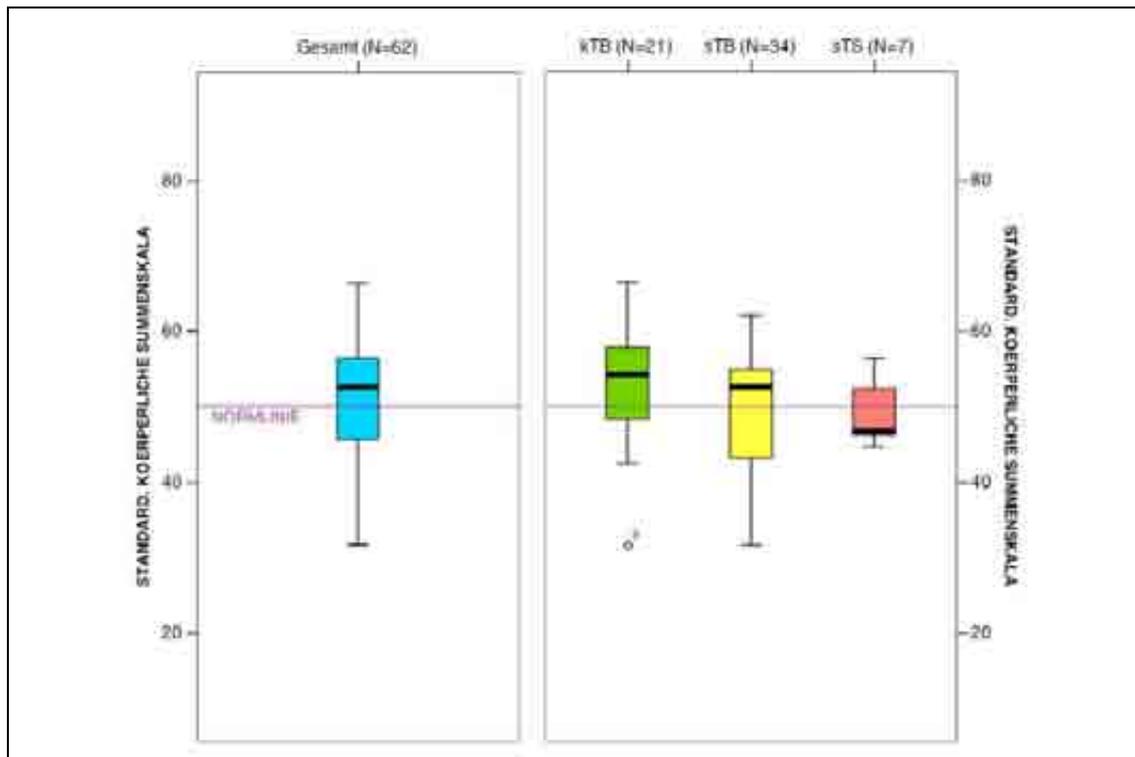
Die *standardisierte körperliche Summenskala (KSK)* des SF-36 zeigte im Gesamtkollektiv der Tonerstudie Werte von 32 bis 68 (MW=50,3; SD=8,0).

Für die Teilkollektive ist mit steigendem Maß einer subjektiven tonerbezogenen Beeinträchtigung (sTS > sTB > kTB), deskriptiv eine Verschlechterung der KSK im Mittel zu beobachten (kTB: MW=52,5; SD=7,5; sTB: MW=49,1; SD=8,8; sTS: MW=49,3; SD=4,4) (Abbildung 59).

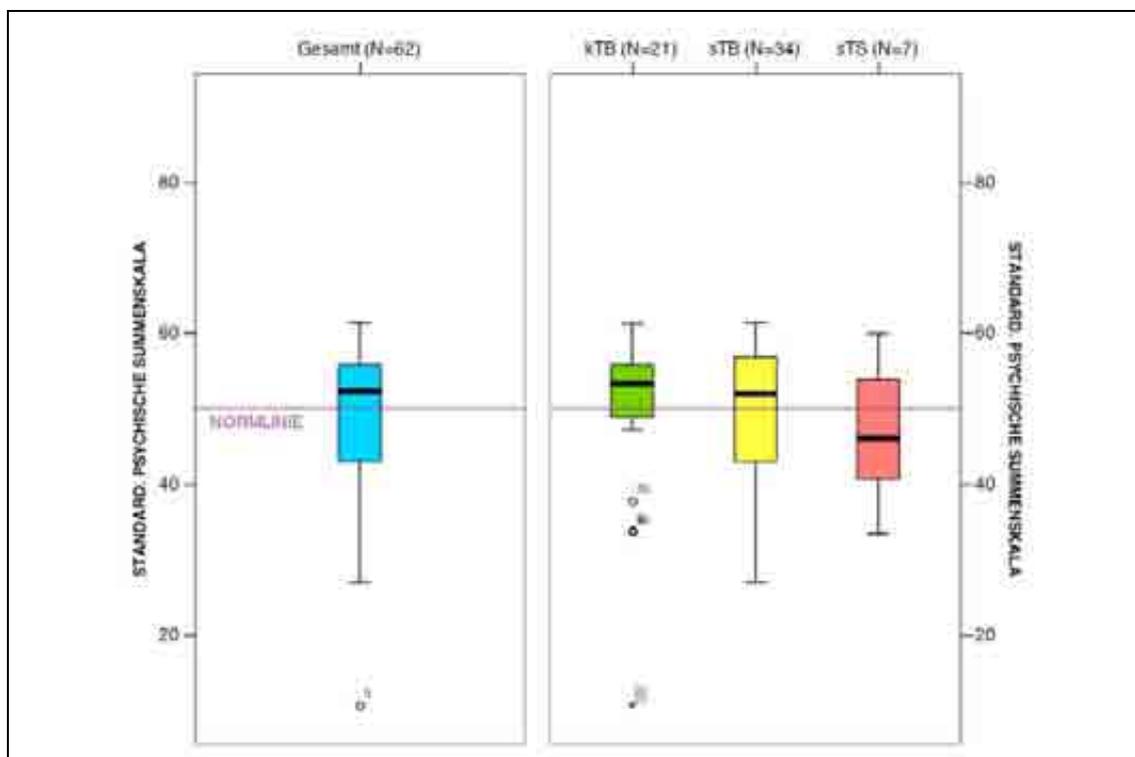
Die *standardisierte psychische Summenskala (PSK)* des SF-36 zeigte im Gesamtkollektiv der Tonerstudie Werte von 10 bis 61 (MW=48,6; SD=9,8). Auch hier sind folgend der wahrgenommenen Beeinträchtigung deskriptiv niedrigere Werte in den Teilkollektiven zu beobachten (kTB: MW=49,2; SD=11,5; sTB: MW=48,6; SD=9,0; sTS: MW=46,9; SD=9,4) (Abbildung 60).



**Abbildung 58:** Lebenszeitprävalenzen der von den Probanden am häufigsten angegebenen Erkrankungen im Vergleich mit Kollektiven umweltmedizinischer Patienten (UMA 2002, aus MCS-Studie, Eis et al. 2002) und des Bundesgesundheitsurvey (BGS 1998, Alters- und geschlechtsangepasste Stichprobe des BGS '98 zur MCS-Studie)).



**Abbildung 59:** Körperliche Gesundheit anhand der standardisierten körperlichen Summenskala (KSK) des SF-36 für das Gesamtkollektiv der Probanden und die Subkollektive (Boxplots)



**Abbildung 60:** Seelische Gesundheit anhand der standardisierten psychischen Summenskala (PSK) des SF-36 für das Gesamtkollektiv der Probanden und die Subkollektive (Boxplots)

### 2.3.2.2.3 Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2)

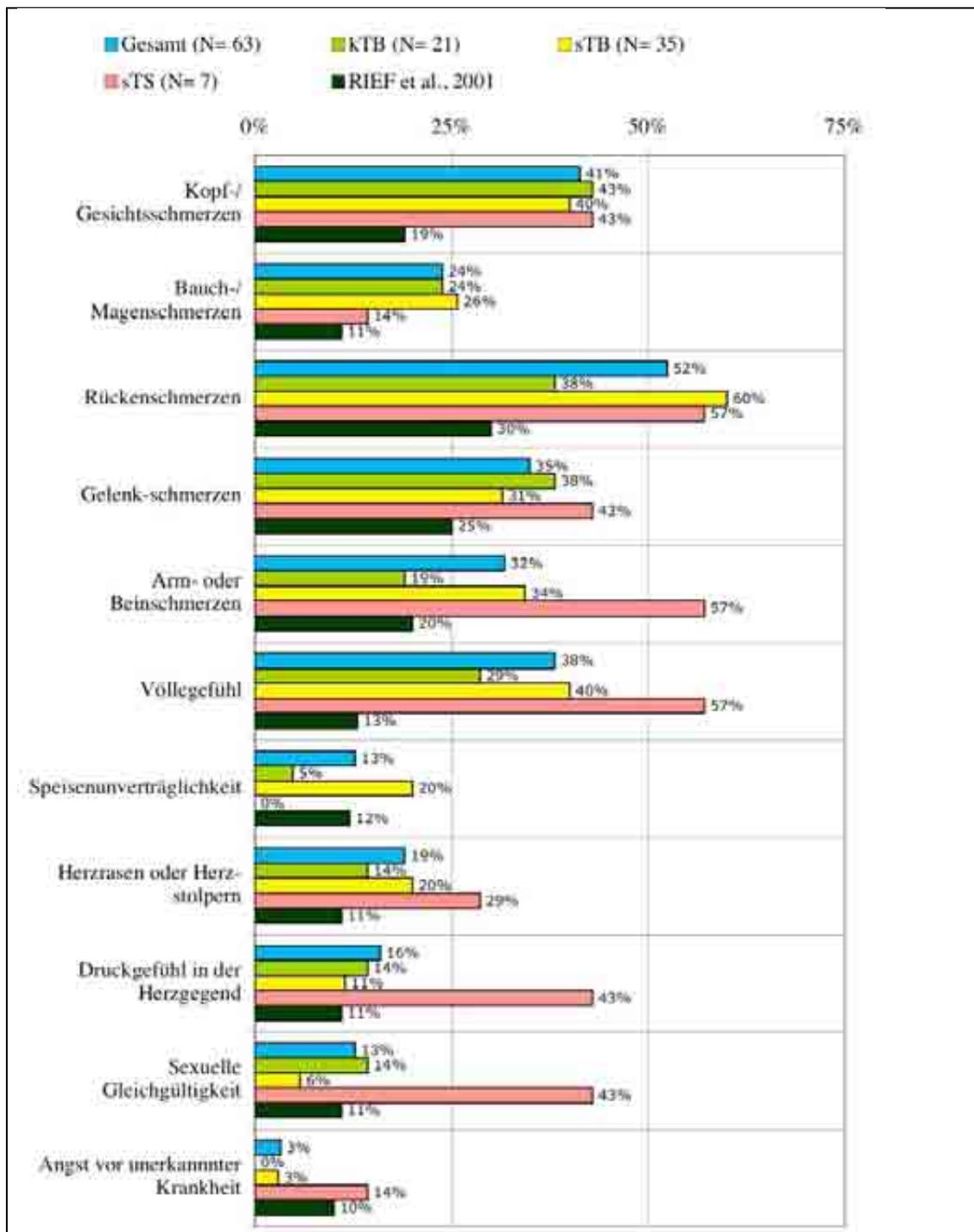
In Abbildung 61 sind die Raten der häufigsten unerklärten körperlichen Einzelbeschwerden dargestellt. Die Auswertung basiert auf 63 von 69 gültigen Datensätzen des SOMS 2. Im Gesamtkollektiv und allen Teilkollektiven lagen die Raten erkennbar über denen des dem Referenzkollektivs (Rief et al. 2001). Insbesondere unter den sTS-Probanden zeigten sich hohe Anteile (z.B. je 57% bei Rückenschmerzen, Arm- oder Beinschmerzen und Völlegefühl). Die Frage nach „Angst vor unerkannten Krankheiten“ (Hypochondrie) wurde in diesem Kollektiv mit 14% ebenfalls häufiger beantwortet als im Referenzkollektiv (10%), während diese Frage in den beiden anderen Subkollektiven seltener angegeben wurden (0-5%).

Die Auswertung der Summe ärztlicherseits unerklärter körperlicher Beschwerden anhand des Gesamtbeschwerdeindex ist in Abbildung 62 dargestellt (Summe der Nennungen von Items 1-48 des SOMS). Die Werte verteilen sich größtenteils oberhalb des Mittelwertes (vgl. Referenzlinie im Diagramm: MW= 3,18, SD=4,59), der für die deutsche Normalbevölkerung angegeben werden (Hessel et al. 2002). Im Kollektivvergleich stellten sich die Mittelwerte wie folgt dar: Gesamt: MW=7,06; SD=7,10; kTB: MW=5,04, SD=6,31, sTB: MW= 7,08, SD= 6,23, sTS: MW=13,0, SD=10,3.

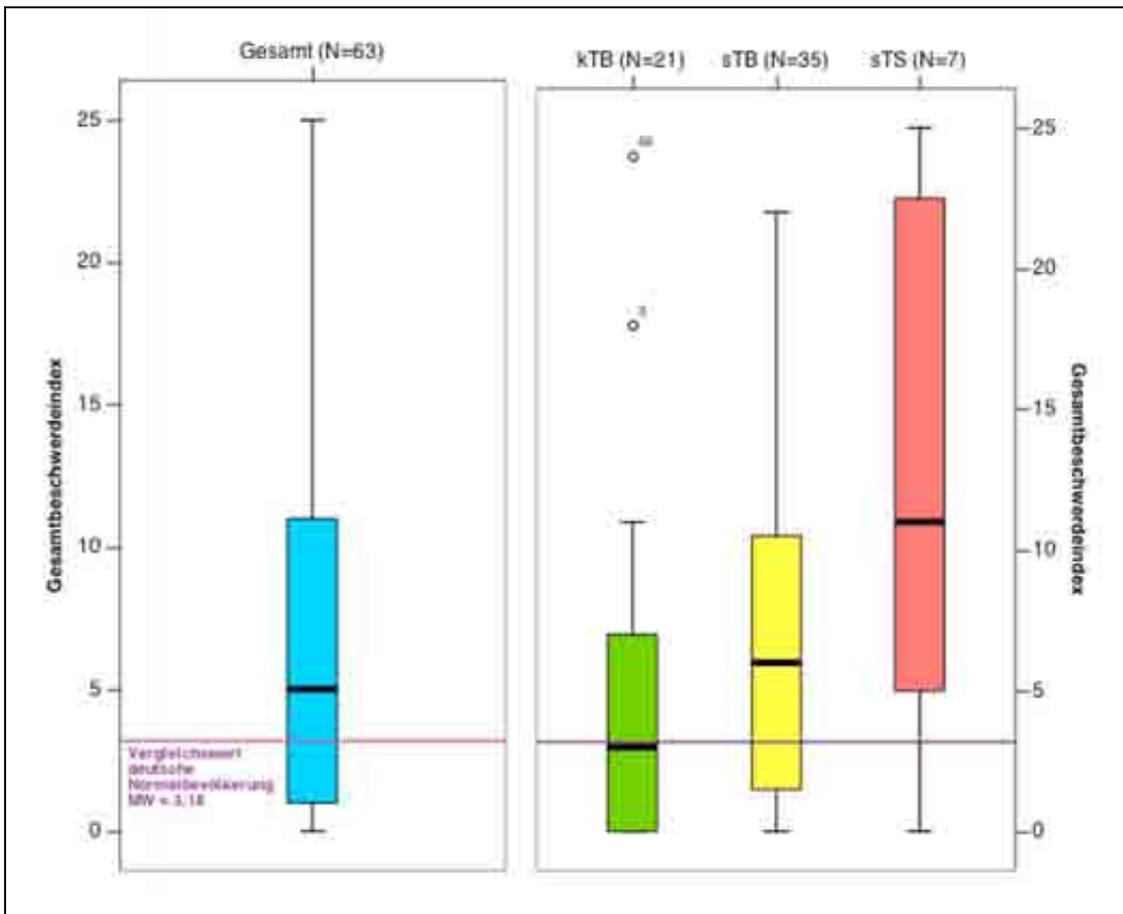
Eine Angabe, wie häufig sie wegen der genannten unerklärten körperlichen Beschwerden beim Arzt gewesen waren, mussten nur diejenigen machen, die auch diese Beschwerden hatten. In der Auswertung des Gesamtkollektivs waren dies N=47. Diese verteilten sich auf die Subkollektive mit kTB=12, sTB=29 und sTS=6.

Insgesamt zeigt die Auswertung der Häufigkeit von Arztbesuchen bei dem untersuchten Gesamtkollektiv ein vergleichbares Niveau wie die in der Normalbevölkerung.

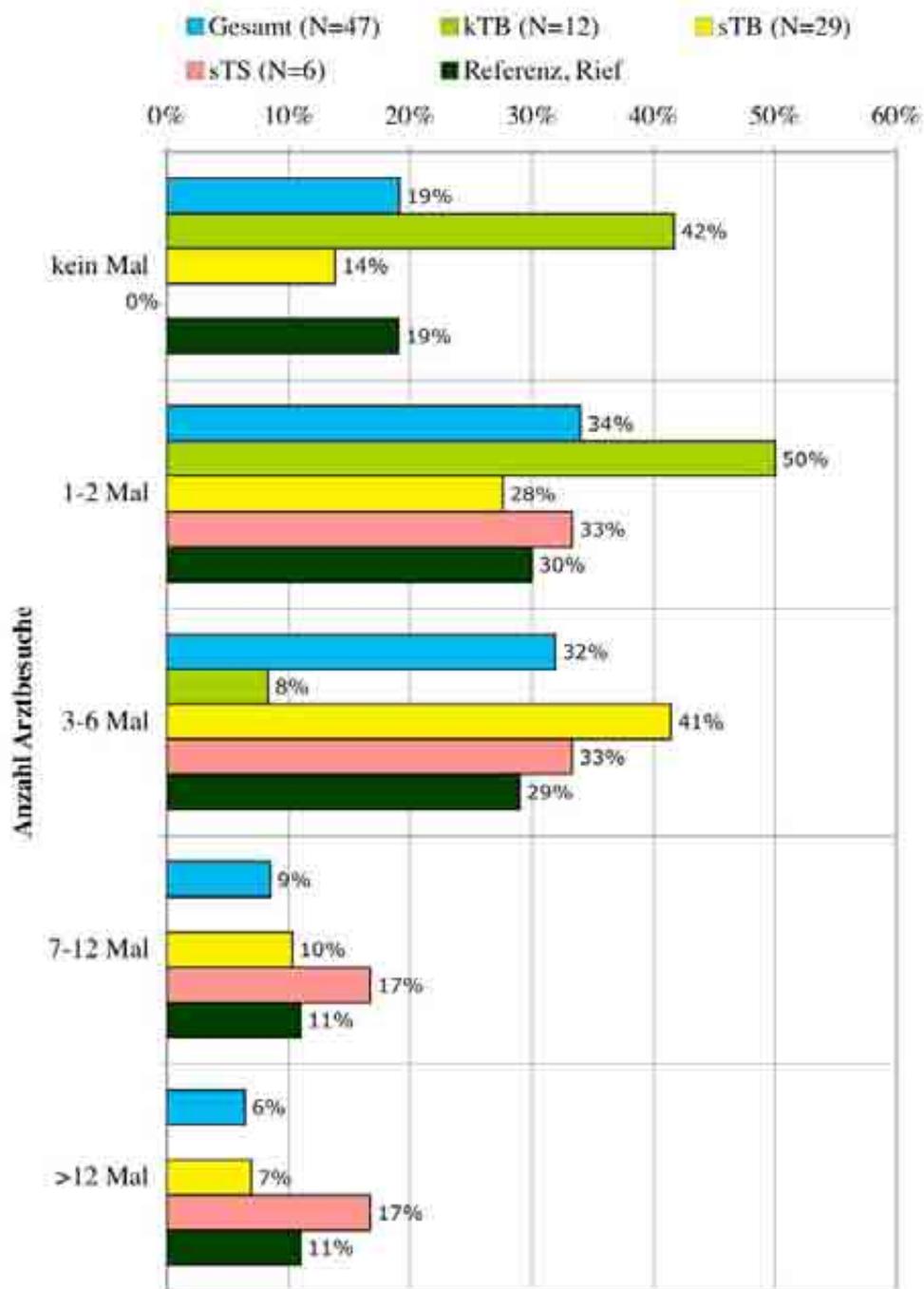
Probanden mit selbstberichteter Tonschädigung suchten deutlich öfter einen Arzt auf. Je höher das Maß der tonerbezogenen Beschwerden ( $sTS > sTB > kTB$ ) desto öfter ging ein Proband zum Arzt (Abbildung 63).



**Abbildung 61:** Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2) im Kollektivvergleich (Häufigkeiten der Nennungen der häufigsten Symptome).



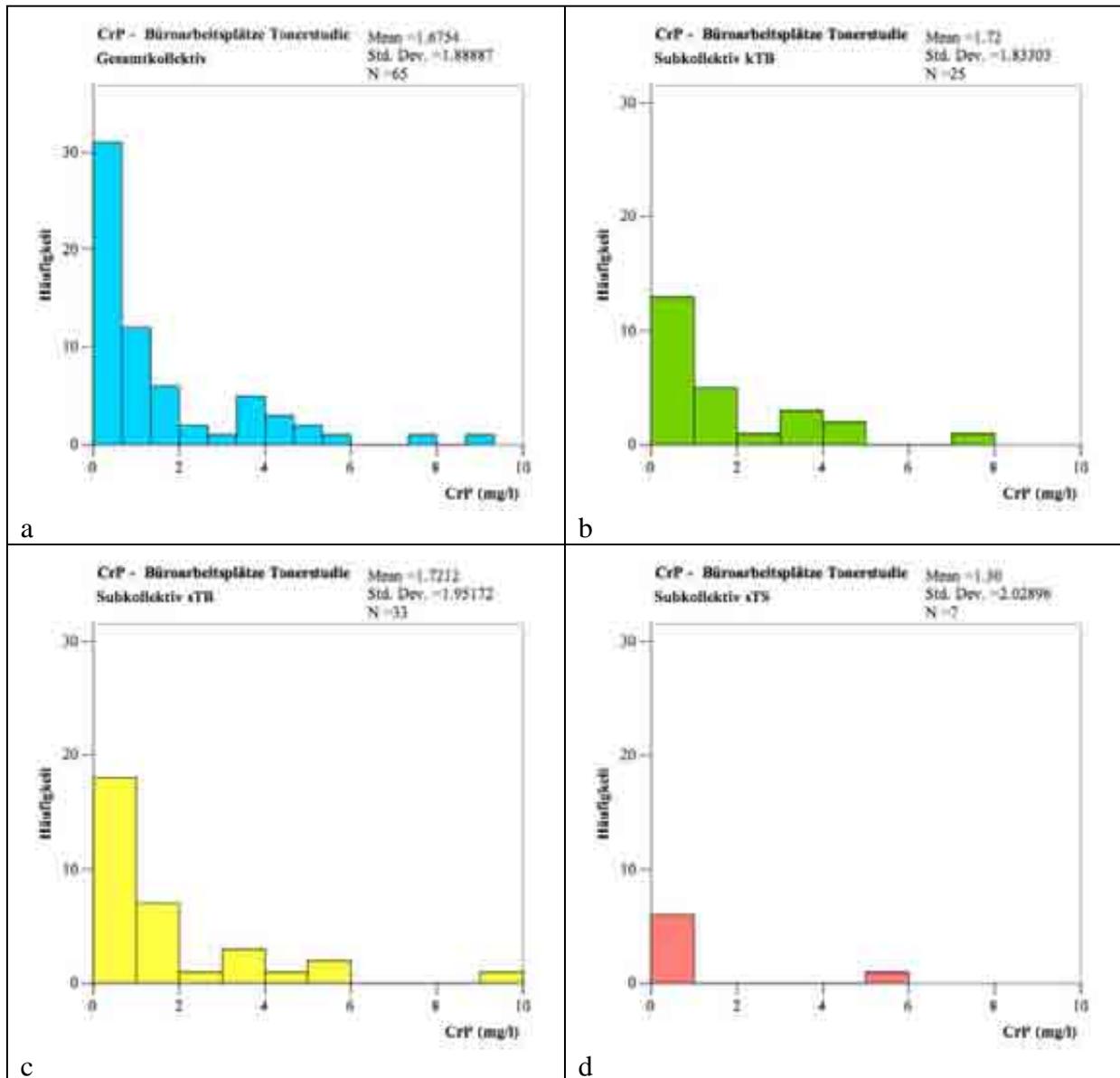
**Abbildung 62:** Unerklärte körperliche Beschwerden (SOMS 2). Boxplots des Gesamtbeschwerdeindex des Gesamtkollektivs der Probanden und der Subkollektive.



**Abbildung 63:** Anzahl der Arztbesuche der Probanden (Gesamtkollektiv und Subkollektive) aufgrund körperlich unerklärter Beschwerden (SOMS 2).

### 2.3.2.2.4 C-reaktives Protein (CrP)

Insgesamt wurde kein Wert über 10 mg/l, was als Grenze leichte Entzündungen gilt, gemessen. Im kTB Kollektiv (N=26) lagen bis auf 2 Werte alle unter 5 mg/l. Im sTB-Kollektiv (N=36) zeigte sich dasselbe Bild und bei den Probanden mit selbstberichteter Tonerschädigung lagen alle Werte unter 6 mg/l (Abbildung 64).

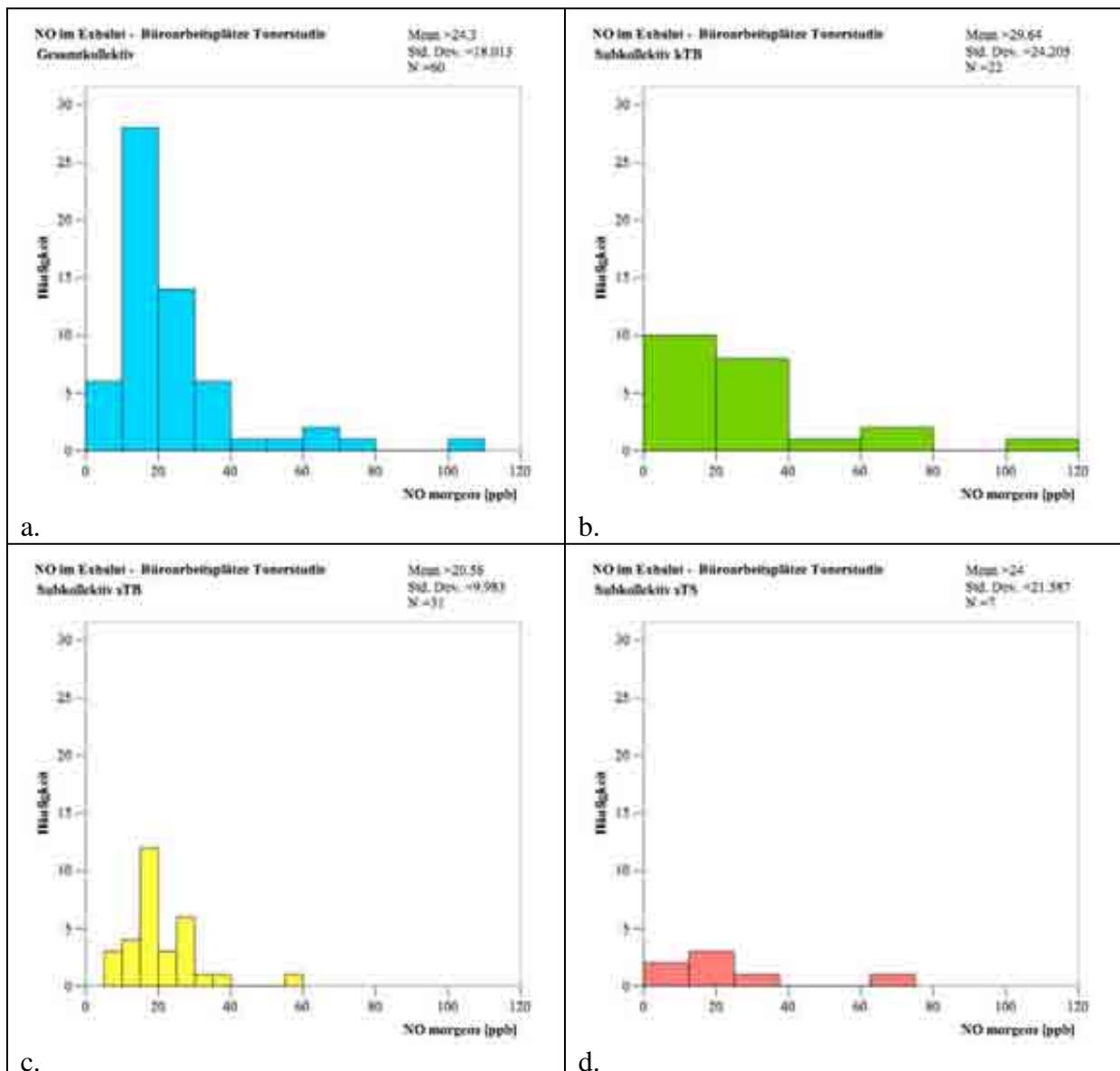


**Abbildung 64** C-reaktives Protein (CrP) im Serum der Probanden: Häufigkeiten der Serumspiegel für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive (b-d).

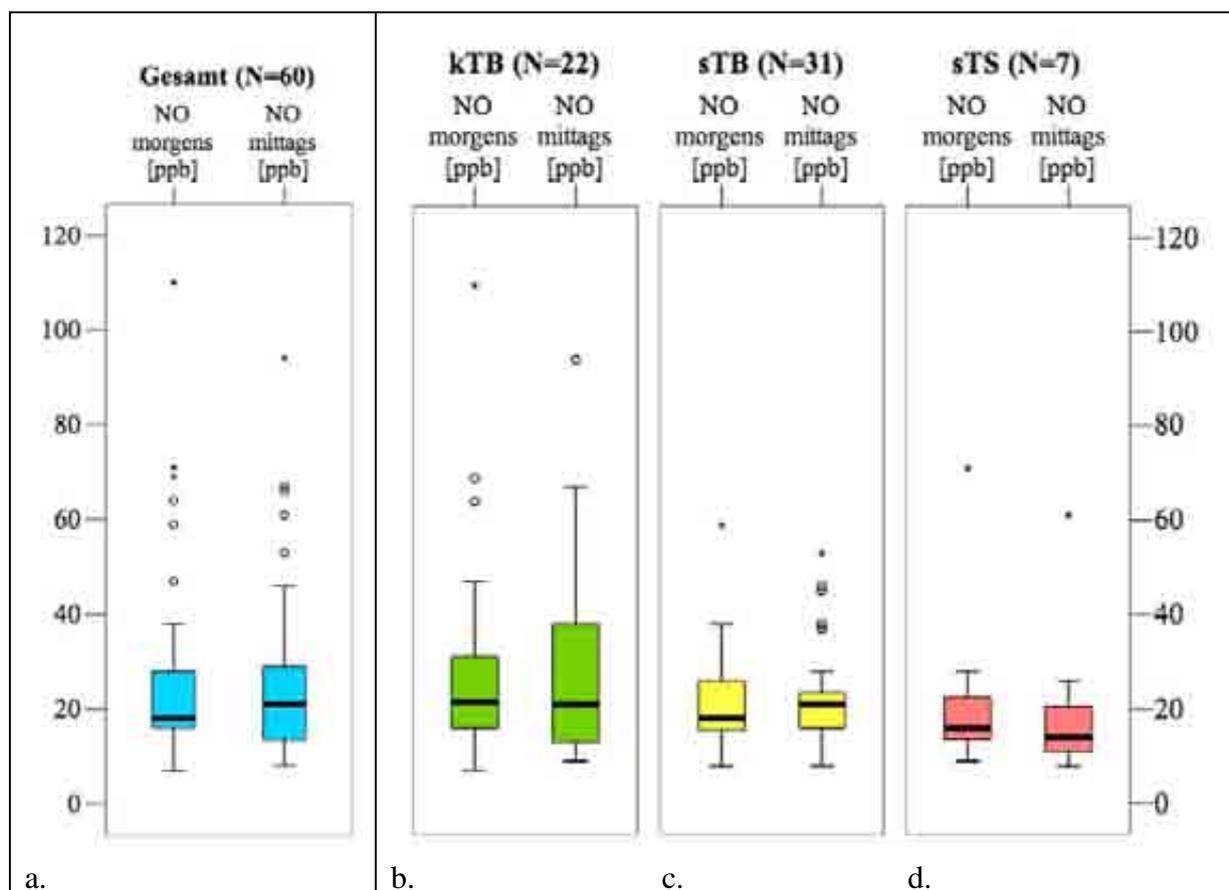
### 2.3.2.2.5 Stickstoffmonoxid (NO) im Exhalat

Die deskriptive Auswertung der Konzentration von NO im Exhalat erfolgte zunächst anhand der Kollektivstratifizierung auf Basis der Angabe tonerbezogener Beschwerden für (Abbildung 65).

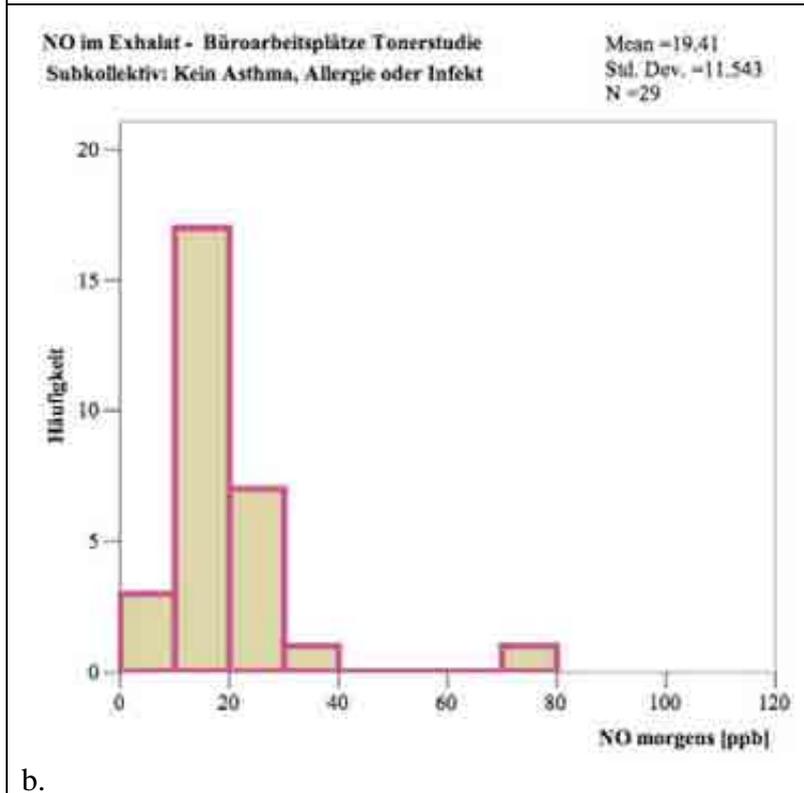
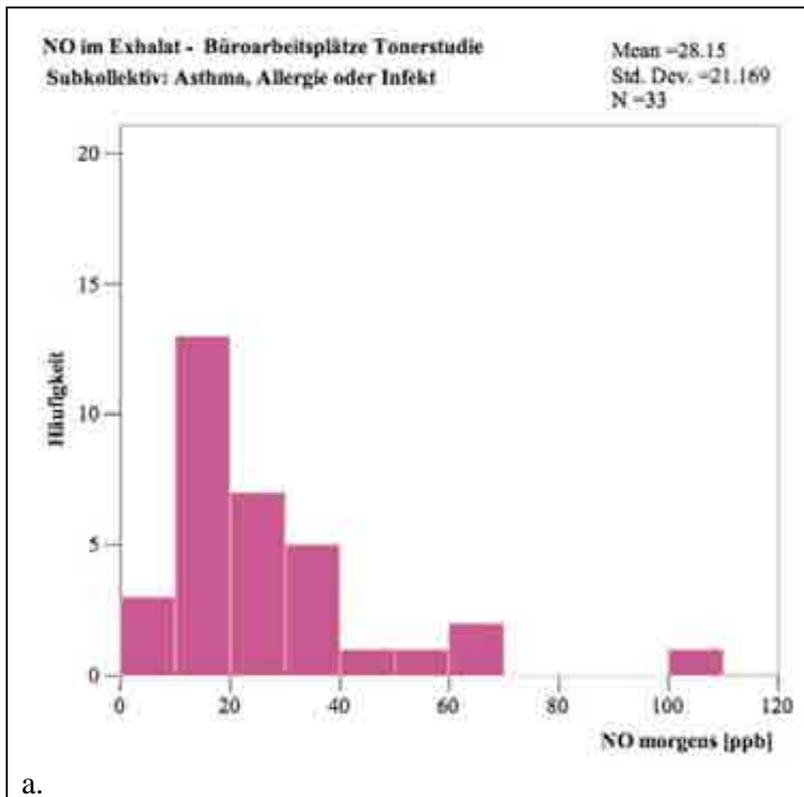
In weiteren Ansätzen wurden die Ergebnisse in Bezug zum Tagesgang (Abbildung 66) sowie selbstberichteten Angaben von Allergie, Asthma oder Infektion (Abbildung 67) und dem Rauchstatus (Abbildung 68) gesetzt.



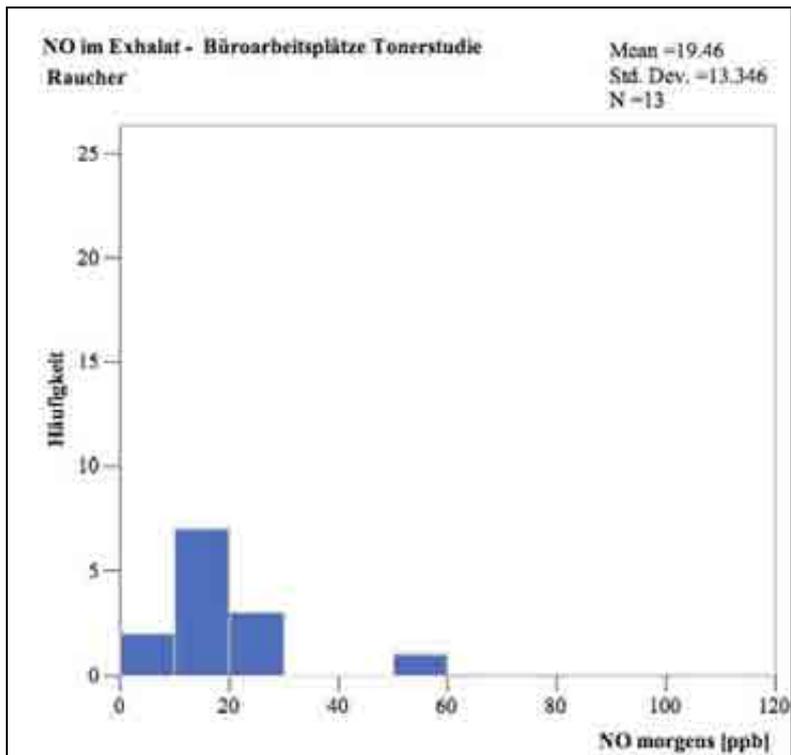
**Abbildung 65:** Stickmonoxid (NO) im Exhalat der Probanden: Häufigkeiten der NO-Konzentrationen in der Ausatemluft für das Gesamtkollektiv (e) und die Subkollektive (b-d).



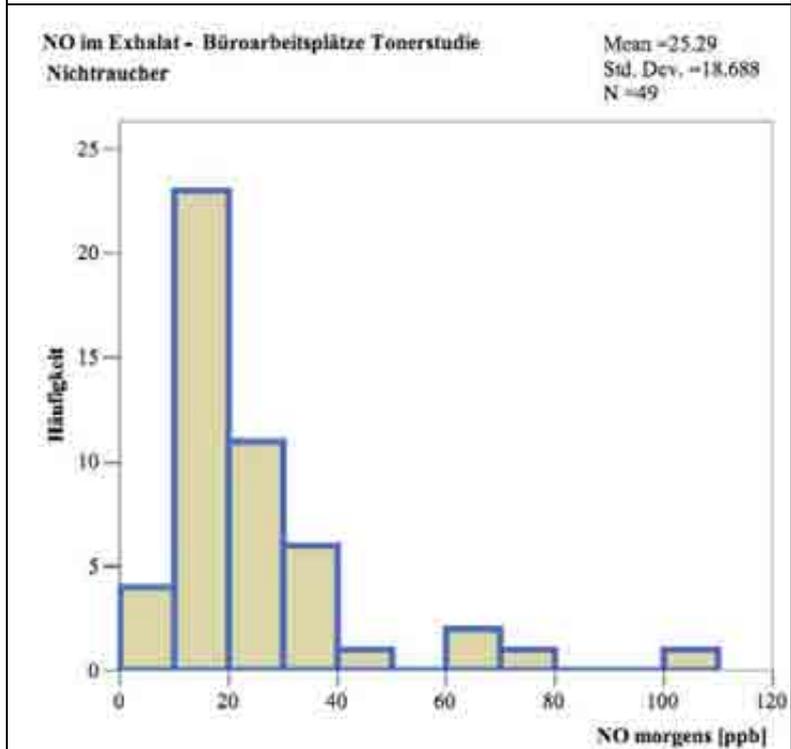
**Abbildung 66:** Stickstoffmonoxidmessung (NO) im Exhalat der Probanden: NO-Konzentrationen im Tagesgang für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d)



**Abbildung 67:** Häufigkeiten für Stickstoffmonoxid (NO)-Konzentrationen im Exhalat der Probanden am Morgen mit (a) und ohne (b) Vorliegen allergischer oder entzündlicher Atemwegserkrankungen.



a. Raucher



b. Nichtraucher

**Abbildung 68:** Häufigkeiten für Stickstoffmonoxid (NO)-Konzentrationen im Exhalat der Probanden am Morgen für Raucher (a) und Nichtraucher (b)

Einen Hinweis auf eine eosinophile Entzündung in den Atemwegen gab es in 2 Fällen basierend auf einer NO-Konzentration im Exhalat von  $> 100$  ppb. Die 2 Probanden gehörten zu denjenigen ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB). In den Kollektiven mit Beschwerden bzw. Schädigung lagen alle NO-Konzentrationen  $< 40$  ppb, außer bei 2 Teilnehmern, bei denen NO-Konzentrationen zwischen 40 und 80 ppb gemessen wurden.

Im Vergleich von „Leerwerten“ am Morgen (vor dem Betreten des Büros) mit den Mittagswerten waren keine Änderungen zu erkennen. Der Mittelwert der NO-Konzentrationen sank im kTB-Kollektiv von 21 auf 20 ppb, stieg im sTB-Kollektiv von 20 auf 21 ppb und sank im sTS-Kollektiv von 19 auf 18 ppb. NO-Konzentrationen unter 100 ppb werden als Normalwerte eingestuft. Eine Entzündungsreaktion der Atemwege durch Einflüsse am Arbeitsplatz kann daher für die Probanden nicht angenommen werden.

Bei Probanden mit Allergie, Asthma oder Infektion lagen alle NO-Konzentrationen im Exhalat bis auf eine mit 100 ppb unter 70 ppb und damit ebenso im Normalbereich wie bei Probanden ohne die genannten Vorerkrankungen, bei denen alle Konzentrationen  $< 80$  ppb blieben. NO im Exhalat stellt einen brauchbaren Parameter zur Verlaufskontrolle des Asthma bronchiale dar. Bis auf einen Probanden konnte in der vorliegenden Studie keine Akutphase eines Asthma bronchiale erkannt werden.

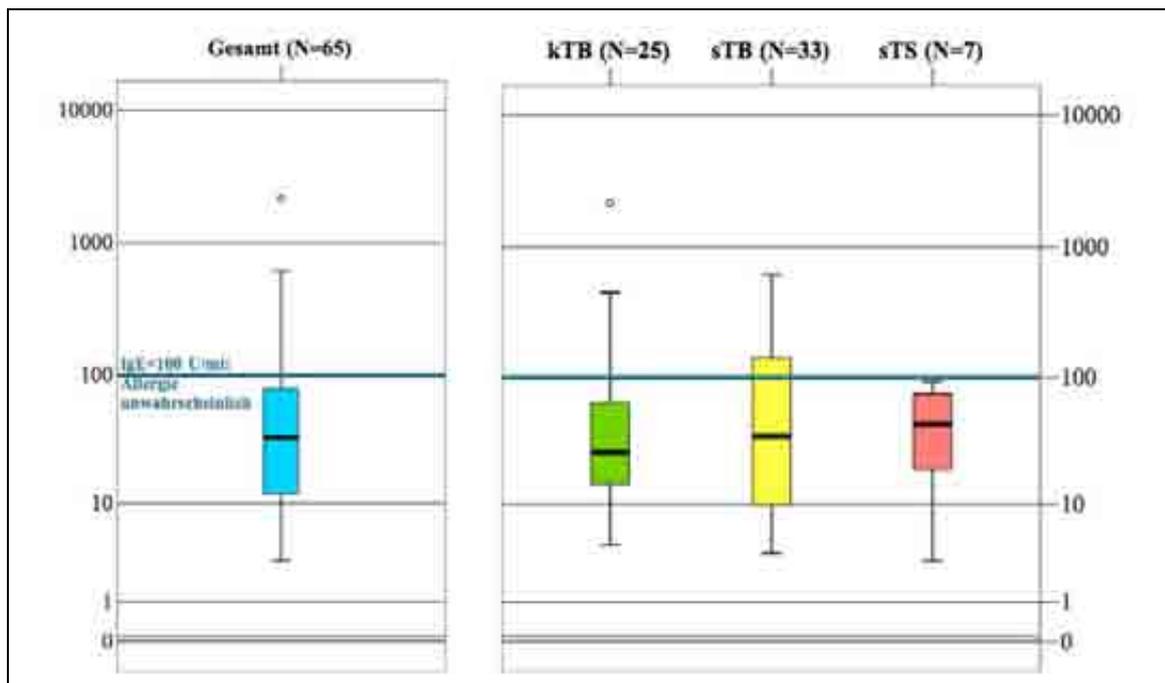
Bei den Rauchern lagen alle NO-Konzentrationen im Exhalat bei  $< 60$  ppb. Hier waren keine Hinweise auf Entzündungen der Atemwege zu erkennen. Bei den Nichtraucherern zeigte sich wieder die eine NO-Konzentration mit  $> 100$  ppb. Alle anderen waren auch hier im Normbereich mit  $< 80$  ppb. Über 80% der Probanden zeigten NO-Konzentrationen  $< 40$  ppb.

#### **2.3.2.2.6 Lungenfunktion**

Im Rahmen der Lungenfunktionsuntersuchungen sollten das forcierte expiratorische Volumen in der ersten Sekunde ( $FEV_1$ ) und die Vitalkapazität (VC) bestimmt werden. Bereits während der Untersuchungen wurden hier Unplausibilitäten in Form systematisch zu hoher Werte beobachtet. Diese waren für das Subkollektiv, das im Rahmen der Zusatzuntersuchungen eingehenden Lungenfunktionsanalysen mittels stationärer Geräte unterzogen wurde, nicht zu reproduzieren. Aufgrund der so aufgetretenen umfangreichen Unsicherheit wird an dieser Stelle auf die deskriptive Auswertung der Lungenfunktion verzichtet.

### 2.3.2.2.7 IgE-Konzentrationen im Serum

Betrachtet man Gesamt- und Teilkollektive wird die IgE-Konzentration von 100 U/ml, oberhalb der eine Allergie als wahrscheinlich anzunehmen ist, nur bei sTB-Probanden ab dem 75%-Perzentil (151 U/ml) erkennbar überschritten (Abbildung 69). Alle Mediane und 5%getrimmte Mittelwerte (5%MW) liegen unterhalb dieser Grenze (Gesamt: Median=34; 5%MW=68 [U/ml]; kTB: Median= 26; 5%MW= 65 [U/ml]; sTB: Median= 35; 5%MW= 79 [U/l]; sTS: Median= 44; 5%MW= 47 [U/l]). Bei den sTS-Probanden wird eine IgE-Konzentration von 100 U/ml nicht erreicht.



**Abbildung 69:** Immunglobulin E (IgE) im Serum [U/ml] der Probanden. Verteilung für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive (Boxplots, logarithmiert).

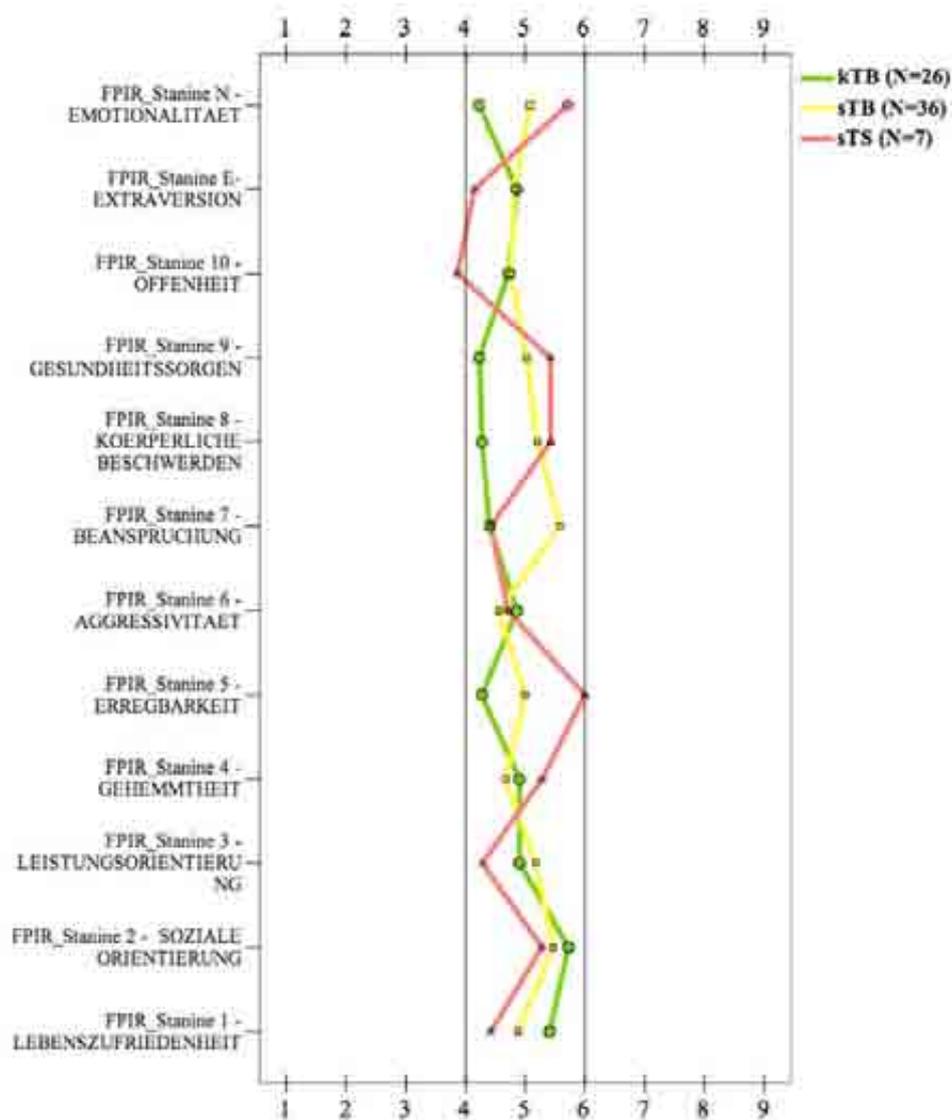
### 2.3.2.2.8 Sensibilisierung gegenüber häufigen Allergenen (RAST)

Bei der Sensibilisierung gegenüber häufigen Allergenen im RAST des Inhalationsscreens SX1, des Nahrungsmittelscreens FX5 sowie der Schimmelpilzmischung MX2 (vgl. Allergenspezifikationen in Tabelle 16) zeigte sich im untersuchten Gesamtkollektiv eine klare Abwärtstendenz: Inhalationsscreen (35%) > Nahrungsmittelscreen (10%) > Schimmelpilzscreen (3%). Die Häufigkeiten sind ähnlich denen der Normalbevölkerung (Lage et al. 2004).

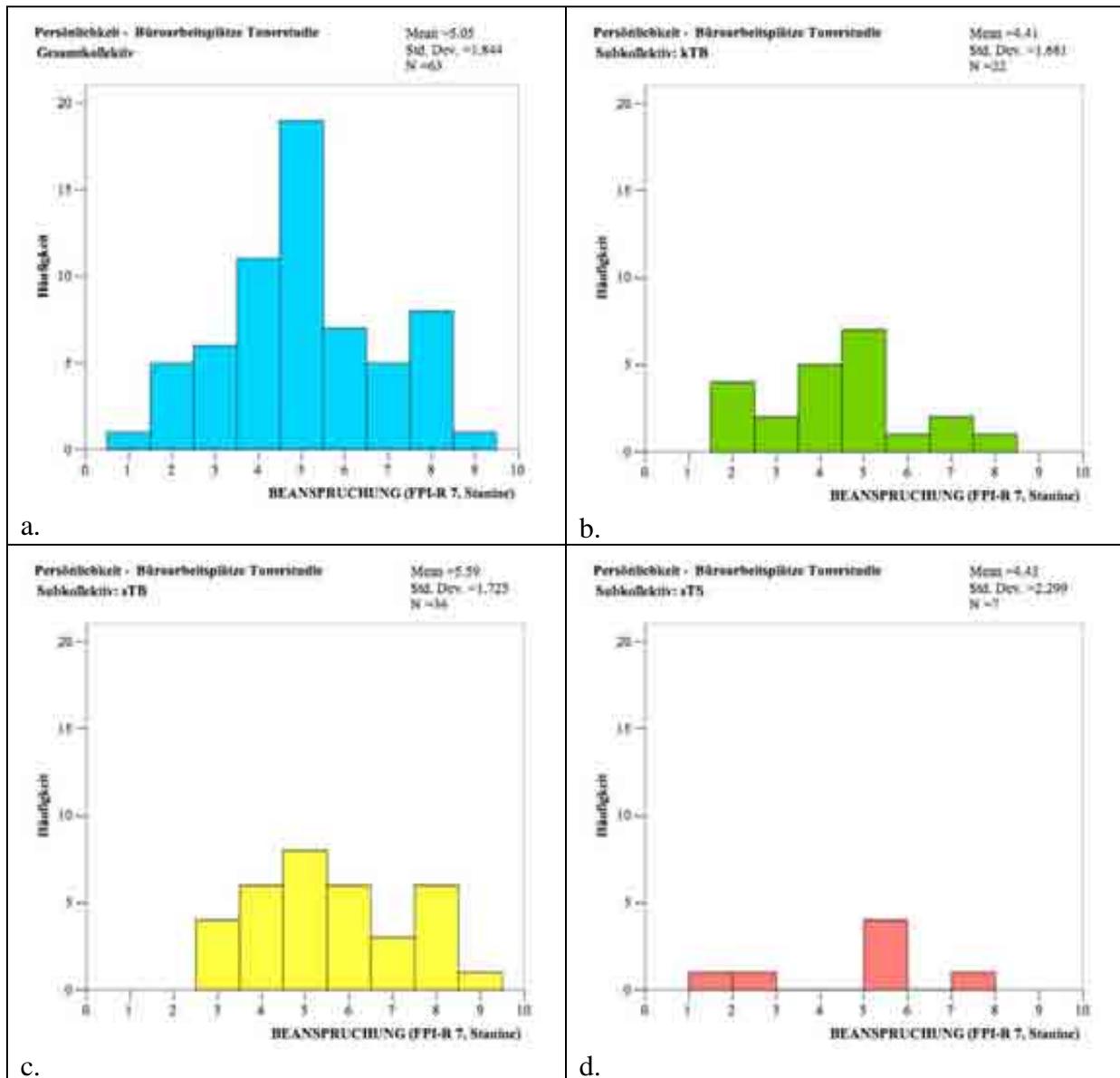
### 2.3.2.3 Individuelle Charakteristika

#### 2.3.2.3.1 Persönlichkeit (FPI-R)

Im FPI-R wurden die für die untersuchten Subkollektive ermittelten Mittelwerte in Vergleich zu bevölkerungsrepräsentativen Erhebungen gestellt (Abbildung 70). Hier lagen alle Werte im Normbereich zwischen 4-6. Außer im Teilkollektiv (sTS) wurde in Bezug auf „Offenheit“ und „Erregbarkeit“ der Normbereich nie verlassen (Abbildung 71).



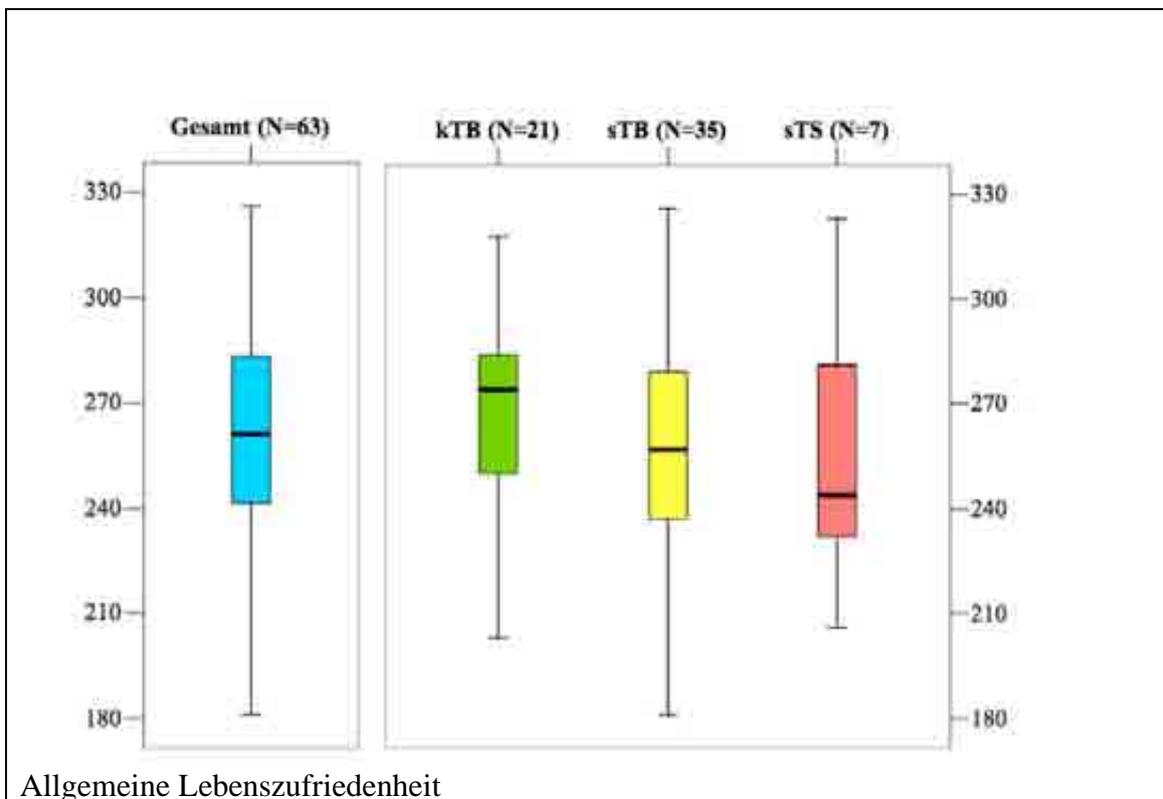
**Abbildung 70:** Normierte Mittelwerte der standardisierten Skalen zur Auswertung des Freiburger Persönlichkeitsinventars (FPI-R) für die Subkollektive der Probanden im Vergleich



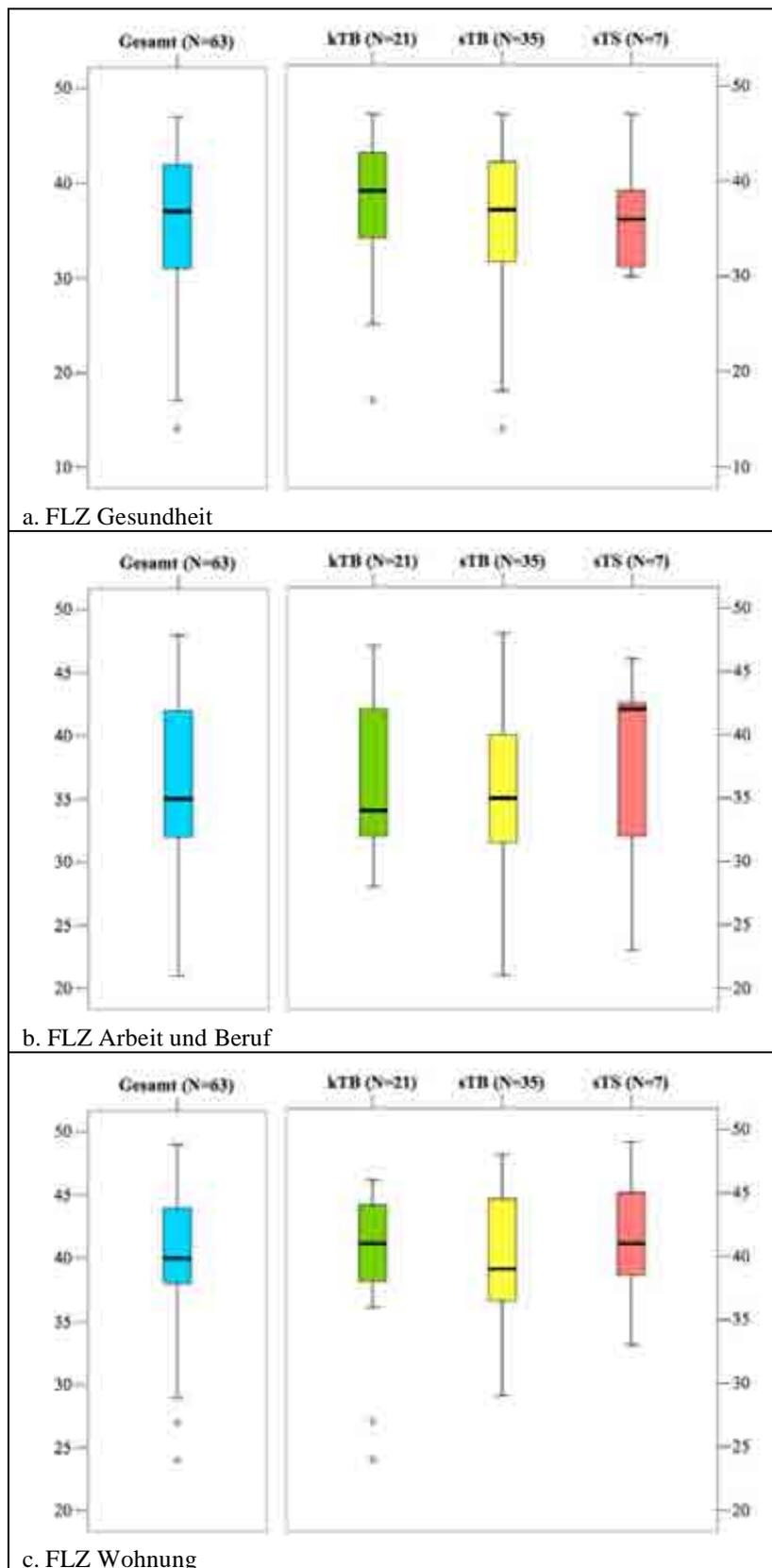
**Abbildung 71:** Skala „Beanspruchung“ des FPI-R: Häufigkeiten für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d).

### 2.3.2.3.2 Lebenszufriedenheit (FLZ)

In die Auswertung des Fragebogens zur Lebenszufriedenheit gingen insgesamt 63 Datensätze ein. Die „Allgemeine Lebenszufriedenheit“ als Summenskala ist vergleichend für die betrachteten Kollektiven deskriptiv in Abbildung 72 dargestellt. Weiterhin wurden die Subskalen „Gesundheit“, „Arbeit und Beruf“ und „Wohnung“ im Rahmen der vorliegenden Auswertung betrachtet (Abbildung 73). Für die allgemeine Lebenszufriedenheit und die Subskala Gesundheit ist im relativen Vergleich ein Rückgang der Werte mit steigender selbstberichteter Beeinträchtigung zu beobachten ( $kTB > sTB > sTS$ ).



**Abbildung 72:** FLZ – Allgemeine Lebenszufriedenheit der Probanden: Angaben für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB (b), sTB (c) und sTS (d).

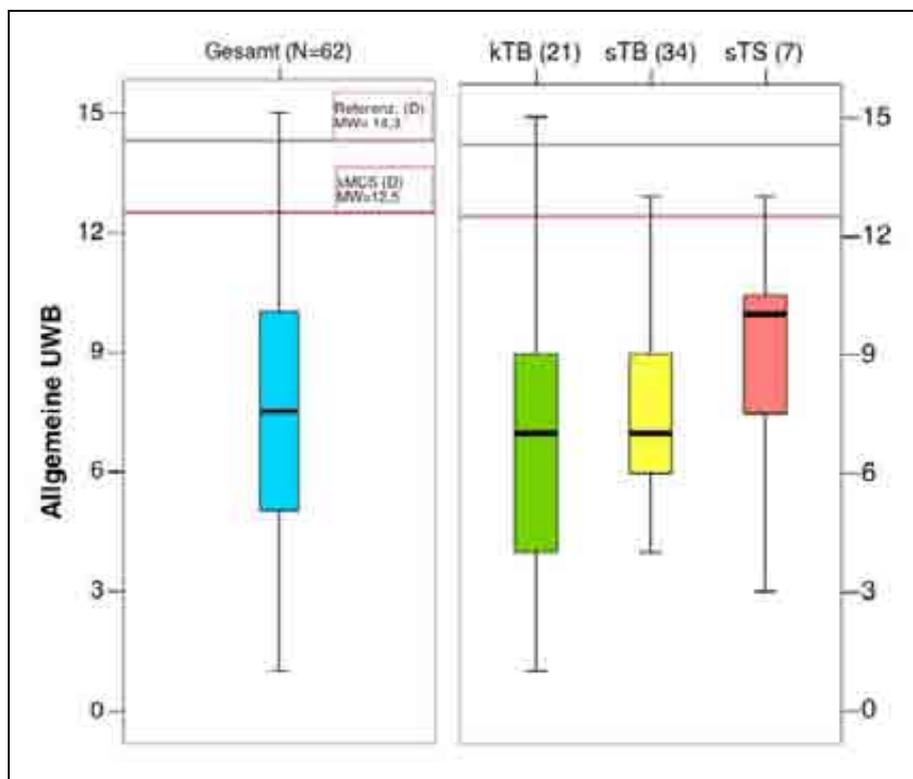


**Abbildung 73:** FLZ-Subskalen Gesundheit (a), Arbeit und Beruf (b), Wohnung (c): Angaben für das Gesamtkollektiv (a) und die Subkollektive kTB, sTB und sTS.

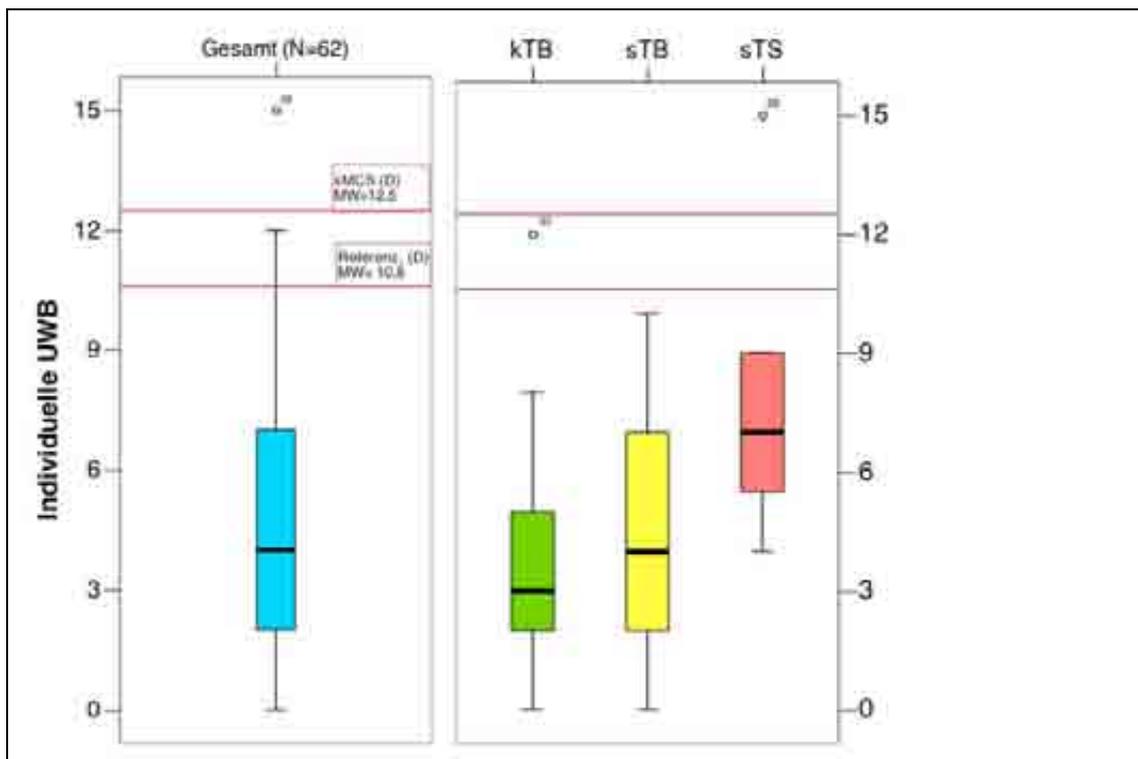
### 2.3.2.3.3 Umweltbesorgnis (UWB)

In die Auswertung der Umweltbesorgnis gingen 62 Datensätze ein. Für die beiden errechneten Summenparameter „Allgemeine Umweltbesorgnis“ und „Individuelle Umweltbesorgnis“ ist im Vergleich der betrachteten Kollektive (Gesamt, kTB, sTB, sTS) in den Abbildungen Abbildung 74 und Abbildung 75 jeweils zu erkennen, dass die untersuchten Probanden eine im Vergleich mit Referenzkollektiven (Rethage et al. 2007) geringere Umweltbesorgnis aufweisen.

Ebenfalls für beide Parameter sind die Werte derer mit selbstberichteter Tonschädigung (sTS) deskriptiv höher als bei den Probanden die keine (kTB) oder lediglich Beschwerden (sTB) bezüglich Tonergeräten berichten.



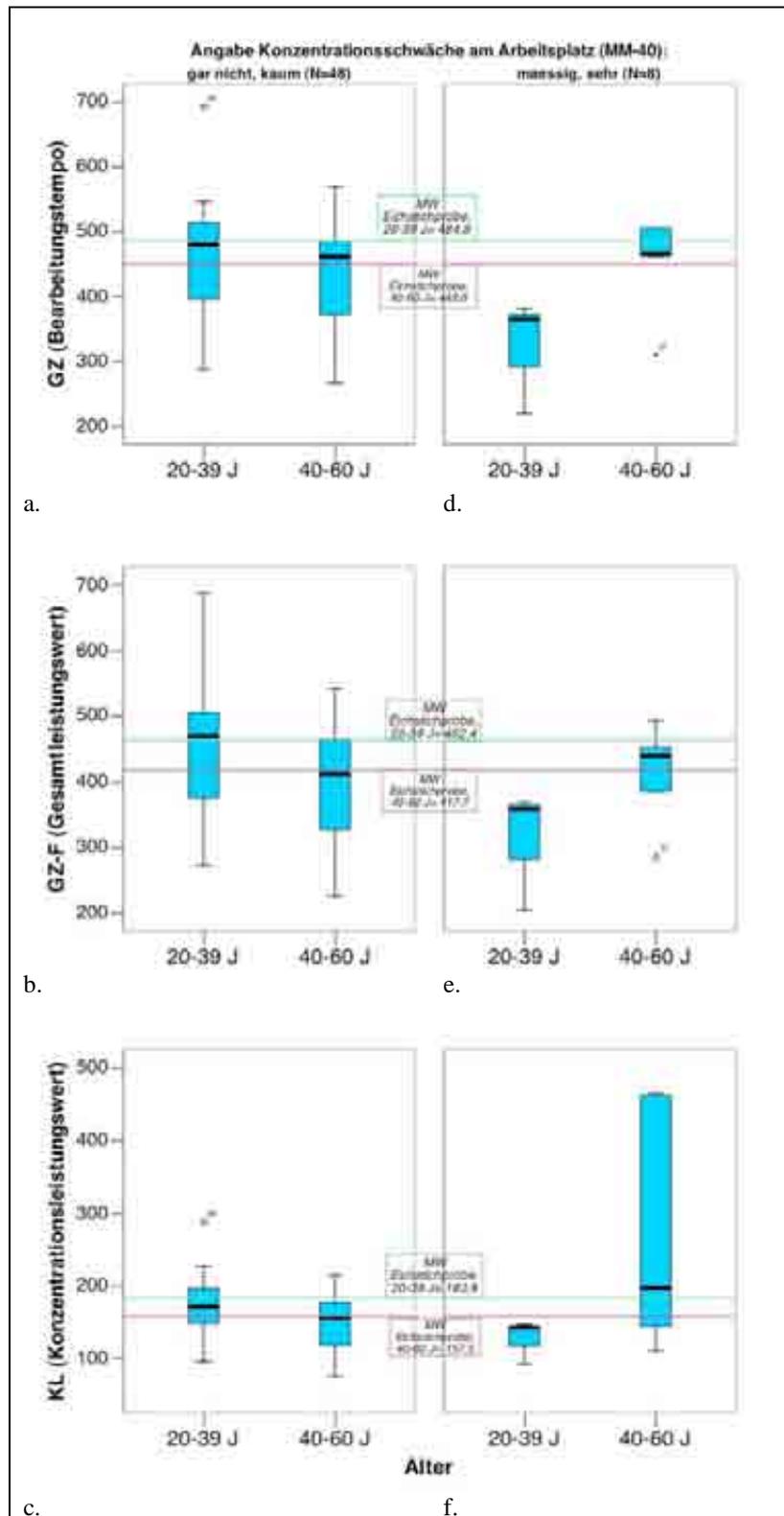
**Abbildung 74:** Allgemeine Umweltbesorgnis für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive inklusive Referenzlinien für ein deutsches Referenzkollektiv (MW= 14,3; SD=3,4) und ein Kollektiv mit selbstberichteter MCS (MW=12,5; SD=3,9) (Rethage et al. 2007).



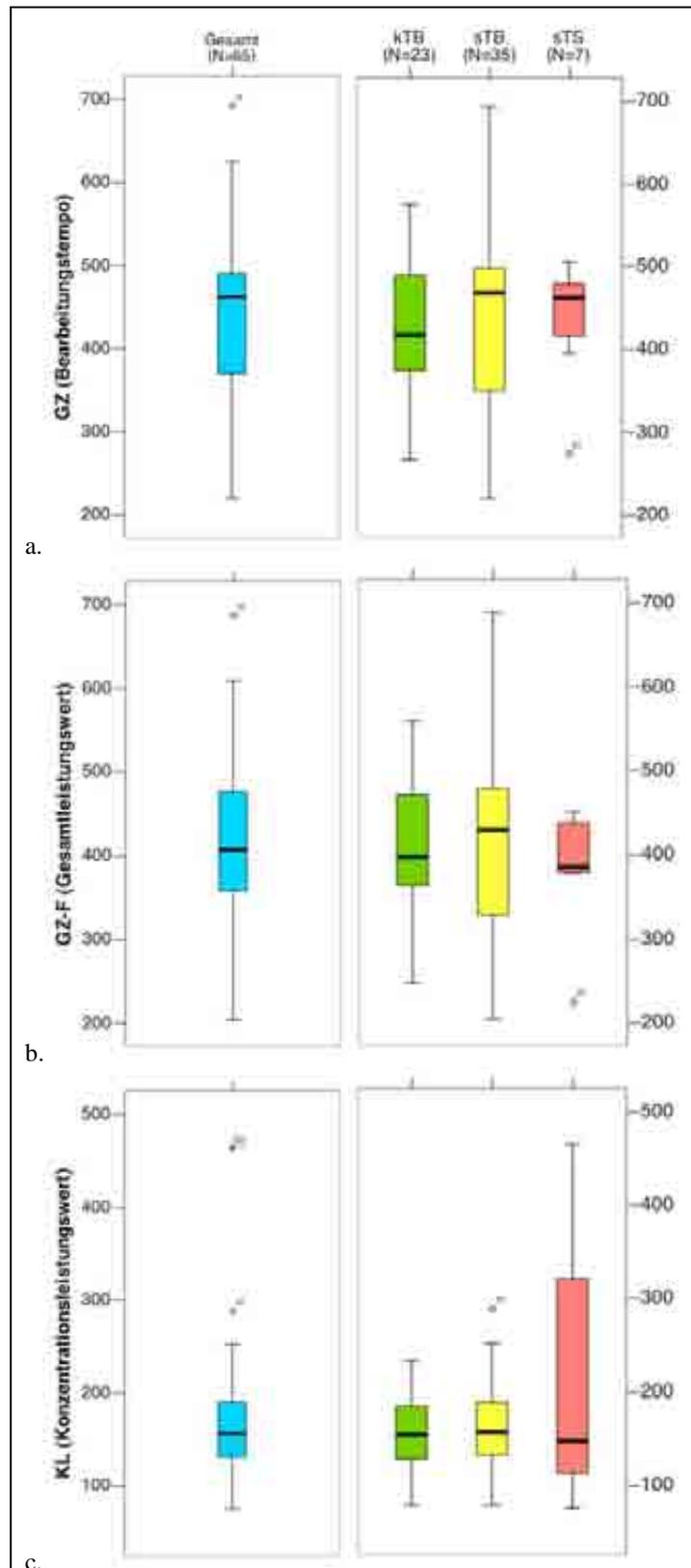
**Abbildung 75:** Individuelle Umweltbesorgnis für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive inklusive Referenzlinien für ein deutsches Referenzkollektiv (MW= 14,3; SD=3,4) und ein Kollektiv mit selbstberichteter MCS (MW=12,5; SD=3,9) (Rethage et al. 2007).

#### 2.3.2.3.4 Konzentrationsleistung (d2 Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest)

Die Auswertung des d2-Tests führt zur Darstellung mehrerer Parameter, die Aufschluss über Bearbeitungstempo (GZ), Gesamtleistung (GZ-F), Konzentrationsleistung (KL) und Sorgfalt (F%) jedes Probanden geben. Zur Auswertung wurden die Leistungsparameter GZ, GZ-F und KL stratifiziert nach der Angabe einer Konzentrationsschwäche am Arbeitsplatz ausgewertet (Abbildung 76). Hier zeigte sich (unter Vorbehalt des sehr geringen Stichprobenumfangs in den Teilkollektiven), dass sich vor allem in der jüngeren Altersklasse (20-39 Jahre) die Angabe von Konzentrationsschwäche (lt. Frage 23.1, Modul 1, insgesamt wurde in dieser Altersgruppe von N=3 Probanden hier „mäßig“ oder „sehr“ angegeben, vgl. Abbildung 76, d-f) in den Leistungsparametern des d2 bestätigt. Für die größere Gruppe im Kollektiv, die keine oder nur kaum Konzentrationsschwäche am Arbeitsplatz angab (N=48 in beiden Altersklassen, (Abbildung 79 a-c), wurde erkennbar, dass die Verteilung aller Parameter vergleichbar mit den altersbezogenen Normwerten (Brickenkamp 2002) ist. Im Vergleich von Gesamtkollektiv und Subkollektiven (kTB, sTB und sTB) zeigten sich ähnliche Verteilungen (Abbildung 77).



**Abbildung 76:** Auswertung des d2-Tests nach Altersgruppen unter Angabe des jeweiligen Mittelwertes der Eichstrichprobe (Brickenkamp 2002) stratifiziert nach Angabe von Konzentrationsschwäche (MM-40) anhand von Bearbeitungstempo (a, d), Gesamtleistungswert (b, e), Konzentrationsleistungswert (c, f).

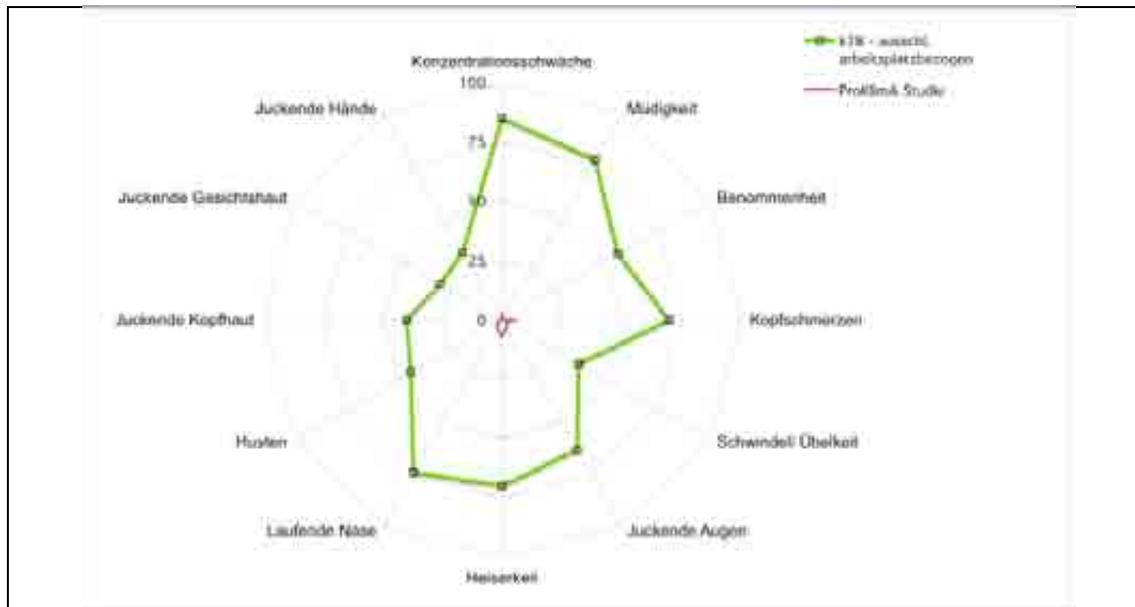


**Abbildung 77:** Auswertung des d2-Tests für das Gesamtkollektiv und die Subkollektive kTB, sTB und sTS) anhand von Bearbeitungszeit (a), Gesamtleistungswert (b), Konzentrationsleistungswert (c).

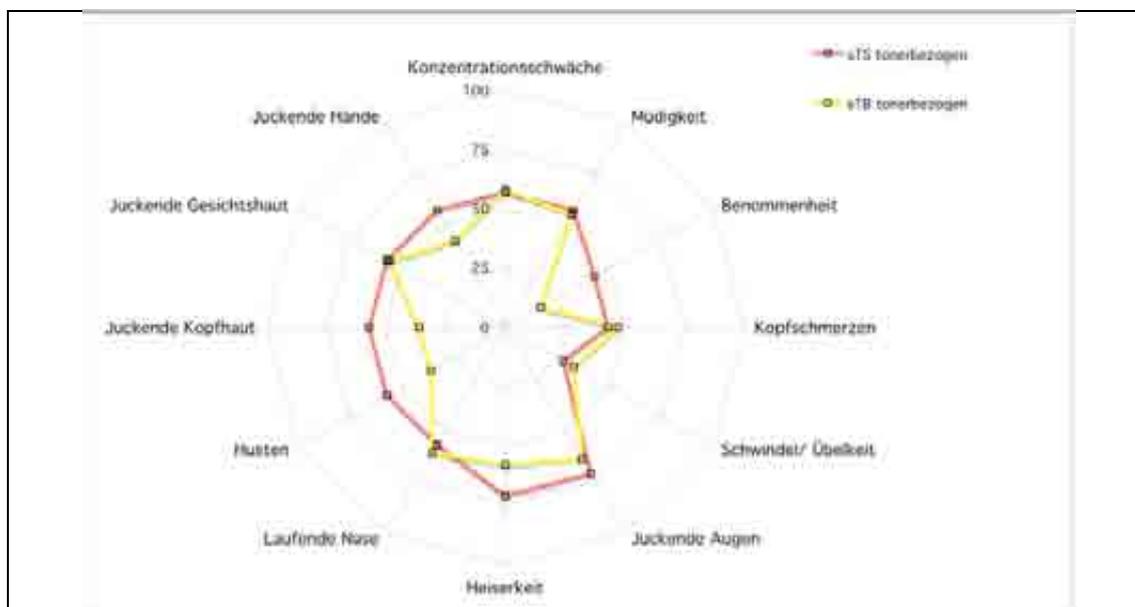
#### **2.3.2.4 Büroarbeitsplatz: Beschwerden und Arbeitsplatzbeurteilung**

Sowohl für die Beschwerdelage am Büroarbeitsplatz als auch für die Beurteilung der Büroarbeitsplatzumwelt zeigten sich für das Subkollektiv sTS höhere Raten als für das Kollektiv sTB (Abbildungen 79 und 81). Beide Kollektive wiesen im Vergleich mit den ausschließlich auf den Arbeitsplatz allgemein bezogenen Beschwerden derjenigen ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB) höhere Raten bei Hautbeschwerden auf. Im Vergleich zu Referenzdaten der ProKlimA-Studie zeigte sich, dass die Studienteilnehmer insgesamt vielfach höhere Beschwerderaten aufwiesen (Abbildung 78). Die Beurteilung der Büroarbeitsplatzumgebung ohne Tonerbezug differierte nicht in diesem Maß, allerdings fehlten hier für einige Parameter Vergleichsdaten (Abbildung 80).

### 2.3.2.4.1 Beschwerdeprofile mit und ohne Tonerbezug

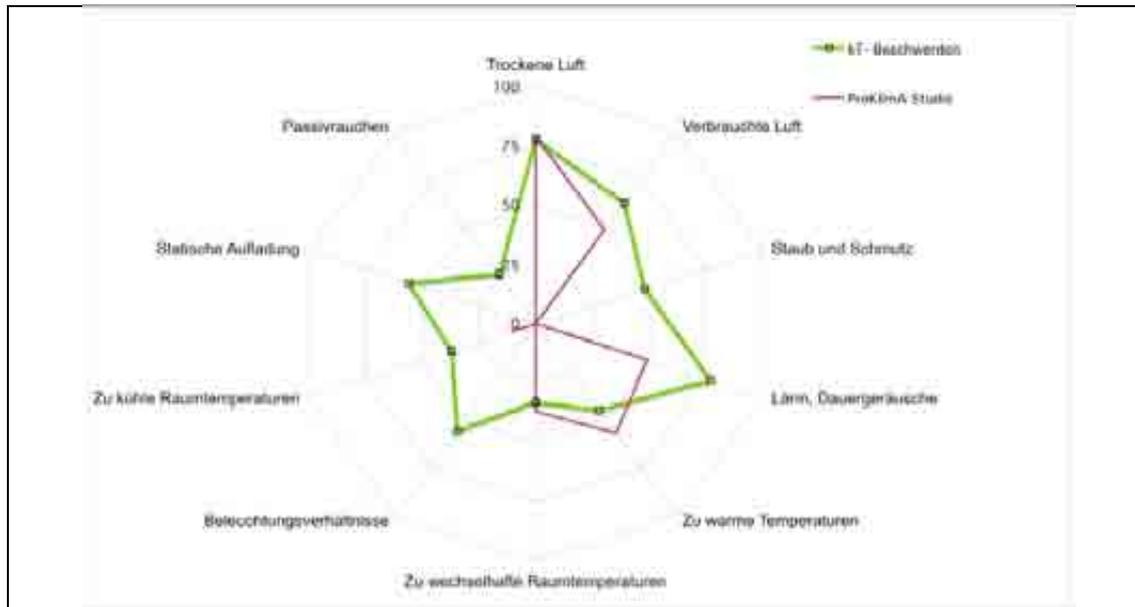


**Abbildung 78:** Beschwerdeprofil des Subkollektivs kTB für ausschließlich arbeitsplatzbezogene Angaben und eines deutschen Referenzkollektivs (Bischof 2007); ProKlimA-Studie).

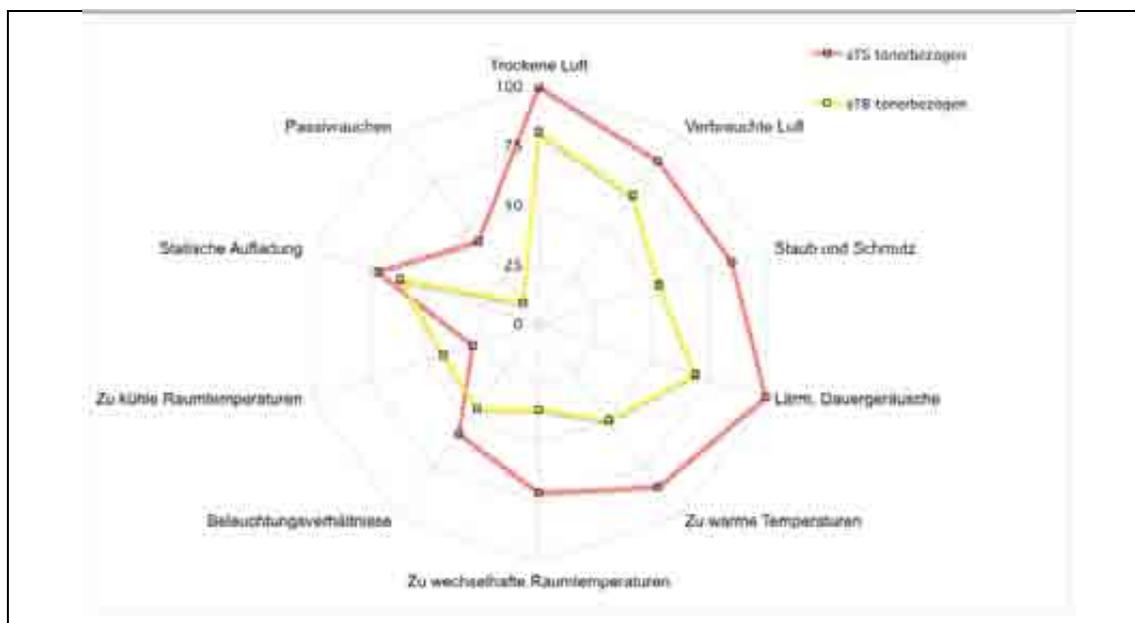


**Abbildung 79:** Beschwerdeprofile der Subkollektive sTB und sTS im Vergleich.

### 2.3.2.4.2 Beschwerdeprofil Büroarbeitsplatzumwelt



**Abbildung 80:** Profil der Beurteilung von Büroarbeitsplatzumwelt des Subkollektivs kT und eines deutschen Referenzkollektivs (Bischof 2007); ProKlimA-Studie)



**Abbildung 81:** Profil der Beurteilung von Büroarbeitsplatzumwelt für die Subkollektive sTB und sTS.

## **2.4 Diskussion (Studienteil B)**

Wie einleitend bereits dargestellt, sind bewertenden Interpretationen der Ergebnisse der vorliegenden Studie aufgrund des Pilotcharakters enge Grenzen gesetzt (Machbarkeitsstudie). Schwerpunkte von Diskussion und Bewertung lagen daher in der Beurteilung der gewählten Methoden. Die Diskussion der Ergebnisse auf Basis der deskriptiven Unterschiede sollte helfen, die Fragestellungen zu tonerbezogenen Beschwerden am Büroarbeitsplatz für eine Folgestudie zu konkretisieren.

Das Kollektiv der untersuchten Büroangestellten wurde daraufhin ausgewertet, inwieweit die untersuchten Teilnehmer ein bereits bekanntes Symptommuster (z.B. Sick-Building-Syndrom (SBS) (Bischof 2007) aufwiesen, und bestimmte Beschwerden existierten, die in besonderem Maß als „tonerbezogen“ angegeben wurden. Empfehlungen für Zielstellung und Methodik vor allem dieser Parameter mit selbstberichtetem Bezug zu Büroarbeitsplatz mit und ohne Tonerattribution sollen für weitere Studien abschließend formuliert werden.

### **2.4.1 Machbarkeit und Grenzen der Studie**

#### *Untersuchungsgang*

Alle Methoden und Untersuchungsparameter konnten im Rahmen der jeweils gesetzten Zeitvorgaben durchgeführt werden, und nur im Einzelfall kam es aus dienstlichen Gründen der Teilnehmer zu Verschiebung von Befragung oder Untersuchungen. Durch die Begleitung der Probanden während ihres Arbeitstages (morgens, mittags, vor Dienstschluss), war in Abhängigkeit von der Zahl der eingesetzten Studienmitarbeiter und den zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten eine Grenze bezüglich der Maximalteilnehmerzahl pro Tag gesetzt. Eine intensive personelle Betreuung (zwei Mitarbeiter für fünf Probanden am Tag) war notwendig, um die Probanden hinreichend zu informieren, zu befragen und zu untersuchen. Die hohe Compliance in der Pilotstudie war auch Ergebnis der guten Zusammenarbeit mit den zuständigen Dienststellenleitungen, welche die Durchführung in vollem Umfang unterstützten, so dass alle Befragungen und Untersuchungen während der Dienstzeiten ermöglicht wurden. Für Folgestudien sollte daher die Kommunikation auf Leitungsebene fest eingeplant werden.

Die Beantwortung der gewählten Erhebungsinstrumente wurde, soweit beurteilbar, von den Probanden gewissenhaft durchgeführt. Allerdings berichteten die zuständigen Mitarbeiter des IfHU, dass in Einzelfällen innerbetrieblich über Inhalt oder Beantwortung einzelner Fragen

diskutiert oder beraten wurde. Aus wissenschaftlicher Sicht sollte dies als Quelle für systematische Fehler (Reporting-Bias) vermieden werden. Dazu wird vorgeschlagen, nicht nur einzelne, sondern alle Fragebögen direkt im Untersuchungsraum unter Anwesenheit geschulter Mitarbeiter der untersuchenden Institution als Ansprechpartner ausfüllen zu lassen und nicht, wie hier für einzelne Modulteile praktiziert, den Teilnehmern mit an ihren Arbeitsplatz im Büro zu geben.

#### *Vergleichbarkeit*

Das gewählte Set aus Fragebögen und Untersuchungsmethoden ermöglichte einen deskriptiven Vergleich mit umfangreichen Referenzkollektiven. Zusätzlich zu Normkollektiven, die bei den eingesetzten validierten Standardtests herangezogen wurden, wurden die Teilnehmer den Ergebnissen eines an die MCS-Studie adaptierten (Eis 2002) Subkollektivs des Bundesgesundheitsurvey 1998 als Annäherung an die Normalbevölkerung und einem Kollektiv von umweltmedizinischen Patienten der MCS-Studie gegenübergestellt, die ein Beispiel für Personen mit umweltassoziierter Störung geben.

#### *Grenzen am Beispiel der untersuchten Kollektive und Kollektivgrößen*

Die Probanden wurden aus „Hot spots“ zur Teilnahme aufgefordert, d.h. dort, wo aus Verwaltungseinrichtungen bereits Beschwerden im Zusammenhang mit tonerbasierten Bürogeräten vorlagen. Gemeinsam mit der (durch den geringen Umfang der Pilotstudie bedingten) Einschränkung auf nur vier Orte in Deutschland schließt das Rekrutierungsverfahren Repräsentativität und damit eine wissenschaftlich belastbare Übertragung der Ergebnisse aus. Selektions- und/ oder Responsebias können nicht hinreichend minimiert werden.

Weitere Einflussparameter bei der Kollektivauswahl konnten zwar erfasst, jedoch aufgrund der geringen Kollektivgröße nicht in analytische Auswertungen einbezogen werden. So müssen Einflüsse von Orten, Jahreszeiten (die Untersuchungen fanden z.B. in vier klimatisch unterschiedlichen Regionen zu je unterschiedlichen Jahreszeiten statt), Gebäude- bzw. Einrichtungstypus und auch Angestelltenprofil der Probanden überprüft werden.

## 2.4.2 Charakterisierung der Probanden bezüglich der Fragestellungen

### 2.4.2.1 Bereich Soziodemographie

Die *Kollektivstruktur* zeigte für die **Gesamtteilnehmer der Pilotstudie** ein typisches Berufstätigen-Kollektiv bezüglich der Altersverteilung. Männer und Frauen verteilten sich wie bei der als Referenz herangezogenen Vergleichsstichprobe „BGS 1998“ des Bundesgesundheits-survey, wie sie für die MCS-Studie (Eis 2002) adaptiert worden war. Der deskriptive Anteil Raucher und derer, die am Arbeitsplatz Passivrauch exponiert sind, war geringer, der Anteil mittlerer und höherer Schulabschlüsse höher als in „BGS 1998“.

**Probanden mit tonerbezogenen Gesundheitsbeschwerden** wiesen deskriptiv im Vergleich zu Probanden ohne Beschwerden ein höheres Alter und einen höheren Frauenanteil auf. Der Raucheranteil und die Passivrauchexposition am Arbeitsplatz waren geringer und dabei ähnlich wie bei umweltmedizinischen Patienten der MCS-Studie. Das im Vergleich höhere Alter dieser Kollektivs spiegelte sich unter anderem in einem höheren Anteil an Verheirateten und höheren Raten an altersabhängigen Erkrankungen (z.B. Arthrose) und Skalen (SF-36) wider.

#### *Validierung des Rauchstatus: Cotinin im 24h-Sammelurin*

Die erwartete Korrelation der Konzentration des Cotinin im Urin mit dem Rauch-/ bzw. Passivrauchstatus ist deskriptiv erkennbar, wird in einer statistischen Analyse jedoch nicht bestätigt. Zu viele „Ausreißer“ - bedingt durch das zu kleine Kollektiv - verhinderten hier die Validierung der Angaben und Laborwerte.

### 2.4.2.2 Bereich Gesundheit

Bezüglich der *allgemeinen Gesundheit* zeigten sich für die Gesamtteilnehmer der Studie deskriptiv keine hohen Raten an Vorerkrankungen (Referenz: an MCS-Studie adaptierte Stichprobe des BGS 1998). Die körperliche und seelische Gesundheit (SF-36) weist aufgrund der geringen Kollektivgröße eine große Streuung auf. Es sind höhere Raten an ärztlicherseits unerklärten körperlichen Beschwerden (SOMS 2) als in der Referenzpopulation zu verzeichnen. Probanden mit tonerbezogenen Gesundheitsbeschwerden zeigten deskriptiv im Vergleich zu Probanden ohne Beschwerden keine höheren Raten an Vorerkrankungen, jedoch weniger Vorerkrankungen als bei umweltmedizinischen Patienten der MCS-Studie (Eis 2002). Eine deskriptiv schlechtere körperliche und seelische Gesundheit war anhand der Mediane der Summenskalen des SF-36 erkennbar. Deskriptiv höhere Raten ärztlicherseits unerklärter körperlicher Beschwerden (SOMS-2) und Arztbesuchen wegen dieser Beschwerden zeigten sich ebenfalls.

#### **2.4.2.2.1 Entzündungsparameter**

##### *C-reaktives Protein (CrP)*

Bei allen Teilnehmern lag die gemessene Konzentration für CrP unter der Konzentration von 10 mg/l (meist <2mg/l). Dieser Wert wird als Referenz für das Vorliegen einer Entzündungsreaktion angesehen. Daher konnte aufgrund dieses Parameters kein Hinweis auf zugrunde liegende Entzündungsprozesse bei den untersuchten Teilnehmern der Pilotstudie gefunden werden.

##### *Stickoxid (NO) im Exhalat (Entzündungsprozess Atemwege)*

Es zeigten sich bei deskriptiver Betrachtung keine Unterschiede zwischen den betrachteten Probandengruppen mit selbstberichteter Tonerschädigung (sTS), selbstberichteten tonerbezogenen Beschwerden (sTB), keiner tonerbezogenen Beschwerde (kTB). Auch unterschieden sich die morgendlichen „Leerwerte“ vor der Büroarbeit deskriptiv nicht von Werten nach Aufenthalt im Büro (Arbeitsplatzexposition), die mittags gemessen wurden.

Bei Personen mit Allergien, Asthma oder einem Infekt war im Mittel die Konzentration von Stickoxid im Exhalat deskriptiv höher als bei Personen ohne diese Angaben bzw. Untersuchungsergebnisse. Zu NO<sub>x</sub>-Exhalatwerte einiger Nichtraucher geben Hinweise auf einen „reporting error“ bezüglich des Rauch- oder Passivrauchstatus.

Insgesamt führt dieser Messparameter auch bei kleinem Kollektiv zu sinnvollen Ergebnissen. Es hat sich eine gute und fehlerarme Durchführbarkeit gezeigt. Allerdings ist zum Einsatz auch dieser arbeitsbegleitenden Methode anzumerken, dass mögliche Veränderungen über den Büroarbeitstag hinweg hier den Einfluss aller (zum großen Teil unbekannt) Tätigkeiten und Expositionen erfassen und nicht nur ausschließlich die Exposition zu Tonern oder Bürogeräten.

#### **2.4.2.2.2 Allergien/ Sensibilisierung**

Die deskriptive Ratenverteilung der Sensibilisierungsparameter nach Auswertung der RAST zeigte ein erwartetes Ranking der Sensibilisierungen (Lage et al. 2004) im Gesamtkollektiv: Inhalation (ca. 37%) > Nahrungsmittel (ca. 7%) > Schimmelpilz (ca. 2%). Die wenigen Personen mit selbstberichteter Tonerschädigung (sTS; N=7) haben die geringsten Raten an Sensibilisierungen.

Deskriptiv betrachtet, korrelieren die Konzentrationen von *IgE* wie erwartet mit dem Maß der Sensibilisierungen. Zur Beantwortung der Frage nach dem Maß der Sensibilisierung generell führten die zunächst gewählten Panels gemeinsam mit dem Messparameter *IgE* im Rahmen

der Machbarkeitsstudie zu sinnvollen, sich ergänzenden Ergebnissen bei dem untersuchten Kollektiv. Da die im RAST eingesetzte Schimmelpilzmischung MX2 nur einen innenraumrelevanten Schimmelpilz enthält, ist hier zukünftig der Einsatz noch spezifischerer RAST anzustreben.

#### **2.4.2.2.3 Lungenfunktionsprüfung**

Die Lungenfunktionsprüfung erwies sich als schwierigste und auch zeitlich aufwendigste Diagnostik. Es traten unplausible Ergebnisse (eine große Anzahl der Lungenvolumina wurde mit zunehmender Zahl der Untersuchungstage weit oberhalb des individuellen Sollwertes ermittelt) auf. Dies geschah möglicherweise aufgrund der Mehrfachverwendung der Pneumotachographen und ihrer Mundstücke, obwohl die Hinweise aus der Betriebsanleitung strikt eingehalten wurden und das Messgerät die Ergebnisse zu einem großen Teil mit Erfüllung der ATS-Kriterien (ATS 1995) quittierte. In der Betriebsanleitung und auch nicht im Rahmen der Schulung durch das zu Rate gezogene pulmonologische Fachpersonal wurde erwähnt, ob und wie die Messergebnisse bei einer Mehrfachverwendung durch einen Patienten über den Tag hinweg, wie in dieser Studie durchgeführt, beeinflusst werden. Durch die Atemmanöver verstopfte oder feuchte Membranen können als Ursachen für die unplausiblen Messergebnisse vermutet werden, die für den Fall, dass sie nicht gleichmäßig bei einem Probanden auftraten, auch nicht die ATS-Kriterien erfüllten. Nach einem entsprechenden Hinweis von Prof. Baur, Hamburg (mündliche Mitteilung, DGAUM-Kongress 2007 in Mainz), erhielten wir auf Nachfrage beim Hersteller den Hinweis, dass für Reihen- bzw. Mehrfachuntersuchungen der Einsatz von Filtern empfohlen wird.

Für eine Folgestudie wird daher empfohlen, spirometrische Messungen ausschließlich durch erfahrenes Fachpersonal - nach eingehender technisch-methodischer Information speziell für Reihenuntersuchungen - und mit den genannten Filtern durchführen zu lassen. Als weitere Änderung der Durchführung sollte die Lungenfunktionsprüfung einen eigenständigen Schritt des Untersuchungsprogrammes bilden, für den sowohl mehr Zeit als auch eigene Räumlichkeiten eingeplant werden müssen, um eine maximale Compliance bei den Probanden und damit bessere Qualität der Untersuchungen zu erreichen. Zeitliche Probleme der Teilnehmer selbst und drängende nachfolgende Probanden wurden von durchführenden Mitarbeitern als Gründe berichtet, welche Ruhe und Konzentration aus den Untersuchungsabläufen nahmen.

Hier kann eine zusätzliche Schulung mit einer Informations- und Trainingveranstaltung für die Teilnehmer vor dem Beginn der Untersuchungsphase vor Ort sinnvoll sein, um eine bessere Durchführung unter den eigentlichen Studienbedingungen zu erreichen.

Für die Auswertungen wird in der Literatur auch der Ansatz des Vergleichs mit den individuellen Sollwerten kritisch diskutiert und alternativ werden individuelle Längsschnittbetrachtungen empfohlen (Schafer et al. 2002). Dies spricht, ebenso wie die Frage nach dem Effekt der Exposition, für das Longitudinalkonzept einer zukünftigen Hauptstudie: Als Studienteilnehmer sollten unter anderem Personen einbezogen werden, die vor dem Beginn einer Büro-tätigkeit und im späteren Verlauf spirometrisch (ggf. mehrfach) untersucht werden.

### **2.4.2.3 Bereich individuelle Charakteristika**

Die individuellen Charakteristika der Gesamteilnehmer der Studie stellten sich nach der deskriptiven Auswertung Persönlichkeitsprofile im Normbereich der Referenz (Fahrenberg 2001), insbesondere auch bei der (beruflichen) Beanspruchung (FPI-R) dar. Die Konzentrationsleistung (d2) war vergleichbar mit den altersbezogenen Normwerten (Brickenkamp 2002). Sowohl die allgemeine als auch die individuelle Umweltbesorgnis lagen deskriptiv niedriger als in Referenzpopulationen (Rethage et al. 2007).

Der deskriptive Vergleich von Probanden mit tonerbezogenen Gesundheitsbeschwerden mit Probanden ohne Beschwerden zeigte keine Unterschiede im Persönlichkeitsprofil (FPI-R) und der Konzentrationsleistung (d2), jedoch war hier deskriptiv eine relativ höhere allgemeine und individuelle Umweltbesorgnis derer mit tonerbezogenen Beschwerden erkennbar.

### **2.4.2.4 Bereich Büroarbeitsplatz**

#### *Büroarbeitsplatzbezogene Gesundheitsbeschwerden (MM40)*

Bei dem untersuchten Gesamtkollektiv zeigten sich deskriptiv höhere Raten typischer SBS-Beschwerden als bei einem finnischen und deutschen Vergleichskollektiv von Personen an Büroarbeitsplätzen (ProKlima-Studie vgl. Bischof und Wiesmüller 2007). Hier ist von einer Verzerrung auszugehen (Responderbias), die aus der selektiven Rekrutierung resultiert: die Teilnehmer waren aus Verwaltungseinrichtungen, aus denen zum Teil bereits Beschwerden über Tonergeräte und den Büroarbeitsplatz vorlagen.

In den Subkollektiven mit selbstberichteten Tonerbeschwerden (sTB) und Tonerschädigung (sTS) zeigen sich bei deskriptiver Auswertung, dass von den Probanden typische Symptome eines Sick-Building-Syndroms (SBS) auf eine Exposition gegenüber Tonern bezogen werden (Attribuierung). Im Kollektiv ohne Tonerbeschwerden (kTB) werden typische gesundheitliche Beschwerden eines SBS auf den Arbeitsplatz insgesamt bezogen. Zudem haben die Probanden hier deskriptiv niedrigere Raten irritativer Beschwerden von Atemwegen und

Schleimhäuten und mehr neurovegetative Beschwerden als Probanden ohne tonerbezogene Gesundheitsbeschwerden.

### *Büroarbeitsplatzumwelt*

Im Gesamtkollektiv wurden verglichen mit Kollektiven der ProKlimA-Studie deskriptiv auch höhere Raten von typischen SBS-Beschwerden bezüglich der Büroarbeitsplatzumwelt (z.B. trockene, verbrauchte Luft, Staub, hohe Temperatur und Lärm) als aus Büroräumen angegeben (Responderbias). Zudem war an einem Standort bereits eine umweltmedizinische Innenraumuntersuchung mit Fokus auf Baumaterialien durchgeführt worden.

In den Subkollektiven mit selbstberichteten Tonerbeschwerden (sTB) und Tonerschädigung (sTS) wurden von den Probanden diese Probleme der Büroarbeitsplatzumwelt deskriptiv in höherem Maß als im Kollektiv ohne Tonerbeschwerden (kTB) berichtet.

### **2.4.3 Fazit**

Zusammenfassend kann der Untersuchungsplan als bestätigt betrachtet werden. Er wurde trotz des hohen individuellen Aufwands für jeden Teilnehmer von allen „durchgehalten“, nennenswerten Datenlücken (Fehlende Datensätze des Gesamtkollektivs von N= 69 je nach Fragebogen bzw. Item zwischen N= 0 und 9) entstanden nicht. Allerdings kann aufgrund des kleinen Untersuchungskollektivs in der Machbarkeitsstudie nicht endgültig entschieden werden, mit welchen Instrumenten Befunde zu erwarten sind.

Je nach Fragestellung kann aus dem Pool der beschriebenen Methoden ein Untersuchungsinstrumentarium für eine Folgestudie zusammengestellt werden. Zu den Parametern zählen aus dem Bereich Gesundheit die unerklärten körperlichen Beschwerden und damit verbundene Arztbesuche (SOMS 2), Entzündungsparameter (CrP, Stickoxid im Exhalat) sowie Allergieparameter (IgE, RAST), außerdem Persönlichkeit (FPI) und Umweltbesorgnis (Hodapp, Rethage) als individuelle Charakteristika und alle Beschwerden, die bezogen auf den Büroarbeitsplatz (allgemeine, irritative Schleimhaut-, Atemwegsbeschwerden, Umweltsituation; MM-40) angegeben wurden.

Unter anderem die im Vergleich zur ProKlimA-Studie hohen Ratendifferenzen von gesundheitlichen und räumlichen Büroarbeitsplatzbeschwerden legen eine Verzerrung (Responderbias) nahe, die in zukünftigen Untersuchungen durch geeignete Maßnahmen kontrolliert werden sollte (Vergleichskollektive, weniger selektierte Auswahl). Eine Hauptuntersuchung (s.u.), sollte an einer entsprechend großen Kohorte an Büroarbeitsplätzen in großen Einrichtungen

durchgeführt werden. Nur so können die erwartungsgemäß geringen Effekte unter Berücksichtigung der notwendigen Vielzahl zu erfassender Merkmale (Zielgrößen, Einflussgrößen, Modulatoren) aufgezeigt werden.

Die in dieser Pilotstudie im Zusammenhang mit Tonern berichteten Beschwerden gleichen jenen, die auch beim „Sick-Building-Syndrom“ (SBS) beobachtet werden. Dieses Syndrom, das neben anderen Ursachen und Expositionen aus Büro und Ausstattung auch mit der Exposition zu Kopierpapier und Druckern in Zusammenhang gebracht wird (Jaakkola et al. 2007), ist in seiner Kausalität bisher nicht vollständig geklärt. Es wird eine multifaktorielle Genese angenommen. Somit stellt der im Zusammenhang mit Tonern beobachtete Symptomkomplex kein neues Syndrom dar. Hier gilt es, herauszufinden, welchen Anteil der Exposition zu Tonerstäuben an dieser wiederholt und in unterschiedlichen Fragestellungen beobachteten Symptomatik in Büroräumen zugeordnet werden kann.

Das chronische Auftreten von irritativen Atemwegssymptomen wird von einigen Autoren in Zusammenhang gebracht mit einem erhöhten Risiko von Lungenveränderungen und Lungenfunktionsstörungen (Bascom 1991; Baser et al. 2003). Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie bereits erhobenen unspezifischen Atemwegssymptome und mögliche Folgeerkrankungen irritativer Atemwegsbeschwerden und -erkrankungen sollten daher erfasst werden.

Bei Vorerkrankten hat sich die Partikelzusammensetzung der Innenraumluft mitunter als eine relevante Exposition mit Auswirkungen auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen gezeigt (Pope et al. 2001; Pope et al. 2004). Daher wird empfohlen, ein entsprechendes Effektmonitoring bei Teilnehmern mit kardiovaskulären Vorerkrankungen in ein zukünftiges Untersuchungsprogramm einzubeziehen.

#### **2.4.4 Anforderungen an eine Hauptstudie**

Zur Beurteilung möglicher gesundheitlicher Auswirkungen von Tonerstäuben an Büroarbeitsplätzen muss eine Studie an einer entsprechend großen Kohorte durchgeführt werden, da es gilt, eine Vielzahl von Merkmalen (Zielgrößen, Einflussgrößen, Modulatoren) zu erfassen und in die Analyse des Gesundheitszustandes und der Beschwerdenennungen einzubeziehen. Eine zu geringe Zahl von Datensätzen (auf die sich eine Machbarkeitsstudie wie die vorliegende naturgemäß beschränkt) kann nicht ausschließen, dass sowohl erkennbare als auch fehlende Zusammenhänge rein zufällig sind. Hinzu kommt, dass die zu erwartenden Effekte auf

gesundheitliche Beschwerden, wie für Belastungen aus der Umwelt typisch, nur in geringem Maße zu erwarten sind. Somit lassen sie sich nur durch entsprechend große Kollektivbetrachtungen aufdecken.

Ein Studienansatz sollte Personen an Büroarbeitsplätzen untersuchen, die entsprechend epidemiologischer Grundsätze (u.a. ausreichend großes Kollektiv, freiwillige Teilnahme, randomisierte Auswahl von Untersuchungs- und Vergleichskollektiven, Non-Responder-Charakterisierung) mit einem Mindestmaß an Selektion ausgewählt werden. Ergänzende Unterkollektive sind im Rahmen von Interventionsstudien (z.B. mit Gruppen an „tonerfreien“ Arbeitsplätzen oder einem Längsschnittansatz an Berufsanfängern) um dem Problem der Exposition besser zu begegnen, ebenso denkbar wie Herz-Kreislauf-Effektmonitoring an Risikogruppen mit kardiovaskulären Vorerkrankungen. Schließlich sollte eine Hauptstudie den Vergleich zu einer kollektivspezifisch angepassten BGS-Stichprobe einbeziehen. Um ggf. klimatische Einflüsse berücksichtigen zu können, wird die wiederholte Untersuchung zu unterschiedlichen Jahreszeiten empfohlen.

Das Konzept der Stratifizierung anhand der tonerbezogenen Beschwerdeangabe zur Auswertung wird für das Design einer Hauptstudie zur Beibehaltung empfohlen. Büroarbeitsplatzbeschwerden, z.B. SBS typisch irritative Beschwerden, sind bisher in ihrer Kausalität ungeklärt. Tonerbasierte Bürogeräte und damit assoziierte Staubexposition könnten hier ein mögliche (Teil-)erklärung darstellen.

Je nach Schwerpunkt zukünftiger Fragestellungen kann aus den Methoden dieser Machbarkeitsstudie ein Instrumentarium zusammengestellt und angepasst werden.

Als Mindestkomponenten für die Erhebung und Untersuchung werden folgende Parameter vorgeschlagen: 1. Bereich Soziodemographie: Alter, Geschlecht, Bildung, Rauchen (Cotinin) etc.; 2. Bereich Gesundheit: Fragebögen zu Grunderkrankungen (Basis BGS 1998), unerklärte körperl. Beschwerden, Arztbesuche (SOMS 2), Labor: Stickoxid im Exhalat, Sensibilisierung (IgE, RAST). 3. Individuelle Charakteristika: Fragebögen zu Persönlichkeit (FPI-R) und Umweltbesorgnis (Hodapp). 4. Bereich Büroarbeitsplatz: Fragebogen zu irritativen Beschwerden der Schleimhäute /Atemwege am Arbeitsplatz und zu Beschwerden über die Umweltsituation am Arbeitsplatz allgemein.

Lungenfunktionsprüfungen mit mobilen Geräten können ergänzend unter Einhaltung besonders guter zeitlicher Bedingungen und Einsatz besonders geschulten und erfahrenen Fachpersonals in ein Untersuchungsprogramm aufgenommen werden.

# **STUDIENTEIL C**

## **Zusatzuntersuchungen**

### 3 Zusatzuntersuchungen

Zur Durchführung zusätzlicher Innenraum- und Probandenuntersuchungen im Rahmen der Pilotstudie wurden im Mai 2006 vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ergänzende Finanzmittel zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse bei der Bestimmung des Cotinins im Urin als relevanten Confounder von Atemwegseffekten (s. Kap. 2.2.2.2), der NO-Spiegel im Exhalat (s. Kap. 2.3.2.2.5) und von Allergietestungen (RAST) des gesamten Probandenkollektivs (s. Kap. 2.3.2.2.7) wurden wegen der Wahrung eines inhaltlichen Zusammenhanges bereits im Studienteil B dargestellt.

Die zusätzlich durchgeführten Analysen ultrafeiner Partikel in der Büroraumlufte (s. Kapitel 1.1.4.4.2, Kap. 1.2.5.2 und Kap. 1.3.5.2) mittels Kondensationspartikelzähler (CPC) und nachfolgende elektronischenmikroskopische Partikelanalysen (s. Kap. 1.1.4.5, Kap. 1.2.6 und Kap. 1.3.6) wurden bereits im Studienteil A präsentiert.

Als Marker einer möglichen Exposition gegenüber Metallen wurde darüber hinaus die Konzentrationen von Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Cadmium (Cd) im 24-Stundenurin der Probanden mittels Graphitrohrföfen-Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) bestimmt.

Zudem wurden Probanden aus dem Kollektiv mit selbstberichteten Tonerbeschwerden (sTB-Kollektiv, s. Studienteil B) bzw. Tonerschädigung (sTS) gebeten, zu einer weitergehenden Lungenfunktionsdiagnostik an das Institut und die Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (IPAS) am Universitätsklinikum Gießen und Marburg, zu kommen. Von den insgesamt 20 angeschriebenen Probanden wurden 11 am IPAS vorstellig und dort mittels Ganzkörperplethysmographie (mit und ohne Provokation) untersucht.

Für die ebenfalls vorgesehenen Untersuchungen von Milben- und Katzenallergenen (Der p1, Der f1, Fel d1) sowie von Endotoxin in den Bürostäuben konnte nicht ausreichend Material (sedimentierter Staub) gesammelt werden. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass sich insbesondere in den Büroräumen mit PVC- oder Parkettböden (vgl. Tabelle 6) aufgrund der im Vorfeld der Studie nicht geänderten Reinigungsverfahren mengenmäßig nicht genügend Staub sammeln konnte. Auf die Untersuchung von Katzen- und Milbenallergenen sowie der Endotoxine musste somit verzichtet werden.

Die Methoden und Ergebnisse der Metallanalysen und Lungenfunktionsuntersuchungen sind im Folgenden dargestellt.

### **3.1 Metalle im Urin**

Um eine mögliche Exposition der Büroangestellten gegenüber Metallen im Zusammenhang mit den betrachteten Emissionen aus Fotokopieren und Laserdruckern zu eruieren, wurden bei den Probanden die Metalle Chrom (Cr), Cadmium (Cd) und Nickel (Ni) in Urinproben untersucht. Die Beschränkung auf die drei genannten Metalle lag darin begründet, dass hierfür im Machbarkeitsstadium nur eingeschränkte Finanzmittel zur Verfügung standen.

#### **3.1.1 Material und Methoden**

Die Analyse der Metalle Cadmium, Nickel und Chrom erfolgte im 24-Stunden-Sammelurin. Jeder Teilnehmer wurde vor Beginn der 24-Stunden Urin Sammlung genau in die Vorgehensweise eingewiesen und erhielt zusätzlich eine detaillierte Beschreibung in Form einer Informationsbroschüre, um eine korrekte und möglichst kontaminationsfreie Probenahme zu gewährleisten.

Zur Vorbereitung der Analytik wurden die Proben homogenisiert und ein Aliquot für die spektrometrische Untersuchung abgefüllt. Die Analyse der Metalle erfolgte mit Hilfe der Graphitrohrföfen-Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) und Zeeman Untergrundkompensation. Ein Überblick der verwendeten Methoden einschließlich der Verfahrenskenndaten für die Parameter Nickel und Chrom findet sich in Schaller et al. (2007). Cadmium wurde nach Probenvorbereitung durch Komplexierung mit Ammoniumpyrolidindithiocarbamat und Extraktion mit Methylisobutylketon bei pH 2,4 atomabsorptionsspektrometrisch analysiert. Die interne Qualitätssicherung erfolgte im Labor durch die in Tabelle 17 dargestellten Qualitätsmerkmale. Das Labor hat regelmäßig mit den Parametern Cadmium, Nickel und Chrom im Urin an den Ringversuchen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM) erfolgreich teilgenommen (externe Qualitätskontrolle).

Die Beurteilung der Analyseergebnisse erfolgte unter Einbeziehung von vorliegenden Referenzwerten bzw. Vergleichsdaten aus der Literatur.

**Tabelle 17:** Qualitätssicherung der Metallanalytik im 24-Stunden-Sammelurin

Parameter	BG*	Präzision in der Serie	Laborinternes Qualitätskontrollsystem (Kontrollkarte)					
		Variationskoeffizient	Sollwert	Kontrollbereich	Ergebnis 16.07.07	Ergebnis 17.07.07	Ergebnis 18.07.07	Ergebnis 19.07.07
		in %	in µg/l					
<b>Cadmium [µg/L]</b>	0,1	7,7	5,3	4,04 - 6,56			5,8	5,6
<b>Nickel [µg/L]</b>	0,3	6,14	5,9	4,77 - 6,93	5,6 5,9 6,3	6,1 5,7		
<b>Chrom [µg/L]</b>	0,3	4,69	3,9	3,36 - 4,45	4,3 3,8 4,0	3,8 3,7		

\* BG = Bestimmungsgrenze

### 3.1.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der AAS-Analytik der Metalle Cadmium, Nickel und Chrom im 24-Std.-Urin von 65 Probanden sind in Tabelle 18 dargestellt. Für Cadmium zeigten sich Konzentrationen im Bereich von 0,1 – 2,6 µg/L mit einem arithmetischen Mittelwert vom 0,21 µg/L. Unterhalb der Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens von 0,1 µg/L lagen 5 Messergebnisse. Diese sind in die Mittelwertbestimmung mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze als Konzentration eingegangen. Nickel wurde in einer Konzentration zwischen 0,3 – 2,1 µg/L mit einem Mittelwert von 0,61 µg/l nachgewiesen; unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,3 µg/L lagen 18 Messergebnisse; diese wurden bei der Mittelwertbestimmung mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze als Konzentration berücksichtigt. Chrom konnte in einer Konzentration von 0,3 – 1,0 µg/L mit einem Mittelwert von 0,22 µg/L nachgewiesen werden, wobei die Analysenwerte bei 47 der 65 Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,3 µg/L lagen. Auch hier erfolgte die Mittelwertberechnung unter Einbeziehung der Hälfte der Bestimmungsgrenze für die Probanden, deren Analysenergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

**Tabelle 18** : Ergebnisse der Metallanalytik im 24h Urin, Angaben in µg/L, (N=65, unsortiert)

#	Cadmium [µg/L]	Nickel [µg/L]	Chrom [µg/L]	#	Cadmium [µg/L]	Nickel [µg/L]	Chrom [µg/L]
1	0,1	1,2	0,3	34	0,2	0,3	<0,3
2	0,1	1,6	0,3	35	<0,1	0,3	<0,3
3	0,1	0,4	<0,3	36	2,6	<0,3	<0,3
4	0,2	<0,3	<0,3	37	0,3	<0,3	<0,3
5	<0,1	0,6	<0,3	38	0,1	0,3	<0,3
6	0,3	1	<0,3	39	0,2	<0,3	<0,3
7	0,1	<0,3	<0,3	40	0,2	1,4	0,3
8	0,1	<0,3	<0,3	41	0,1	1,3	0,3
9	0,2	<0,3	<0,3	42	0,3	1,1	<0,3
10	0,2	0,3	0,3	43	0,2	<0,3	<0,3
11	0,3	0,5	<0,3	44	0,2	0,3	<0,3
12	0,2	0,8	0,4	45	0,2	0,7	0,3
13	0,2	<0,3	<0,3	46	0,3	<0,3	0,6
14	0,2	<0,3	<0,3	47	0,1	1,5	0,6
15	0,3	0,5	0,3	48	<0,1	<0,3	<0,3
16	0,1	0,5	0,3	49	0,1	0,3	<0,3
17	<0,1	0,3	0,3	50	0,1	0,3	<0,3
18	0,1	0,3	<0,3	51	0,1	1,3	<0,3
19	0,1	<0,3	1	52	0,1	<0,3	<0,3
20	0,1	0,4	<0,3	53	0,1	0,8	<0,3
21	0,2	1,5	<0,3	54	0,1	<0,3	<0,3
22	0,3	0,4	<0,3	55	0,2	0,3	<0,3
23	0,1	<0,3	0,3	56	0,2	0,6	<0,3
24	0,2	0,3	0,5	57	0,1	0,7	<0,3
25	0,1	0,7	<0,3	58	0,3	1,9	<0,3
26	0,2	0,3	0,3	59	0,1	1,6	0,5
27	0,7	1,4	<0,3	60	0,2	0,9	<0,3
28	0,2	<0,3	<0,3	61	0,1	0,6	<0,3
29	<0,1	0,3	0,3	62	0,1	1	<0,3
30	0,2	2,1	<0,3	63	0,4	1,2	<0,3
31	0,3	0,5	<0,3	64	0,2	0,7	<0,3
32	0,3	<0,3	<0,3	65	0,2	1	<0,3
33	0,2	1	<0,3				

### 3.1.3 Diskussion

Bei dem bei Laserdruckern und Kopierern eingesetzten fotoelektrischen Verfahren können unter anderem auch Metalle zum Einsatz kommen oder als Verunreinigungen im Tonermaterial vorkommen. Zur Abschätzung einer möglichen Exposition von Büroangestellten gegen-

über den medizinisch relevanten Schwermetallen Cadmium, Chrom und Nickel wurde der 24-Std-Urin der Studienprobanden analysiert.

*Cadmium:* Untersuchungsergebnisse des Umweltsurveys Deutschland 1998 (UBA 1998) für 18–69 jährige Erwachsene zeigten als Mittelwert für die Cadmiumkonzentration im Urin 0,335 µg/L, im Umweltsurvey der Jahre 1990/1992 lagen die Konzentrationen für Cadmium im Urin von 25–69 jährigen Erwachsenen bei einem Wert von 0,432 µg/L. Die in der vorliegenden Studie nachgewiesenen Konzentrationen lagen mit einem Mittelwert von 0,21 µg/L (<0,1; 2,6) im Vergleich zu diesen Daten in einem eher niedrigeren und somit unauffälligen Bereich. Die von der Kommission Human-Biomonitoring (HBM-Kommission) des Umweltbundesamtes (UBA) festgelegten Referenzwerte für Cadmium im Urin liegen für „nicht aktiv rauchende Erwachsene“ (18–69 Jahre) bei 0,8 µg/L und für „nicht aktiv rauchende Kinder“ (6–12 Jahre) bei 0,5 µg/L.

Die Human-Biomonitoring-Werte HBM-I und HBM-II der HBM-Kommission werden auf Grundlage toxikologischer und epidemiologischer Untersuchungen im Sinne von „expert judgements“ abgeleitet. Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nach dem Stand der derzeitigen Bewertung durch die Kommission nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist und sich somit kein Handlungsbedarf ergibt. Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes, bei dessen Überschreitung eine als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist, so dass akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung besteht. Der HBM-II-Wert ist somit als Interventions- und Maßnahmenwert anzusehen.

Die HBM-Werte für Cadmium werden mit 1µg/g Creatinin (HBM-I) bzw. 3 µg/g Creatinin (HBM-II) für Erwachsene (18-25 Jahre) angegeben; für Erwachsene im Alter von 25-69 Jahren wurden HBM-Werte mit 2 µg/g Creatinin (HBM-I) und 5 µg/g Creatinin (HBM-II) festgelegt. Die in der Studie nachgewiesenen Konzentrationen waren unter Einbeziehung der HBM-Werte unauffällig; die mit 2,6 µg/L maximal gemessene Konzentration lag mit 2,7 µg Cadmium bezogen auf Gramm Creatinin unterhalb des altersbezogenen HBM-I-Wertes.

Ein vergleichbares Bild ergibt sich, wenn man zur Beurteilung der nachgewiesenen Konzentrationen die Daten der Umweltprobenbank in Münster mit ihren örtlich verschiedenen Untersuchungskollektiven heranzieht. Hier zeigten sich mittlere Cadmiumkonzentrationen im Urin von Personen in Höhe von 0,3785 µg/L in Münster (2006), 0,3788 µg/L in Halle/Saale (2006), 0,4316 µg/L in Greifswald (2006) und 0,3720 µg/L in Ulm (2005). In einer Untersuchung des Landesumweltamts Nordrhein-Westfalen (LUA NRW 2004) zu „Humanmedizini-

sche Wirkungsuntersuchungen innerhalb kleinräumiger Belastungsareale mit umschriebenen Belastungsschwerpunkten“ werden bei den an der Studie teilgenommenen Müttern Cadmiumkonzentrationen von 0,31 µg/L (Borken) und 0,44 µg/L (Duisburg/Süd) im Urin gefunden.

*Chrom:* Im Gegensatz zum Cadmium standen für die Beurteilung der Chromkonzentrationen im Urin keine HBM-Werte zur Verfügung. Zum Vergleich werden daher die Daten des Umweltsurveys der Jahre 1990/1992 herangezogen. Hier lagen die Chromkonzentrationen im Urin von 25–69 jährigen Erwachsenen bei 0,253 µg/L. Die in dieser Studie nachgewiesenen Konzentrationen mit einem Mittelwert von 0,22 µg/L (< 0,05/L) lagen somit in einem vergleichbaren Bereich zu den Ergebnissen des Umweltsurveys und sind daher unauffällig. Als weiterer Vergleich kann eine Metaanalyse zur Referenzwertfindung für die Chromkonzentration im Urin herangezogen werden (Herber 1999), in der ein Mittelwert von Chrom im Urin mit 0,1–0,5 µg/L beschrieben wurde. In der bereits oben erwähnten Untersuchung des Landesumweltamts Nordrhein-Westfalen (LUA NRW 2004) wurden bei den an der Studie teilgenommenen Müttern Chromkonzentrationen von 0,19 µg/L (Borken) und 0,24 µg/L (Dortmund/Hörde) nachgewiesen.

*Nickel:* Basierend auf Daten aus der Literatur, die vornehmlich Erwachsene einbezog, wurde von der HBM-Kommission ein Referenzwert für Nickel von 3 µg/L im Urin vorgeschlagen. Der Vergleich des Referenzwertes für Nickel im Urin mit dem Mittelwert dieser Studie von 0,61 µg/L zeigte eine Unterschreitung des Referenzwertes um den Faktor 5. Betrachtet man die Einzelergebnisse, so fand sich eine maximal nachgewiesene Konzentration von 2,1 µg/L. In der Untersuchung des Landesumweltamts Nordrhein-Westfalen (LUA NRW 2004) wurden bei den an der Studie teilgenommenen Müttern Nickelkonzentrationen von 2,31 µg/L (Borken) und 2,64 µg/L (Dortmund/Hörde) im Urin gefunden.

### **3.1.4 Zusammenfassende Bewertung**

Die Untersuchung der Metalle Cadmium, Chrom und Nickel im Urin der Probanden gab unter Berücksichtigung der herangezogenen Referenz- und Literaturwerte keinen Hinweis auf eine erhöhte Exposition der Probanden gegenüber diesen Schwermetallen.

## **3.2 Lungenfunktionsanalyse ausgewählter Probanden aus der Pilotstudie**

### **3.2.1 Material und Methoden**

Die Messung der statischen und dynamischen Lungenvolumina, der Fluß-Volumen-Kurve sowie von Diffusion Single-Breath erfolgte mit MasterLab Pro® der Fa. Jaeger. Die Ermittlung der Atemwegswiderstände und thorakalen Gasvolumina wurde mittels Ganzkörperplethysmograph Siregnost FD 40 der Firmen Siemens (Erlangen) oder MasterLab Pro durchgeführt.

Die unspezifische bronchiale Inhalationstestung wurde mit stufenweise ansteigender Methacholin-Dosis durchgeführt, wobei vernebelte Einzeldosen von 0,016; 0,031; 0,062; 0,126 und 0,252 mg bis zu einer vernebelten kumulativen Methacholin-Dosis von 0,487 mg zum Einsatz kamen. Die Verneblung des Aerosols erfolgte mit einem Aerosol-Provokationssystem (APS, Vernebler Typ MedicAid) der Fa. Jaeger (Höchberg/Würzburg). Die Inhalation erfolgte in gleichmäßiger, langsamer und tiefer Inspiration. Bei jedem Probanden wurden Messungen des totalen Atemwegswiderstandes ( $R_t$ ) sowie der Parameter der Fluß-Volumen-Kurve ( $FEV_1$ ,  $MEF_{50}$ ) über 1-2 Minuten sowie bei der letzten Einzeldosis zusätzlich 5 und 20 Minuten nach Ende der Inhalation durchgeführt.

Als Referenzwert für die Lungenvolumina in BTPS (BTPS: body temperature, pressure, saturated) wurde der Atemgrenzwert nach Knipping (Knipping et al. 1957, 1960, 1962) verwendet, bei allen übrigen Werte nach der Europäischen Gesellschaft für Kohle und Stahl (EGKS 1993); der oberer Grenzwert für den Atemwegswiderstand mit  $R_t = 0,35 \text{ kPa} \cdot \text{s/l}$ .

Ergebnisse der Unspezifischen bronchialen Inhalationstestung mit Methacholin-Lösung wurden als eindeutig positiv im Sinne einer unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität (UBH) bewertet, sobald der totale Atemwegswiderstand  $R_t$  um 100 % des Ausgangswertes anstieg und den oberen Normwert  $R_t = 0,35 \text{ kPa/l/sec}$  überschritt oder bei Abfall des Atemstoßwertes ( $FEV_1$ ) um  $\geq 20 \%$  bzw. des  $MEF_{50}$  um  $\geq 30 \%$  des Ausgangswertes. Die quantitative Angabe erfolgte als kumulative Methacholin-Inhalations-Dosis ( $PD_{R_t100}$ ,  $PD_{20FEV_1}$ ,  $PD_{30MEF50}$ ).

### **3.2.2 Beschreibung des Patientenkollektivs**

Untersucht wurden 11 Probanden (5 Männer und 6 Frauen) im Alter zwischen 45 und 60 Jahren (siehe Tabelle 19), die sich aus dem Probandenkollektiv der Pilotstudie rekrutierten. Ein-

schlusskriterium war die Angabe des Verdachtes auf toner- bzw. druckbetriebsassoziierte Beschwerden am Arbeitsplatz.

Neben einer umfangreichen allgemeinen Anamnese mit Erhebung der Eigenanamnese und vegetativen Anamnese erfolgte eine umfangreiche Befragung zur Arbeitsanamnese. Sämtliche Probanden verrichteten Büroarbeiten und waren bei der Benutzung von Computern und Laserdruckern sowie beim Kopieren gegenüber Tonerstäuben in unterschiedlichem Umfang exponiert.

Alle Probanden berichteten über Atemnot am Arbeitsplatz. Eine Einwirkung bekanntermaßen chemisch irritativ oder toxisch wirkender Gefahrstoffe am Arbeitsplatz konnte nicht erfragt werden. Eine Einwirkung von Allergenen am Arbeitsplatz wurde von keinem Probanden berichtet.

In der Eigenanamnese wurde jedoch von 6 Probanden eine „Umweltallergie“ und von einem Probanden eine Schimmelpilzallergie angegeben. Umweltallergien umfassen hierbei die Allergien gegenüber natürlich vorkommenden Allergenen, z.B. Pollenallergenen.

Ein Proband berichtete über eine Unverträglichkeit gegenüber Medikamenten und Jod. Bei drei Probanden (2♀; 1♂) fanden sich in der Anamnese keine Angaben einer allergischen Diathese.

Von allen Probanden konnten Daten zum Tabakrauchkonsum erhoben werden, der insbesondere einen konkurrierenden Faktor bei unspezifischer bronchialer Hyperreagibilität (UBH) darstellt [vgl. Abbildungen 56 und 57 zum Rauchverhalten des Kollektivs]. Danach waren drei Probanden Nie-Raucher, 7 waren ehemalige Raucher und ein Proband (MD) war zum Untersuchungszeitpunkt aktiver Raucher.

Weitere Details zu anamnestischen Angaben der Probanden des Untersuchungskollektivs finden sich in Tabelle 20.

### **3.2.3 Untersuchungsbefunde**

Bei allen Probanden wurde neben der klinischen Untersuchung eine Lungenfunktionsanalyse durchgeführt. Ganzkörperplethysmographisch wurden die Parameter der restriktiven Ventilationsstörung, der obstruktiven Ventilationsstörung, der Lungenüberblähung sowie ein Methacholin-Inhalationstest (Provokation) durchgeführt.

**Tabelle 19:** Personendaten und anamnestische Angaben zum in der Lungenfunktion untersuchten Probandenkollektiv (N=11)

Personendaten				Anamnesedaten					
Nr	Alter	♂	♀	Allg. Anamnese	Eigen-Anamnese	Arbeits-Anamnese	Veget. Anamnese	Rauchstatus	Allergien
1	51	+		+	+	+	+	Ex-Raucher	Umweltallergene
2	55		+	+	+	+	+	Nie-Raucher	Jod-Medikament
3	45	+		+	+	+	(+)	Ex-Raucher	Umweltallergene
4	45		+	+	+	+	+	Ex-Raucher	Umweltallergene
5	49	+		+	+	+	+	Ex-Raucher	Schimmelpilze?
6	51	+		+	+	+	+	Ex-Raucher	Umweltallergene
7	60		+	+	+	+	+	Ex-Raucher	Umweltallergene
8	55		+	+	+	+	(+)	Raucher	Umweltallergene
9	52		+	+	+	+	+	Nie-Raucher	Keine
10	52		+	+	+	+	+	Nie-Raucher	Keine
11	52	+		+	+	+	(+)	Ex-Raucher	Keine

+ umfangreich

(+) symptombezogen

### 3.2.3.1 Allgemeine und anamnestische Daten

Alter, Größe und Gewicht der Probanden können den Tabellen 19 und 20 entnommen werden. Der klinische Untersuchungsbefund war bei sämtlichen Probanden unauffällig. Lediglich bei einer 60-jährigen Frau wurde ein Entfaltungsknistern auskultiert.

### 3.2.3.2 Lungenfunktionsanalysen

Bei allen Probanden war die inspiratorische Vitalkapazität (VC) unauffällig, so dass sich keine Hinweise auf restriktive Ventilationsstörungen ergaben. Bei einem Probanden (Nr.6) fand sich in Ruhe ganzkörperplethysmographisch ein erhöhter totaler Atemwegswiderstand im Sinne einer Ruheobstruktion. Diese war nach Bronchospasmolyse voll reversibel.

Bei allen anderen Probanden lagen die Atemwegswiderstände im Normbereich. Auch der Atemstoßwert (FEV<sub>1</sub>), der relative Atemstoßwert (FEV<sub>1</sub> in % der forcierten Vitalkapazität)

sowie der maximal expiratorische Fluß bei 50% der forcierten Vitalkapazität (MEF<sub>50</sub>) lag bei allen Probanden im Normbereich. Somit fanden sich keine Hinweise einer Flussminderung in den kleinen Atemwegen.

**Tabelle 20:** Untersuchungsbefunde der in der Lungenfunktion untersuchten Probanden mit Angabe von toner- bzw. laserdruckerassozierten Gesundheitsstörungen

Personendaten				Klinik	Lungenfunktion		
Nr	Alter	Größe (cm)	Gew. (Kg)	Auskultation	Obstruktion	Restriktion	UBH
1	51	168	78	unauffällig	Nein	Nein	leichtgradig
2	55	149	62	unauffällig	Nein	Nein	nein
3	45	187	93,5	unauffällig	Nein	Nein	nein
4	45	158	76	unauffällig	Nein	Nein	mäßiggradig
5	49	170	76	unauffällig	Nein	Nein	mäßiggradig.
6	51	173	69	unauffällig	Zentrale Obstruktion		nicht durchführbar
7	60	160	77	Entfaltungs- knistern	Nein	Nein	eindeutig pathologisch
8	55	165	62	unauffällig	Nein	Nein	mäßiggradig
9	52	161	74	unauffällig	Nein	Nein	leichtgradig
10	52	172	71	unauffällig	Nein	Nein	eindeutig pathologisch
11	52	175	73	unauffällig	Nein	Nein	nein

UBH: unspezifische bronchialen Hyperreagibilität

Ebenso war das ganzkörperplethysmographisch bestimmte Residualvolumen (RV) sowie das Verhältnis Residualvolumen zur Totalkapazität (RV/TC) bei sämtlichen Probanden im Normbereich, so dass sich keine Hinweise auf eine Lungenüberblähung ergaben.

### 3.2.3.3 Untersuchung der unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität (UBH)

Bei allen Probanden mit in Ruhe regelrechten Ventilationsverhältnissen (10 Personen) wurde die unspezifische bronchiale Hyperreagibilität (UBH) im Methacholin-Inhalationstest überprüft.

Bei drei Probanden konnte auch auf der höchsten Belastungsstufe keine obstruktive Ventilationsstörung nachgewiesen werden, so dass sich bei den Probanden mit den Nummern 2, 3 und 11 (vgl. Tabelle 20) die Atemnotbeschwerden im Sinne einer Obstruktion nicht objektivieren ließen.

Bei den übrigen 7 Probanden konnte hingegen eindeutig eine unspezifische bronchiale Hyperreagibilität (UBH) im Methacholin-Inhalationstest gesichert werden. Diese war bei zwei Probanden leichtgradigen und bei drei mäßiggradigen Ausmaßes. Zwei Probanden reagierten eindeutig pathologisch, wobei bei einem Probanden dieser Gruppe möglicherweise die längerfristige Einnahme eines  $\beta$ -Blockers (Metoprolol) Einfluss auf die UBH hatte. Nur bei einem Probanden (bekannte Raucheranamnese) mit leichtgradiger UBH konnte im Urin anhand der Cotininbestimmung ein Tabakkonsum nachgewiesen werden.

### **3.2.4 Zusammenfassende Bewertung**

Abgesehen von den Probanden 2, 3 und 11 (Tabelle 20), deren anamnestisch angegebenen Atemnotbeschwerden nicht im Sinne einer obstruktiven Ventilationsstörung objektiviert werden konnten, und dem Probanden Nr. 6, bei dem eine Ruheobstruktion mit guter Therapierbarkeit diagnostiziert werden konnte, konnte bei allen anderen Probanden (N=7; entsprechend 63,6% des Kollektivs) eine obstruktive Atemwegserkrankung im Methacholin-Inhalationstest im Sinne einer unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität (UBH) gesichert werden. Die von diesen Probanden geklagte Atemnot wurde somit auf deren unspezifische bronchiale Hyperreagibilität zurückgeführt.

Die unspezifische bronchiale Überempfindlichkeit (Hyperreagibilität) ist definiert durch eine krankhaft gesteigerte konstriktorische Reaktion der Atemwege auf chemische, physikalische und pharmakologische Reize, die normalerweise unerschwellig sind und keine signifikanten Reaktionen auslösen. Sie ist ein wesentliches Merkmal des Asthma bronchiale allergischer und nicht-allergischer Genese; sie ist dabei häufig schon im Frühstadium und auch im beschwerdefreien Intervall nachweisbar (Deutsche Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin (DGAUM 2004)

Als Ursache der obstruktiven Atemwegserkrankung sowie der unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität müssen ein aktueller oder früherer Tabakkonsum sowie die von Probanden in der Anamnese angegebenen „Umweltallergene“ diskutiert werden. Von 7 der 11 Probanden

wurde ein früherer, von einem ein aktueller Tabakrauchkonsum angegeben, von 6 Probanden wurde eine „Umweltallergie“ beschrieben. Eine kausale Beziehung der UBH-Symptomatik mit Befunden zu den Untersuchungen auf allergologische Parameter wie Immunglobulin E (IgE) oder mittels RAST auf Gruppenantigene konnte allerdings nicht gefunden werden (vgl. Studienteil B).

Die Frage, inwieweit die Exposition gegenüber Tonerstäuben bzw. gegenüber den komplexen Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten verursachend, mitverursachend oder triggernd auf die Auslösung einer UBH-Symptomatik wirkten, kann im Rahmen der jetzt durchgeführten, orientierenden Untersuchungen nicht beantwortet werden. Hierfür sind kontrollierte Kammerexpositionsstudien erforderlich.

Auffällig ist jedoch, dass der Anteil einer objektivierten UBH an dem untersuchten Kollektiv von Probanden mit Eigenangabe einer gesundheitlichen Beeinträchtigung während des Betriebs von Laserdruckern oder Kopiergeräten mit 64% im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung hoch war. Nur bei einem Probanden konnte wegen Einnahme von Metoprolol möglicherweise ein zusätzlicher Einflussfaktor auf die UBH erkannt werden, so dass es sich bei dem Probandenkollektiv möglicherweise um durch partikuläre und flüchtige Emissionen aus Druckern und Kopieren getriggerte Effekte bei suszeptiblen Personen mit UBH handeln könnte. Dieser Hypothese sowie einer möglicherweise ursächlichen (Mit)beteiligung am UBH sollte in weiterführenden Untersuchungen Rechnung getragen werden.

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Bei der vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) in Auftrag gegebenen und nun mit dem Abschlussbericht vorgelegten Studie handelte es sich um eine Machbarkeitsstudie (Pilotstudie), die zum Ziel hatte, Instrumente und Vorgehensweisen für die Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten zu entwickeln.

Neben den gewonnenen, methodischen, instrumentellen und logistischen Erkenntnissen sowohl zum Einsatz von Messgeräten bei den Untersuchungen der Innenraumluftqualität in Realräumen als auch zur Identifizierung von Gesundheitsstörungen bei den in die Studie einbezogenen Probanden (Büroangestellten) wurden Hinweise auf eine mögliche Beeinflussung der Innenraumluftqualität durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopierern gefunden. Darüber hinaus wurden Muster an Gesundheitsbeschwerden bei dem untersuchten Probandenkollektiv erkennbar.

Obwohl sich zahlreiche der dargestellten Ergebnisse aufgrund der Studienart (Pilotstudie) und des StudENUMfangs (große Zahl an Variablen) einer statistisch belastbaren Signifikanzanalyse und erst recht einer Kausalanalyse entzogen, zeichneten sich sowohl im innenraumspezifischen wie auch im probandenspezifischen Teil der Studie Trends bzw. Tendenzen ab, aus denen Arbeitshypothesen für nachfolgende Untersuchungen generiert werden können.

Nicht alle der eingesetzten Instrumente erwiesen sich dabei allerdings als sinnvoll und aussagekräftig, wobei die Einschränkung in der Aussagekraft letztlich auf dem Aspekt einer noch logistischen und apparativ-technischen Realisierbarkeit (praktische Machbarkeit) beruhte. Wie aus der kritischen Wertung und Diskussion zu den einzelnen Untersuchungsparametern abzulesen ist, können letztlich auf den Erkenntnissen über die Mess- und Erhebungsinstrumente für Folgestudien definiert werden. Dies war eines der primären Ziele der Pilotstudie.

Was die Untersuchungen zur Beeinflussung der Innenraumluft anbelangt, so konnten durch den Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten variable, zum Teil auch im Mittel statisch signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität der Innenraumluft erkannt werden, so etwa bei den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), den Feinstäuben und den ultrafeinen Stäuben.

Insgesamt lagen aber die meisten Innenraumparameter innerhalb der auch für normale Wohnräume bekannten Konzentrationsbereiche, so dass hier – bei aller Vorsicht in der Interpretation der noch beschränkten Datensätze - aus auf die Einzelparameter bezogener, quantitativer und toxikologischer Sicht keine innenraumhygienische oder gar gesundheitliche Bedeutung der Emissionen aus Laserdruckern oder Kopiergeräten abgeleitet werden kann.

Allerdings ist eine gesundheitliche Bewertung innenraumrelevanter Expositionen auf der Basis von Einzelparametern immer dann kritisch zu hinterfragen, wenn – wie im Falle der Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten - nicht definierbare Einzelsubstanzen, sondern *komplexe Gemische mit einer Vielzahl derzeit noch unbekannter Faktoren* auf den Menschen einwirken. Hier greifen monokausale Ansätze in der Regel zu kurz.

Im Hinblick auf die Untersuchung klinischer, immunologischer und laborchemischer Parameter konnten bei den Studienprobanden keine objektivierbaren Hinweise auf Gesundheitsstörungen gefunden werden, wobei hier auf Veränderungen der Lungenfunktion (Spirometrie, FEV<sub>1</sub>), Allergie (IgE, Gruppenantigen-RAST) und allgemeine Entzündungsmarker (CrP, Diff.-BB) fokussiert wurde, die in der Regel allerdings nur „erhebliche“ Effekte abbilden.

Andererseits wurde in den personenbezogenen Erhebungen ein deutlicher Trend zu einer Häufung lokal irritativer Symptome im Sinne eines *Sick Building Syndrom*“ (SBS) bzw. eines *Mucous Membrane Irritation* (MMI)-Syndroms erkennbar. In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, dass diejenigen Probanden, die Tonerbeschwerden (sTB) oder Tonerschädigungen (sTS) angaben, eine mit Referenzkollektiven vergleichbare, unauffällige Persönlichkeitsstruktur bei geringer, allgemeiner Umweltbesorgnis aufwiesen. Selbst unter den Aspekten der jetzt vorliegenden, deskriptiven Datensätze sollten diese Befunde Anlass zu genaueren Analysen sein.

Die im Vergleich zur ProKlimA-Studie hohen Ratendifferenzen von gesundheitlichen und räumlichen Büroarbeitsplatzbeschwerden legen die Annahme einer Verzerrung (selection bias) nahe, die in zukünftigen Untersuchungen durch geeignete Maßnahmen kontrolliert werden sollte (Vergleichskollektive, weniger selektierte Auswahl). Aufgrund des kleinen Kollektivs kann durch diese Machbarkeitsstudie keine Aussage darüber erwartet werden, mit welchen Instrumenten Befunde zu erwarten sind. Je nach Fragestellung lässt sich aus dem Pool der beschriebenen Methoden ein Untersuchungsinstrumentarium für eine Folgestudie zusammenstellen. Weiterführende Studien sollten an einer entsprechend großen Kohorte (an Büroarbeitsplätzen in großen Einrichtungen) durchgeführt werden, bspw. an Berufsanfängern, die

wiederholt untersucht werden können (prospektive Studie). Nur so können die erwartungsgemäß geringen Effekte unter Berücksichtigung der notwendigen Vielzahl zu erfassender Merkmale (Zielgrößen, Einflussgrößen, Modulatoren) aufgezeigt werden. Da Partikel in der Innenraumluft bei kardiovaskulär Vorerkrankten in der Literatur bereits als eine relevante Exposition mit Auswirkungen auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen beschrieben wurde, sollte ein entsprechendes Effektmonitoring bei solchen Personen in ein zukünftiges Untersuchungsprogramm einbezogen werden. Zudem sollten mögliche Folgeerkrankungen irritativer Atemwegssymptome erfasst werden (z.B. chronische Bronchitis).

Schlussfolgernd generierten sich somit aus den Studienergebnissen unter Berücksichtigung des aktuellen Erkenntnisstandes wissenschaftliche Fragestellungen, die vor einer belastbaren Gefährdungs- bzw. Risikoanalyse der Exposition gegenüber den Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten beantwortet werden müssen (vgl. auch Gminski und Mersch-Sundermann 2006). Offensichtliche Erkenntnislücken lassen sich dabei über die im Folgenden skizzierten Untersuchungen schließen:

- *Kontrollierte humane Exposition:* Auch, wenn die Messungen der einzelnen Raumluftparameter aus quantitativer Sicht keinen unmittelbaren Anlass zur Besorgnis gaben, stellt sich die Frage nach einer eventuellen raumlufthygienischen und gesundheitlichen Bewertung der Exposition gegenüber den, sowohl in Emissionskammeruntersuchungen als auch in den jetzigen Büroraumuntersuchungen identifizierten komplexen Emissionen aus Laserdruckern und Fotokopierern – bestehend aus anorganischen und organischen, flüchtigen wie partikulären Elementen. Hier müssen kontrollierte und standardisierte humane Expositionsstudien folgen, in denen freiwillige Probanden gegenüber den komplexen Gemischen laserdruckerspezifischer Emissionen exponiert werden, wobei das Repertoire heute zur Verfügung stehender, biochemischer und biophysikalischer Effektparameter eingesetzt werden sollte [vgl. hierzu auch die Studie von Wolkoff et al. (1993) die bei Hetes et al. (1995) Eingang in einen Büroarbeitsplatz-Report der U.S. Environmental Protection Agency (U.S.E.P.A.) fand]. Hierbei sollte insbesondere der Quantifizierung olfaktorischer und trigeminaler (irritativer) Effekte sowie zellbiologischer Parameter aus den exponierten Schleimhautarealen der oberen Atemwege Bedeutung zukommen. Wirkungen der druckprozessspezifischen Komplexgemische auf den Menschen können hierdurch – anders als bei epidemiologi-

schen Betrachtungen - weitgehend erfasst werden [vgl. zur Frage der Reaktionschemie in der Innenraumluft auch Wolkoff et al. (2006)].

- *Zellbiologische Effektparameter*: Die Frage nach einer Wirksamkeit druckprozessspezifischen Komplexgemische sollte auf zellulärem Level in humanen Lungen- und/oder Mukosazellen sowie Alveolarmakrophagen mittels Transwell-Systemen in einem biologischen Kammerexpositionssystem (z.B. BIKAS<sup>®</sup>) evaluiert werden (vgl. hierzu Gminski et al. 2007), wobei auf molekulare, immunologische und zytogenetische Marker fokussiert werden sollte. Dies erscheint auch im Hinblick auf die Untersuchungen zur genetischen Toxizität von Gadhia et al. (2005) und Goud et al. (2001, 2004) zum Ausschluss potenziell zytogenetischer Effekte relevant. Bisher weitgehend unbeleuchtete, nicht akute Wirkmechanismen komplexer Emissionen aus Druckmaschinen z.B. im Rahmen der Mutagenese, der Beeinflussung der zellulären Signalverarbeitung (Zellsignalling), des gesteuerten Zelltodes (Apoptose) und der Zellalterung (Ageing) können in humanen Zielzellen unter kontrollierten Bedingungen erfasst werden.
- *Beschaffenheit und Wirkung der feinen und ultrafeinen Partikel*: Im Rahmen einer belastbaren Risiko- oder Gefahrenbewertung ist es zudem notwendig, den in Kammerstudien wie auch nun in Realraumuntersuchungen beobachteten Ausstoß feiner und ultrafeiner Partikel hinsichtlich qualitativer Kriterien zu charakterisieren und hinsichtlich biologischer Effekte zu untersuchen. Im Zusammenhang damit sind auch die Emissionen von Feinstäuben zu sehen, da generell Assoziationen zwischen Partikelexposition und Erkrankungen wahrscheinlich sind [vgl. hierzu GSF (2007)]. Da die REM- und TEM-Analysen im Vergleich zur CPC-Messung nur für 1-10% der ultrafeinen Teilchen eine substantielle Erklärung lieferten, bleibt derzeit die Frage nach der Qualität der übrigen 90-99% der im Mittel (und im „initialen burst“) in der DB-Phase entstehenden ultrafeinen Partikel unbeantwortet. Auch hier bieten sich neben physikalischen Verfahren zellbiologische Untersuchungen zur Abklärung der Qualität und eventuellen humanrelevanten Wirksamkeit der feinen und ultrafeinen Partikel an.
- *Epidemiologie* (Hauptstudie zur Pilotstudie): Die Durchführung einer umfassenderen, epidemiologischen Studie zur Erfassung der noch unbekanntem Beziehungsgefüge zwischen Exposition gegenüber druckerspezifischen Emissionen und Gesundheitsbeschwerden bzw. Erkrankungen auf Basis der jetzt als sinnvoll erkannten Instrumente sowie unter Einbeziehung zusätzlicher Effektparameter ist sinnvoll, um eine eventuel-

le Beteiligung von Emissionen aus Druckern und Fotokopiergeräten an den aus der Pilotstudie berichteten SBS- bzw. MMI-Syndromen, aber auch an chronischer Bronchitis zu evaluieren. Wie dargestellt, zeigten Lungenfunktionsanalysen von ausgewählten Probanden der Pilotstudie, die bei sich „toner“-assoziierte Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsstörungen vermuteten, mittels Ganzkörperplethysmographie und Provokation einen hohen Anteil mit unspezifischem hyperreagiblen Bronchialsystem (UBH), so dass auch das Beziehungsgefüge von Exposition und suszeptiblen Personen analysiert werden muss. Zudem hat sich die Exposition gegenüber Feinstaub als relevanter Faktor bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen gezeigt. Daher wird empfohlen, ein entsprechendes Monitoring auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen in ein zukünftiges epidemiologisches Studiendesign zu implementieren.

- *Kasuistikstudie (Untersuchungen von „Tonergeschädigten“*: Nach Aussage von Stelling (persönliche Mitteilung 2007) sind bei der Interessengemeinschaft der Tonergeschädigten (ITG e.V.) mittlerweile etwa 1500 Personen registriert, die Gesundheitsprobleme und/oder Erkrankungen mit Expositionen gegenüber Tonern oder den Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten im Zusammenhang sehen. Auch im Rahmen von Begutachtungsverfahren von Personen, die Gesundheitsbeschwerden auf Toner- bzw. Laserdruckeremissionen zurückführen, werden Expositionen und Symptome häufig glaubhaft dargestellt, ohne dass bisher eine Evidenz der Beziehungen erkennbar wurde. In einer interdisziplinär angelegten Studie mit Ärzten und Wissenschaftlern primär aus den Bereichen Innere Medizin (Pulmonologie), Immunologie/Allergologie und HNO-Heilkunde sollte der Versuch unternommen werden abzuklären, ob es sich bei den erfassten Personen um quasi „überempfindliche“, d.h. suszeptible Personen z.B. im Sinne einer UBH handelt, ob eventuell objektivierbare Symptome oder Symptomkonstellationen zu dem aus der Pilotstudie vermuteten SBS- bzw. MMI-Bild passen oder ob verzögerte allergische Reaktionen auf Tonerexposition nachgewiesen werden können (vgl. hierzu auch die Veröffentlichungen von Palm 2006 und Rabe et al. 2002).

Somit bleiben zahlreiche Fragestellungen insbesondere im Hinblick auf eine gesundheitliche Wirkung offen, die aber nun – wie gezeigt - nach Abschluss der Pilotstudie auf konkrete Arbeitshypothesen konzentriert werden können.

## 5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Pilotstudie war es zu untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Maße der Betrieb von Laserdruckern und Fotokopiergeräten in Büroräumen Einfluss auf die Innenraumluftqualität besitzt und ob es sich bei von Büroangestellten geäußerten Gesundheitsbeschwerden um ein definierbares Beschwerde- bzw. Symptommuster handelt, das mit Büroarbeitsplätzen, Drucker- und/oder Fotokopiererbetrieb assoziiert sein könnte. Die Studie wurde dabei als Pilotstudie angelegt, die primär zur Aufgabe hatte, Erhebungsinstrumente auszuwählen und auf ihre Einsetzbarkeit zu überprüfen. Es war nicht Gegenstand der Untersuchung, durch die Ergebnisse zu einer abschließenden Risikobewertung der Exposition gegenüber Emissionen aus Laserdruckern und Fotokopierern zu kommen.

Zu diesem Zwecke wurden zwischen Januar und Oktober 2006 in Kooperation mit der Interessensgemeinschaft der Tonergeschädigten (ITG e.V.) 63 Büroräume in 9 Bürogebäuden an 4 Standorten (A-D) in Deutschland ausgewählt (A-1 bis D-63). Von diesen Bürogebäuden war zum Teil bekannt, dass dortige Mitarbeiter gesundheitliche Beschwerden auf den Betrieb von Druckern oder Fotokopierern zurückführten. Parallel zu den Innenraumuntersuchungen wurden aus den gleichen Bürogebäuden 69 freiwillige Probanden (Büromitarbeiter) für die Studie gewonnen und im Verlauf eines Arbeitstages betreut und untersucht.

Im innenraumanalytischen Teil der Studie (Studienteil A) wurde die Luftqualität in den Büroräumen im Ruhebetrieb (RB, nach der nächtlichen Ruhephase), im Druckbetrieb (DB, während standardisierter Druckvorgänge der im Raum vorhandenen Laserdrucker oder Kopierer) und im Arbeitsbetrieb (AB, während des normalen Bürobetriebs) untersucht. Hierzu wurde die Temperatur, Luftfeuchte, die Konzentrationen anorganischer Gase ( $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ) und von Formaldehyd sowie der Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC) und flüchtiger organischer Einzelstoffe (VOC) gemessen. Zudem wurden die Teilchenanzahlen aus 16 Größenfraktionen im Größenbereich  $\geq 0,23$  bis  $\geq 20\mu m$  mit einem Aerosolspektrometer gemessen und hieraus die massenbezogenen Partikelkonzentrationen der unterschiedlichen Staubfraktionen ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  u.a.) berechnet. Feine und ultrafeine Partikel im Größenbereich  $0,01 - 1 \mu m$  wurden mit einem Kondensationspartikelzähler (CPC 3007) bestimmt. Elektronenmikroskopische Analysen (TEM und REM) zur vergleichenden Spezifikation von Tonerstaub aus Tonerkartuschen und aus der Büroraumluft gesammelter Stäube schlossen sich an. Als möglicher, die Gesundheit beeinflussender Faktor (Confounder) wurde die Konzentration luftgetragener Schimmelpilze bestimmt.

Die Innenraumanalyse ergab im Mittel einen leichten Anstieg der Raumlufttemperaturen um  $0,9 \text{ }^\circ C$  und der Luftfeuchte um  $0,9 \text{ Vol}\%$  während des Druckbetriebs. Die Ergebnisse der Messungen von Ozon ( $O_3$ ) und anderen anorganischen Gasen ( $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$ ) sowie von

Formaldehyd waren aufgrund der kritisch zu wertenden hohen Bestimmungsgrenzen der Messmethoden - die in der Pilotstudie primär aufgrund logistischer Vorgaben (Begrenzung des „Gerätsparks“) eingesetzt wurden - nicht verwertbar.

Die TVOC-Konzentrationen betragen in den untersuchten Büroräumen im Maximum etwa  $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ein signifikanter Unterschied der mittleren TVOC-Konzentrationen zwischen RB und DB konnte nicht erkannt werden; gegenüber der DB- und RB-Phase waren die mittleren und medianen TVOC-Konzentrationen in der AB-Phase signifikant niedriger. Differenziert man nach Räumen mit Zunahme oder Abnahme der TVOC-Konzentrationen, so konnte für 22 Büroräume ein Anstieg der TVOC-Konzentrationen von den RB- zu DB-Phasen von im Mittel  $44,5 \pm 56,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) auf  $73,1 \pm 76,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $47,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) festgestellt werden, während es in 25 Büroräumen zu einem Abfall der mittleren TVOC-Konzentrationen von  $78,6 \pm 64,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu  $60,3 \pm 57,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $40,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kam. Bei keinem der analysierten VOC-Einzelstoffe Methylcyclohexan, Benzol, Toluol, Ethylbenzol, n-Propylbenzol, m-Xylol, p-Xylol, 1,3,5-Trimethylbenzol, Styrol,  $\alpha$ -Pinen,  $\Delta^3$ -Caren, Limonen, Benzaldehyd und Acetophenon kam es im Mittel zu konsistenten Veränderungen während der verschiedenen Messphasen, allerdings konnten für Benzol und Styrol in Einzelfällen, d.h. für einzelne Büroräume Erhöhungen der Innenraumlufkonzentrationen in der DB-Phase festgestellt werden. Über die VOC-Quellen kann dabei keine Aussage gemacht werden.

Die auf der Basis der Anzahlkonzentrationen im Aerosolspektrometer errechneten massenbezogenen Partikelkonzentrationen ( $\geq 0,23 - \geq 20 \mu\text{m}$ ) in der Raumluft betragen im Mittel zwischen etwa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die mittleren Partikelkonzentrationen aller Räume lagen für die RB-Phase bei  $59,5 \pm 23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $57,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), für die DB-Phase bei  $70,7 \pm 28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $68,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für die AB-Phase bei  $81,7 \pm 38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Median:  $74,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Insgesamt konnte ein signifikanter Anstieg der mittleren Partikelkonzentrationen von der RB-Phase zur DB-Phase und von der RB-Phase zur AB-Phase, nicht aber von der DB-Phase zur AB-Phase festgestellt werden. In der Tendenz erkennt man auch bei den  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Partikelfractionen einen Konzentrationsanstieg von der RB-Phase zur DB-Phase.

Die mittels Kondensationspartikelzähler gemessenen Anzahlkonzentrationen der feinen und ultrafeinen Partikel ( $0,01 - 1 \mu\text{m}$ ) lagen im Mittel aller Büroräume für die RB-Phase bei  $11.057 \pm 14.050$  (Median: 6.503) Partikel/ $\text{cm}^3$ , für die DB-Phase bei  $23.647 \pm 18.444$  (Median: 18.060) Partikel/ $\text{cm}^3$  und für die AB-Phase bei  $18.923 \pm 10.565$  (Median: 15.539) Partikel/ $\text{cm}^3$ . Insgesamt konnte im Mittel ein signifikanter Anstieg der Konzentrationen feiner und ultrafeiner Partikel mit einem Durchmesser zwischen  $0,01 \mu\text{m}$  und  $1 \mu\text{m}$  von der RB-Phase zur DB-Phase und von der RB-Phase zur AB-Phase festgestellt werden. Von der DB-

Phase zur AB-Phase nahmen die mittleren Partikelkonzentrationen wieder ab.

In 64,5% der untersuchten Büroräume wurde zudem eine Konzentrationsspitze bei Beginn des Standarddruckvorgangs gefunden (Initialer Burst). Der initiale Burst führte zum Teil zu einer Vervielfachung der Partikelkonzentrationen in der Büroraumluft. Die elektronenmikroskopische Auszählung von 5 Staubproben aus der Büroraumluft ergab zwischen 300 und 2376 A+A/ml (Teichen als Aggregate und Agglomerate pro Milliliter). Da mit dem Kondensationspartikelzähler um mindestens den Faktor 10 höhere Teilchenkonzentrationen der Größe 0,01 – 1 µm gemessen wurden, ist anzunehmen, dass >90% dieser Partikel nicht aus elektronenmikroskopisch messbaren Partikelkomponenten bestehen. Es kann sich vielmehr um (bisher unbekannt) flüchtige Substanzen oder Mikroaggregate aus verschiedenen Stoffen einschließlich der Silikonöle handeln. Bei den elektronenmikroskopisch messbaren Teilchen zeigten sich vereinzelt auch so genannte Hüllen bzw. „bubbles“, die als laserdruckerspezifische Komponenten interpretiert werden können. Solche Hüllen konnten allerdings nur sehr selten nachgewiesen werden, so dass diese Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind. Validierende Untersuchungen sind hier abzuwarten. Die elektronenmikroskopischen Elementanalysen der gefundenen Teilchen deuten bei einigen auf Dieselruß, bei anderen auf Tonerkomponenten hin.

Die Schimmelpilzkonzentrationen in der Innenraumluft (DG18-Agar, 20°C) lagen im Mittel für die RB-Phase bei  $84,2 \pm 181,7$  KBE/m<sup>3</sup>, für die DB-Phase bei  $81,9 \pm 173,2$  KBE/ m<sup>3</sup> und für die AB-Phase bei  $148 \pm 250$  KBE/ m<sup>3</sup> (Außenluft:  $200 \pm 302$  KBE/ m<sup>3</sup>). Auch unter Berücksichtigung der Malzextraktagar (MEA)- und 37°C-Kulturen konnten in den untersuchten Räumen keine Quellen für Schimmelpilze festgestellt werden.

Im Rahmen des gesundheitsbezogenen Teils der vorliegenden Pilotstudie (Studienteil B) wurden gegenüber tonerbasierten Bürogeräten exponierte Angestellte bezüglich ihrer Beschwerden und relevanten Gesundheitsdaten charakterisiert. Kernpunkte des epidemiologischen Ansatzes waren zum einen, den Einsatz des spezifisch für die Fragestellung zusammengestellten Instrumentariums auf Durchführbarkeit im Feld zu überprüfen, und zum anderen, Hinweise zu erhalten, inwiefern die von den Betroffenen berichteten, tonerbezogenen Beschwerden für ein bisher nicht beschriebenes, neuartiges oder auch bereits bekanntes Beschwerde- bzw. Krankheitsbild hindeuten können.

Die Auswahl der Methoden und Parameter basierte auf Angaben in der Literatur, die am Büroarbeitsplatz primär Auswirkungen auf Haut, Schleimhaut, Atemwege, körperliche Missempfindungen, Müdigkeit und Allgemeinbeschwerden sowie Konzentrationsstörungen beschrieben. Eine entsprechende Auswahl von etablierten Befragungsinstrumenten und klinisch-laborchemischer Parameter wurde daher in die Studie - zum Teil modifiziert - eingesetzt.

Die freiwilligen Studienteilnehmer wurden unter Angestellten an Büroarbeitsplätzen der Standorte A-D rekrutiert, von denen bekannt war, dass ein Teil der dort Beschäftigten Gesundheitsbeschwerden auf Toner-Exposition zurückführte. Die Teilnehmer wurden im Rahmen der Erhebung von geschulten Mitarbeitern des Institutes für Hygiene und Umweltmedizin, Gießen, während arbeitsbegleitenden Untersuchungen an einem Tag betreut und untersucht. Von den Probanden wurden Fragebögen ausgefüllt (u.a. Teile des BGS 98, MM-40, SOMS 2, SF-36, FLZ, FPI-R) sowie von den Untersuchern eine ärztliche Anamnese, Blutentnahme zur Bestimmung von Blutbild, CrP, IgE, RAST und ein Konzentrationstest (d2) durchgeführt. Anleitungen zur Sammlung von 24h-Urin (Bestimmung von Cotinin, Metallen) wurde gegeben sowie Atemwegparameter (NO im Exhalat, FEV<sub>1</sub>, VC) vor, während und am Ende der Arbeitszeit gemessen.

Deskriptive Auswertungen der gesundheitlichen Parameter wurden für das Gesamtkollektiv und anhand von Kollektivstratifizierungen basierend auf der Selbstangabe der Büroangestellten zum Vorliegen von tonerbezogener Beschwerden im Fragebogen vorgenommen (Subkollektive: selbstberichtete Tonerbeschwerden [sTB], selbstberichtete Tonerschädigung [sTS], keine Tonerbeschwerden [kTB]).

Der epidemiologische Untersuchungsplan erwies sich in seiner Durchführung weitgehend als praktikabel. Aufgrund des Pilotcharakters der Studie und der damit verbundenen Limitierung von Probandenzahl und -auswahlmethode sind bewertenden Interpretationen jedoch sehr enge Grenzen gesetzt. Die nachfolgenden Beobachtungen sind daher rein deskriptiv zu verstehen. Dies gilt insbesondere für Vergleiche zwischen den Subkollektiven und Vergleiche mit Kollektiven aus anderen Studien, da sich die Kollektive in wesentlichen Rahmendaten unterscheiden. Die gefundenen Tendenzen wurden vor diesem Hintergrund auch nicht statistisch auf ihre Signifikanz getestet.

Strukturell wurde erwartungsgemäß der Charakter eines Berufstätigenkollektivs deutlich (Gesamtkollektiv N=69 Probanden). Tonerbezogene Beschwerden (sTB) gaben N=36 Personen an, eine tonerbezogene Schädigung (sTS) N=7. Im Vergleich zu Daten des BGS 98 (adaptierte Stichprobe zur MCS-Studie) fanden sich im Gesamtkollektiv keine hohen Raten an Vorerkrankungen. Im Kollektiv sTB lagen die Raten niedriger als in bisherigen Studien an umweltmedizinischen Patienten. Die körperliche und seelische Gesundheit anhand des SF-36 wies insgesamt eine große Streuung um die Normwerte auf. Beim Vergleich von sTB mit denjenigen ohne tonerbezogene Beschwerden (kTB, N=23) zeigten sich im Median deskriptiv schlechtere Werte der gesundheitlichen Lebensqualität bei Probanden mit selbst berichteten tonerbezogenen Beschwerden, die möglicherweise in dem höheren Alter dieses Kollektivs gründen.

Die Raten ärztlicherseits unerklärter körperlicher Beschwerden (SOMS 2) waren im Gesamtkollektiv höher als in Referenzpopulationen. Bei Personen mit tonerbezogenen Beschwerden wurden im SOMS 2 häufiger mit diesen unerklärten körperlichen Beschwerden verbundene Arztbesuche berichtet. Im Persönlichkeitsprofil (FPI-R, d2) zeigten sich für alle Studienteilnehmer Verteilungen im Bereich der Normwerte, dies gilt auch für die Skala „berufliche Beanspruchung“ des FPI-R. Im Gesamtkollektiv lagen die Werte der allgemeinen und individuellen Umweltbesorgnis niedriger als in Referenzpopulationen. Hingegen fanden sich höhere Summenscores der Umweltbesorgnis im Kollektiv mit tonerbezogenen Beschwerden.

Die untersuchten Parameter zur allergischen Sensibilisierung (IgE, RAST) wiesen in der deskriptiven Ratenverteilung ein erwartetes Ranking der Allergengruppen auf: Inhalation (37%) > Nahrungsmittel (7%) > Schimmelpilz (2%). Personen mit selbstberichteter Tonerschädigung (sTS, N=7) hatten deskriptiv die geringsten Raten an Sensibilisierungen. Beide Parameter führten zu sinnvollen, sich ergänzenden Ergebnissen bei dem untersuchten Kollektiv. Hinweise auf Entzündungsprozesse, z.B. der Atemwege, konnten anhand der Laboregebnisse (Blutbild, CrP) bei keinem der Probanden gefunden werden.

Konzentrationen an Stickoxid (NO) im Exhalat zeigten deskriptiv weder Unterschiede zwischen den Kollektiven sTB und kTB noch zwischen den morgendlichen Leerwerten und Konzentrationen nach Arbeitsplatzexposition am Mittag. Bei Personen mit Allergien, Asthma oder Infektion jedoch war im Mittel die Konzentration von NO deskriptiv höher als bei Personen ohne eine solche Erkrankung. Bei einigen Probanden, die in den Fragebögen angegeben hatten, Nichtraucher zu sein, ließ dieser Parameter durch zu hohe Werte Hinweise auf „reporting error“ vermuten. Da bei der Spirometrie technische Probleme auftraten, wurden die Spirometriedaten wegen unplausibler Ergebnisse nicht verwertet.

Von den Gesundheitsbeschwerden, die sich auf den Büroarbeitsplatz bezogen, wurden insgesamt höhere Raten an irritativen Beschwerden von Atemwegen und Schleimhäuten berichtet als in einem finnischen und deutschen Vergleichskollektiv aus Büroräumen (ProKlimA-Studie). Probanden mit selbstberichteten Tonerbeschwerden oder -schädigung bezogen diese irritativen Beschwerden auf die Tonerexposition (Attribuierung) und Probanden ohne Tonerbeschwerden auf den Arbeitsplatz insgesamt. Bei der Beurteilung der Büroarbeitsplatzumwelt wurden von allen häufiger trockene bzw. verbrauchte Luft, Staub, hohe Temperatur und Lärm beklagt als in den Vergleichskollektiven der ProKlimA-Studie. Personen mit tonerbezogenen Beschwerden beklagen sich in höherem Maß über ihre Büroarbeitsplatzumwelt als diejenigen ohne Tonerbeschwerden. Prinzipiell glichen die in dieser Pilotstudie im Zusammenhang mit Tonern berichteten Beschwerden jenen, die auch beim „Sick-Building-Syndrom“ (SBS) beobachtet werden.

Die Untersuchung von Metallen (Cadmium, Chrom, Nickel) im 24-Std.-Urin der Probanden (Studienteil C) ergab unter Berücksichtigung der herangezogenen Referenz- und Literaturwerte keine Hinweise auf eine erhöhte Exposition gegenüber diesen Schwermetallen.

Von den 20 angeschriebenen sTB- und sTS-Probanden erklärten sich 11 Personen, die alle über Atemnot am Arbeitsplatz klagten, zu einer Ganzkörperplethysmographie mit Methacholin-Provokation bereit. Davon wurde bei 7 (64%) eine unspezifische bronchiale Hyperreagibilität (UBH) festgestellt. Dies ist im Vergleich zur europäischen Allgemeinbevölkerung, von der für Probanden zwischen 22 und 44 Jahren UBH-Häufigkeiten zwischen 3,4 und 27,9 % berichtet werden, ein deutlich erhöhter Anteil, wobei unklar bleibt, ob dies mit einem Selektionsbias („Atemnot am Arbeitsplatz“) in Zusammenhang steht.

Bei der vorliegenden Studie handelte es sich um eine Pilotstudie. Verallgemeinernde oder statistisch belastbare Aussagen im Hinblick auf Expositionshöhen und gesundheitliche Effekte sich daher nicht möglich, sondern allenfalls in ihrer Tendenz abschätzbar, was als Grundlage zur Generierung von Arbeitshypothesen für weiterführende, Beziehungswahrscheinlichkeiten oder Kausalitäten aufklärende Untersuchungen dienen sollte.

Deutlich wurde die hohe Variabilität der Parameter realer Büroräume sowie die ebenso hohe Variabilität des Einflusses beim Betrieb von Laserdruckern und Fotokopierern auf die Luftqualität in den Büroräumen, was für eine Expositionsabschätzung prinzipiell immer die detaillierte Betrachtung des jeweils einzelnen Raumes notwendig macht. Mittelungen von Messergebnissen – wie auch in vorliegenden Studie für die statistischen Bewertungen durchgeführt – können wegen der Nicht-Standardisierbarkeit des Realraums nicht zu einer Abschätzung der individuell zu erwartender Expositionen und damit auch nicht von Risiken verwendet werden. Dennoch lassen sich aus der durchgeführten Studie einige Schlussfolgerungen ableiten.

So kann aus den Ergebnissen der Pilotstudie geschlossen werden, dass sich sowohl im innenraumanalytischen wie auch im probandenbezogenen Studienteil die eingesetzten Instrumente sowie das Studiendesign weitgehend als geeignet erwiesen haben und somit - zum Teil nach Modifikation - auch in weiterführenden Studien eingesetzt werden können. Für die innenraumhygienisch wichtigen Parameter Ozon und Formaldehyd sollten in diesem Zusammenhang selektivere und sensitivere Methoden eingesetzt werden, was sicherlich neue Fragen an die Messlogistik (Umfang des „Geräteparks“) stellen wird.

Neben den gewonnenen, methodischen und instrumentellen Erkenntnissen wurden zudem deutliche Hinweise auf eine mögliche Beeinflussung der Innenraumluftqualität durch den Betrieb von Druckern und Kopieren gefunden. Als Befund ist die beobachtete Staub- und Feinstaubbelastung der Büroraumlufte hervorzuheben, die beim Betrieb von Laserdruckern oder Kopiergeräten häufig deutlich zunimmt und die schon unter quantitativen Aspekten als

hygienisch, wenn nicht gar gesundheitlich bedenklich zu werten ist. In diesem Kontext ist auch der initiale Burst der Emission feiner und ultrafeiner Partikel beim Druckprozess zu sehen, dessen gesundheitliche Bedeutung derzeit ebenfalls nicht abschätzbar ist. Welche chemische und physikalische Partikeleigenschaften hier eine Rolle spielen, bleibt ebenso offen wie die Frage, welche Komponenten des Druckgerätes für diese Emissionen überhaupt verantwortlich sind.

Darüber hinaus ergaben sich Hinweise auf Muster an Gesundheitsbeschwerden bei den untersuchten Personen. So glichen die von den Probanden im Zusammenhang mit Tonern berichteten Beschwerden denen des „Sick-Building-Syndroms“ (SBS) und bestanden im Wesentlichen aus irritativen Schleimhautbeschwerden im Sinne einer „Mucous Membrane Irritation“ (MMI). Beim SBS-Syndrom wird eine multifaktorielle Genese angenommen, das Syndrom ist in seiner Ätiologie bisher ungeklärt. Somit stellen die hier bei Probanden mit tonerbezogenen Gesundheitsbeschwerden beobachteten Symptome zwar kein neues Syndrom dar, es gilt jedoch herauszufinden, welche Bedeutung eine Exposition gegenüber laserdruckerspezifischen Emissionen an dieser wiederholt und in unterschiedlichen Fragestellungen beobachteten SBS/MMI-Symptomatik zukommt.

Das Auftreten einer unspezifischen bronchialen Hyperreagibilität (UBH) bei 7 von 11 für die Zusatzuntersuchungen (Ganzkörperplethysmographie) gewonnenen Probanden wirft zudem die Frage auf, ob Expositionen gegenüber Stäuben oder laserdruckerspezifischen Emissionen und die beobachtete individuelle Suszeptibilität im Sinne eines synergistischen Effektes zu werten sind oder ursächlich mit einer UBH in Verbindung gebracht werden können.

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass sich aus den in dieser Studie gewonnenen Erkenntnissen über Innenraumluftbelastungen und dem Spektrum der beobachteten Gesundheitsbeeinträchtigungen Fragestellungen generieren, die vor einer belastbaren Gefährdungs- bzw. Risikoanalyse einer Exposition gegenüber den Emissionen aus Laserdruckern oder Fotokopiergeräten zu beantworten sind. Dies wird durch Publikationen in der aktuellen und internationalen Literatur untermauert. Untersuchungen zur genaueren analytischen Charakterisierung und Quantifizierung der Emissionen aus Laserdruckern und Kopierern, Untersuchungen zellbiologischer Effektparameter, humane Interventionsstudien, epidemiologische Erhebungen und Kasuistikstudien werden vorgeschlagen, um die Frage zu beantworten, welche gesundheitlichen Effekte gegebenenfalls bei einer Exposition gegenüber laserdrucker- bzw. fotokopiererspezifischen Emissionen zu erwarten sind.

Darüber hinaus erscheinen unter Vorsorgeaspekten schon auf der Basis des derzeitigen Erkenntnisstandes präventive Maßnahmen zum Gesundheitsschutz (Expositionsminimierung) angezeigt.

## 6 Danksagung

Ich danke dem *Bundesinstitut für Risikobewertung* (BfR) für die Bereitstellung der finanziellen Mittel zur Durchführung der Pilotstudie sowie der später geplanten Zusatzuntersuchungen zur Analyse ultrafeiner Partikel und der Lungenfunktionsuntersuchungen

Besonderer Dank gebührt dabei Herrn *Prof. Dr. W. Lingk* und Frau *Prof. Dr. U. Gundert-Remy* vom BfR, die die Studie mit ihrem Sachverstand initiierten und begleiteten sowie stets als Ansprechpartner für die Diskussion zur Verfügung standen

Dank gebührt auch Herrn *H.-J. Stelting* von der Interessengemeinschaft Tonergeschädigter (ITG) im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz, der maßgeblich auf das Thema aufmerksam machte und somit nicht unerheblich an der Initiierung des Projektes beteiligt war. Zudem war seine Hilfe bei der Auswahl der Gebäude/Kollektive sehr hilfreich

Ich danke insbesondere den verantwortlichen *Ansprechpartnern* der in die Studie einbezogenen Bürogebäude; ohne sie wäre aus organisatorischer und logistischer Sicht die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen. Ich bitte zu akzeptieren, dass an dieser Stelle aus Gründen der Anonymisierung insbesondere der Probandenkollektive die Namen der Verantwortlichen vor Ort nicht genannt werden.

Außerdem und in besonderer Weise danke ich den *Beschäftigten bzw. Angestellten* in den Büros der untersuchten Büro- bzw. Verwaltungsgebäude, die sich als Probanden bereit erklärten an der Studie teilzunehmen und somit die Prozedur der nicht immer angenehmen klinischen Untersuchungen wie Blutentnahmen und Lungenfunktionstests sowie die zeitaufwendigen Fragebogenerhebungen mit großer Ernsthaftigkeit auf sich zu nehmen.

Freiburg, den 21.12.2007

Prof. Dr. Volker H. Mersch-Sundermann  
Studienleiter

## 7 Literatur

- Alving K, Janson C, Nordvall L (2006) Performance of a new hand-held device for exhaled nitric oxide measurement in adults and children. *Respir Res* 7, 67-73
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2004) Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV (Verordnung über Arbeitsstätten)(2004) Bundesgesetzblatt I, S. 2179
- Armbruster C, Dekan G, Hovorka A (1996). Granulomatous pneumonitis and mediastinal lymphadenopathy due to photocopier toner dust. *Lancet* 348 (9028), 690
- ATS (1995). Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *American Journal of Review of Respiratory and Critical Care Medicine* 152(3): 1107-36.
- Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)(2005) Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten.  
<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/dokumente/AgBB-Bewertungsschema2005.pdf>
- Bake D, Moriske HJ (2006) Untersuchungen zur Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikel beim Betrieb von Laserdruckgeräten. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 11, 301-308
- Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)(2006) Frische Luft an bayrischen Schulen: Untersuchungen zur Verbesserung der Luftqualität. Vorläufige Zusammenfassung. [http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/luft\\_ergebnisse.pdf](http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/luft_ergebnisse.pdf)
- Bakó-Biró Z , Wargocki P, Weschler CJ, Fanger PO (2004) Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. *Indoor Air* 14(3), 178-187
- Bascom R (1991). The upper respiratory tract: mucous membrane irritation. *Environ Health Perspectives* 95, 39-44
- Baser S, Fisekci FE et al. (2003) Respiratory effects of chronic animal feed dust exposure. *J Occup Health* 45(5), 324-330
- Bellach, BM, Knopf H, Thefeld W (1998) The German Health Survey. 1997/98 *Gesundheitswesen* 60 Suppl 2, 59-68
- Bischof W, Bullinger-Naber M, Kruppa B, Müller BH, Schwab R (2003) Exposition und Gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag
- Bischof W, Wiesmüller GA (2007) Das Sick Building Syndrome (SBS) und die Ergebnisse der Pro-Klima-Studie. *Umweltmed Forsch Prax* 12(1), 23- 42

- Bowler RM, Schwarzer R (1991) Environmental anxiety: Assessing emotional distress and concerns after toxin exposure. *Anxiety Research* 4, 167-180
- Brickenkamp R (2002) Test d2, Aufmerksamkeits-Belastungs-Test. Manual Göttingen, Hogrefe Verlag
- Brindicci C, Ito K, Resta O, Pride NB, Barnes PJ, Kharitonov SA (2005) Exhaled nitric oxide from lung periphery is increased in COPD. *Eur Respir J* 26(1), 52-59
- Bullinger M, Kirchberger I (1998) SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36 Questionnaire concerning Health status). Handanweisung. Hogrefe Verlag, Göttingen, Bern, Toronto
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)(2005a) Kopiergeräte und Drucker im Büro.  
[http://www.baua.de/nm\\_27840/sid\\_B715BBF3FFF6EC16FBCDF96425445C83/nsctre/de/Publikationen/Faltblaetter/F44,xv=vt.pdf](http://www.baua.de/nm_27840/sid_B715BBF3FFF6EC16FBCDF96425445C83/nsctre/de/Publikationen/Faltblaetter/F44,xv=vt.pdf)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)(2005b).  
<http://btrzxc.rz.uni-bayreuth.de/betriebsaerztin/themen/pdf/bildschirm/tonerstaube.pdf>
- Bundes-Gesundheitssurvey (1998) Bundes-Gesundheitssurvey 1998 des Robert Koch-Instituts (vgl. auch Bellach et al. 1998)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2005) Gesundheitsgefährdung durch Toner. Ergänzende Stellungnahme Nr. 017/2005
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2006) Gesundheitliche Beschwerden durch Toner. Information Nr. 049/2006
- Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM) (2004) Lungenfunktionsprüfungen in der Arbeitsmedizin.  
<http://www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/lungfunk.htm>
- DIN ISO 7708 (1995) Luftbeschaffenheit – Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstoffprobennahme. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN ISO 16000-1 (2006) Innenraumluftverunreinigungen - Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN ISO 16000-2 (2006) Innenraumluftverunreinigungen - Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin

- DIN ISO 16000-3 (2002) Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen - Probenahme mit einer Pumpe. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN ISO 16000-4 (2004) Innenraumluftverunreinigungen - Teil 4: Bestimmung von Formaldehyd, Probennahme mit Passivsammlern – Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN EN ISO 16000-5 (2007) Innenraumluftverunreinigungen - Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). NA 134-04 FBR – Fachbereichsbeirat Umweltmesstechnik. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN ISO 16000-6 (2004) Innenraumluftverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern – Probennahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN EN 481, 09-1993 (1993) Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Eis D, Beckel T, Birkner N, Renner B (2002) Untersuchungen zur Aufklärung der Ursachen des MCS-Syndroms (Multiple Chemikalien-Überempfindlichkeit) bzw. der IEI (Idiopathische umweltbezogene Unverträglichkeit) unter besonderer Berücksichtigung des Beitrages von Umweltchemikalien (MCS-Studie I). Abschlussbericht in 2 Bänden (Berichtsband und Anlagenband) zu einem FuE-Vorhaben im Auftrag des UBA (FKZ 298 62 274), November 2002
- Enderlein G, Heuchert G (1994) 7. Epidemiologische Methoden in der Arbeitsmedizin. Epidemiologische Arbeitsmethoden. L. Heinemann, Sinnecker, Herbert Stuttgart, Gustav Fischer Verlag Jena
- Europäische Gesellschaft für Kohle und Stahl (EGKS) (1993) Normwertsatz der Europäischen Gesellschaft für Kohle und Stahl
- Europäische Gemeinschaft (1999) RICHTLINIE 1999/30/EG DES RATES vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 163/41.  
[http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/1999/l\\_163/l\\_16319990629de00410060.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/1999/l_163/l_16319990629de00410060.pdf)
- Fahrenberg J, Hampel R, Selg H (2001) Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI). Revidierte Fassung (FPI-R) und teilweise geänderte Fassung (FPI-A1). Hogrefe Verlag, Göttingen
- Fahrenberg J, Myrtek M, Schumacher J, Brähler E (2000) Fragebogen zur Lebenszufriedenheit (FLZ). Handanweisung. Hogrefe Verlag, Göttingen

- Feelisch M, Brands F, Kelm M (1995) Human endothelial cells bioactivate organic nitrates to nitric oxide: implications for the reinforcement of endothelial defence mechanisms. *Eur J Clin Invest* 25(10), 737-745
- Fromme H (2006) Partikuläre Belastung in Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung von Wohninnenräumen, Gemeinschaftseinrichtungen und Gaststätten. *Gesundheitswesen* 68, 714-723
- Fromme H, Twardella D, Dietrich S, Heitmann D, Schierl R, Liebl B, Rüden H (2007) Particulate matter in the indoor air of classrooms – exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment* 41, 854-866
- Gadhia P, Patel D, Solanki K, Tamakuwala D, Pithawala M (2005) A preliminary cytogenetic and haematological study of photocopying machine operators. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine* 9 (1), 22-25
- Gallardo MP, Romero P, Sanchez-Quevedo MC, Lopez-Caballero JJ (1994) Siderosilicosis due to photocopier toner dust. *Lancet* 344(8919), 412-413
- Gesundheitsamt Bremen (2007) Kohlendioxidkonzentrationen in ausgewählten Bremer Schulen. [http://www.gesundheitsamt-bremen.de/aktuell/pdf/Kohlendioxidkonzentrationen\\_in\\_Schulen\\_2007\\_internet.pdf](http://www.gesundheitsamt-bremen.de/aktuell/pdf/Kohlendioxidkonzentrationen_in_Schulen_2007_internet.pdf)
- Gill M, Graff GR, Adler AJ, Dweik RA (2006) Validation study of fractional exhaled nitric oxide measurements using a handheld monitoring device. *J Asthma* 43(10), 731-734
- Goud KI, Shankar B, Vijayashree B, Ahuja YR (2001): Genotoxicity effects of individuals working with photocopying machines. *Int J Hum Genet* 1, 139-143
- Goud KI, Hasan Q, Balakrishna N, Prabhakar Rao K, Ahuja YR (2004): Genotoxicity evaluation of individuals working with photocopying machines. *Mutat Res* 563, 151-158
- Gminski G, Mersch-Sundermann V (2006) Gesundheitliche Bewertung der Exposition gegenüber Tonerstäuben und gegenüber Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten – Aktueller Kenntnisstand. *Umweltmed Forsch Prax* 11, 269-300
- Gminski R, Tang T, Mersch-Sundermann V (2007) Studies on the cytotoxicity and genotoxicity of selected volatile organic compounds (VOC) using a new developed chamber exposure system (BIKAS): An approach for risk assessment of volatile indoor air contaminants. *Proceedings of the 48<sup>th</sup> Spring Meeting of the Deutsche Gesellschaft für experimentelle und klinische Pharmakologie und Toxikologie*, Mainz, 13-15 March 2007. *Naunyn-Schmiedberg's Archives of Toxicology* 375 (Suppl.1), 102

- GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (2007) Feinstäube – Droht Gefahr auch im Innenraum? <http://www.gsf.de/flugs/neu/pdf/Feinstaub.pdf>
- He C, Morawska L, Taplin L (2007) Particle Emission characteristics of office printers. *Environ Sci Technol* 41, 6039-6045
- Herber RF (1999) Review of trace element concentrations in biological specimens according to the TRACY protocol. *Int Arch Occup Environ Health* 72(4), 279-83
- Hessel, A, Geyer, M, Schumacher, J, Brähler, E (2002). [Somatoform complaints in the German population]. *Z Psychosom Med Psychother* 48(1): 38-58.
- Hetes R, Moore M, Northeim C (1995) Office Equipment: Design, Indoor Air Emissions, and Pollution Prevention Opportunities, Project Summary, United States Environmental Protection Agency (EPA), Research and Development EPA/600/R-95/045
- Hodapp V, Neuhann HF, Reinschmidt U (1996) Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung von Umweltbesorgnis. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, IV (1), 22-36
- IRK (Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt)(2007)  
<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/irk.htm>
- Jaakkola MS, Yang L et al. (2007). Office work exposures [corrected] and respiratory and sick building syndrome symptoms. *Occup Environ Med* 64(3), 178-184
- Jann O, Rockstroh J, Wilke O et al. (2003) Entwicklung einer Prüfmethode und Untersuchungen zur zur Begrenzung von Emissionen aus Druckern und Kopiergeräten im Rahmen der Umweltzeichenvergabe. Umweltbundesamt, UBA-Texte 71/03.  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2389.pdf>
- Jann O, Wilke O (2006) Emissionen aus Laserdruckern und -kopierern. *Umweltmed Forsch Prax* 11, 309-317
- Kagi N, Fujii S, Horiba Y, Namiki N, Ohtani Y, Emi H, Tamura H, Kim YS (2007) Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers. *Building and Environment* 42, 1949-1954
- Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kötting-Uhl, Hans Josef Fell, Bärbel Höhn, Cornelia Brehm, Winfried Hermann, Peter Hettlich, Ulrike Höfken, Dr. Anton Hofreiter, Undine Kurth (Quedlinburg), Dr. Reinhard Loske, Renate Künast und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 16/3919)(2006): Emissionen aus Laserdruckgeräten.
- Knipping HW, Bolt H, Valentin H, Venrath H (1957) Physiologie der Atmung. *Handbuch der Thoraxchirurgie*. Springer-Verlag, Berlin Göttingen Heidelberg

- Knipping HW, Bolt H, Valentin H, Venrath H (1960) Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken. 2. Aufl. Enke-Verlag Stuttgart
- Knipping HW, Bolt H, Valentin H, Venrath H (1962) Die Pathophysiologie der Atmung. Handbuch d. allg. Pathologie. Springer-Verlag Berlin Göttingen Heidelberg
- Kurth BM, Ellert U (2002) The SF-36 Questionnaire and its Usefulness in Population Studies - Results of the German Health Interview and Examination Survey 1998. Sozial – und Präventivmedizin 47, 266-277
- Lage, P v.d., Ring, J, Bachert, C (2004). Weissbuch Allergie in Deutschland. München, Urban und Vogel.
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2001) Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, Stuttgart
- Link B, Gabrio B, Zöllner I, Schwenk M, Siegel D, Schultz E, Scharring S, Borm P (2004) Feinstaubbelastungen und deren gesundheitliche Wirkungen bei Kindern. Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS), Forschungsbericht, Förderkennzeichen: BWB21007 <http://bwplus.fzk.de/berichte/ZBer/2004/ZBerbwb21007.pdf>
- LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) Fachbericht 5/2004 (2004) Humanmedizinische Wirkungsuntersuchung innerhalb kleinräumiger Belastungsareale mit umschriebenen Belastungsschwerpunkten („Hot Spot“-Untersuchungen) – Abschlussbericht; Bd. 1: Projektdokumentation, 326 S., Bd. 2: Materialienband, 145 S., Bd. 3: Anhang, 395 S.
- Maniscalco M, Sofia M, Pelaia G (2007) Nitric oxide in upper airways inflammatory diseases. Inflamm Res 56(2), 58-69
- Nakadate T, Yamano Y, Adachi C, Kikuchi Y, Nishiwaki Y, Nohora M, Satoh T Omae K (2006) A cross sectional study of the respiratory health of workers handling printing toner dust. Occup Environ Med 63, 244-249
- Palm J (2006) Untersuchungen zu Unverträglichkeitsreaktionen gegenüber Tonerstaub aus Laserdruck-Geräten. Umweltmed Forsch Prax 11, 324-328
- Park JS, Ikeda K (2006) Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. Indoor Air 16, 129-135
- Pope CA, 3rd, Eatough DJ et al. (2001). Acute exposure to environmental tobacco smoke and heart rate variability. Environ Health Perspect 109(7), 711-716.
- Pope CA, 3rd, Hansen MLet al. (2004). Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects. Environ Health Perspect 112(3), 339-45.

- Pott F, Roller M (2003) Untersuchungen zur Kanzerogenität granulärer Stäube an Ratten – Ergebnisse und Interpretationen. Kurzbericht über das Projekt F1843 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, veröffentlicht (28.08.2003)  
<http://www.baua.de/fors/f1843.htm>
- Pott F, Roller M (2006) Carcinogenicity study with nineteen granular dusts in rats. *European Journal of Oncology* 10, 249-281
- Rabe U, Haase D, Köhnlein J (2002) Intoleranzreaktionen auf Tonerstaub. Nachweis mit der Allergo-Cell<sup>®</sup>-Methode. *Umweltmed Forsch Prax* 7, 214-215
- Radoschewski M and Bellach BM (1999) The SF-36 in the Federal Health Survey--possibilities and requirements for application at the population level. *Gesundheitswesen* 61 Spec No: S191-199
- Rehwagen M, Schlink U, Herbarth O (2003) Seasonal cycle of VOCs in apartments. *Indoor Air* 13, 283-291
- Reijula K and Sundman-Digert C (2004) Assessment of indoor air problems at work with a questionnaire. *Occup Environ Med* 61(1), 33-38
- Rethage T, Eis D, Gieler U, Nowak D, Wiesmüller GA, Lacour M, Hodapp V, Stillianakis N, Eikmann TF, Herr CEW (2007) Assessment of environmental worry in health-related settings: Re-evaluation and modification of an environmental worry scale. *Int J Hyg Environ Health*, Feb 10, Epub ahead of print
- Rief W, Hille, W, Heuser J (1997) SOMS - Das Screening für somatoforme Störungen (Manual zum Fragebogen). Hans Huber Verlag, Bern
- Rief W, Hessel A, Braehler E (2001) Somatization symptoms and hypochondriacal features in the general population. *Psychosom Med* 63, 595-602
- Rödelsperger K, Podhorsky S, Brückel B, Dahmann D, Hartfiel, G D, Voitowitz H-J (2003a) Charakterisierung von ultrafeinen Partikeln für den Arbeitsschutz. Abschlussbericht für das Projekt F1804. Hrsg: Bundesanstalt für den Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund/Berlin/Dresden, ISBN 3-88261-050-6
- Rödelsperger K, Podhorsky S, Brückel B, Dahmann D, Hartfiel GD, Voitowitz H-J (2003b) Physical characteristics and definitions of granular insoluble dusts. *European Journal of Oncology* 8, 103-112
- Rödelsperger K, Brückel B, Podhorsky S (2005) Wirkungen und elektronenmikroskopische Charakterisierung ultrafeiner Stäube am Arbeitsplatz und in der Umwelt. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Arbeitsbedingte Erkrankungen der Atemwege. Epidemio-

- logische Forschung und Umsetzung in der Praxis. Tagungsbericht TB 143. Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, S.68-71, ISBN 3-86509-405-8
- Rödelsperger K, Brückel B, Podhorsky S (2006) Wirkungsbezogene Messung von Nanoteilchen. Wissenschaftliche Ausstellung. Dokumentation zur 46. Jahrestagung der Dtsch. Ges. f. Arbeitsmed. u. Umweltmed. e.V., Hannover, Hrsg: R. Wrbitzky, M. Bader, DGAUM, ISSN1861-6577, ISBN 3-87247-693-7
- Rödelsperger K, Brückel B, Podhorsky S, Schneider J (2007) Ultrafeine Teilchen in Tonerstäuben. Wissenschaftliche Ausstellung. Dokumentation zur 47. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), Mainz, im Druck
- Rybicki B A, Amend KL, Maliarik MJ, Ianuzzi MC (2004) Photocopier exposure and risk of sarcoidosis in African-American sibs. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis* 21(1), 49-55
- Schäfer, T, Happel, A, Islamova, S, Schlafke, ME, Ulmer, WT (2002). [Stability of lung function parameters: spirometry, body plethysmography and mouth occlusion pressure (p0.1)]. *Pneumologie* 56(11): 679-83.
- Schaller H, Csanady G, Filser J, Jüngert B, Drexler H (2007) Elimination kinetics of metals after an accidental exposure to welding fumes. *Int Arch Occup Environ Health* 80, 635-641
- Schweinsberg F, Mersch-Sundermann V (2003) Meeting Report: 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Indoor Air, Monterey, California, June 30 – July 5, 2002. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 206, 133-138
- Seifert B (1999) Richtwerte für die Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert).* – *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 42, 270-278
- Stelting, HJ (2006) Krank durch Toner – Erfahrungen mit einer Nanopathologie. *Umweltmed Forsch Prax* 5, 329-337
- Stelting HJ (2007) persönliche Mitteilung
- Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes. Neue und aktualisierte Referenzwerte für Schadstoffgehalte im Blut und Urin von Kindern -Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 48 (2005) 11, 1308-1312. <http://www.umweltbundesamt.de/survey/index.htm>
- Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes. Normierung von Stoffgehalten im Urin – Kreatinin. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 48 (2005) 5, 616-618.  
<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/index.htm#hbm>

- Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium und Quecksilber im Blut und Urin von Erwachsenen.. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 46 (2003) 12, 1112-1113
- Stintz M (2007) ISO Standardization in Particle Characterization. Partec 2007.  
<http://www.google.de/search?hl=de&q=stintz++iso+standardization&btnG=Suche&meta=>
- Turner S (2007) The role of exhaled nitric oxide in the diagnosis, management and treatment of asthma. Mini Rev Med Chem 7(5), 539-542
- Umweltbundesamt (UBA)(2002) Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen (UBA-Leitfaden)
- Umweltbundesamt (UBA)(2007) Kommission Innenraumlufthygiene, <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/irk.htm>
- Umweltprobenbank des Bundes (2007). <http://anubis.uba.de/wwwupb/servlet/upb>
- Umweltsurvey 1990/92 (2002) Urin. Stand: 27.08.2002  
<http://www.umweltbundesamt.de/survey/us9092/urin.htm>
- Umweltsurvey 1998 (2002) Metalle in Blut und Urin. Stand: 27.08.2002.  
<http://www.umweltbundesamt.de/survey/us98/blut.htm>
- Vahlkvist S, Sinding M, Skamstrup K, Bisgaard H (2006) Daily home measurements of exhaled nitric oxide in asthmatic children during natural birch pollen exposure. J Allergy Clin Immunol 117(6), 1272-1276
- VDI 4300 Blatt 3 (1997) Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Probenahmestrategie für Formaldehyd. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- VDI 4300 Blatt 6 (2000) Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- VDI 3484 Blatt 1 (2001) Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Prüfgasen - Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach dem Sulfit-Pararosanilin-Verfahren. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- VDI 3484 Blatt 2 (2001) Messen von gasförmigen Immissionen - Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss. Beuth Verlag GmbH, Berlin

- Wensing M, Pinz G, Bednarek M, Schripp T, Uhde E, Salthammer T (2006): Particle Measurement of Hardcopy Devices. In: Proceedings of Healthy Buildings 2006, Lissabon, Vol. II, S. 461-464
- Wieriks J (1996) Photocopier toner dust and lung disease. *Lancet* 348(9040), 1518-1519
- Wiesmüller, G A und W Bischof (2002): Fragebögen bei SBS-Verdacht. In: *Praktische Umweltmedizin*. Hrsg. A. Beyer und D. Eis. Springer Loseblatt Systeme, Springer Verlag. Folgelieferung 2/2002, Sektion 11.05
- Wurtemberger G, Schumacher H (2002) Prevalence of obstructive airway disease in middle-age adults. Cross sectional study in three different occupations. *Pneumologie* 56(5), 288-292
- Wyon DP (2004) The effects of indoor air quality on performance and productivity. *Indoor Air* 14 Suppl 7, 92-101
- Wolkoff P, Johnsen CR, Frank C, Wilhardt P, Albrechtsen O (1993) A study of human reactions to office machines in a climate chamber. *J Exp Anal Environ Epidemiol Suppl.* 1, 71-96
- Wolkoff P, Wilkins CK, Clausen PA, Nielsen GD (2006) Organic compounds in office environments – sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. *Indoor Air* 16, 7-19
- TRBA 405: 5-2001 (2001) Anwendung von Messverfahren für luftgetragene biologische Arbeitsstoffe. *BArbBl.* 5/2001, S. 58-61
- TRGS 900: 10-2006 (2006) Technische Regeln für Gefahrstoffe. Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz. *Luftgrenzwerte. BArbBl.* 10/2000 S. 34-63
- Xenet (2002). ArXepi - Datenerhebungssystem, Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Hygiene und Umweltmedizin. <http://umfrage.xenet.de/doku>

## 8 ANHANG

- 8.1 Anorganische Gase
- 8.2 Formaldehyd
- 8.3 Statistische Tests zur Prüfung auf Normalverteilung für Temperatur, Feuchte, TVOC, Partikel mit Durchmessern  $>0,23$  bis  $>20$   $\mu\text{m}$  und  $0,01$   $\mu\text{m}$  bis  $1$   $\mu\text{m}$
- 8.4 Vergleichende elektronenmikroskopische Analysen zur Elementzusammensetzung von Dieselpartikeln und Nachweis von Hüllen bei früheren Untersuchungen von Tonerstaub
- 8.5 Standardisierte TEM-Auswertung der Filter 219, 220, 221, 222 und 229 bei 40.000-facher Vergrößerung
- 8.6 Studieninformation und Einverständniserklärung zu Studienteil B
- 8.7 Umweltmedizinischer Fragebogen zu Studienteil B
- 8.8 Vollständige Frage- und Itemliste zu Studienteil B (Variablenliste)
- 8.9 Qualitätssicherung

## **8.1 Anorganische Gase**

Wegen der kritisch zu wertenden, hohen Bestimmungsgrenzen der Messmethode wurden die Ergebnisse für die anorganischen Gase in den Anhang gestellt.

Eine valide und quantifizierbare Messung der organischen Gase scheiterte an dem in dem Pilotprojekt eingesetzten und eher für den arbeitsmedizinischen Bereich ausgelegten Screeningverfahren für Ozon (O<sub>3</sub>), Stickoxide (NO<sub>2</sub>) und Kohlenoxide (CO, CO<sub>2</sub>) mittels Multigasanalytator M6000 (Fa. Leschke). Die Bestimmungsgrenze dieser Methode ist zu hoch, um Konzentrationsunterschiede an anorganischen Gasen in den einzelnen Phasen erkennen zu können. Die Messergebnisse sind deshalb nicht im Detail wiedergegeben

Ozon (O<sub>3</sub>) erreichte in insgesamt 7 der 189 Büroraummessungen den Wert der Nachweisgrenze des Verfahrens mit 0,01 ppm, so in Raum D-44 in der RB-Phase, in den Räumen D-53 und D-57 in der DB-Phase und in den Räumen A-6, D-38, D-43 und D-57 in der AB-Phase.

Erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit 0,1 Vol.-% konnten 17-mal gemessen werden.

Ein Nachweis von CO und NO<sub>2</sub> konnte bis zu den angegebenen Nachweisgrenzen des Verfahrens in den untersuchten Büroräumen nicht geführt werden.

## **8.2 Formaldehyd**

Wegen der kritisch zu wertenden, hohen Bestimmungsgrenzen der Messmethode wurden die Ergebnisse der Formaldehydmessungen in den Anhang gestellt.

Formaldehyd konnte mittels Dräger-Indikatorröhrchen in Konzentrationen  $\geq 0,1$  ppm in keinem der Büroräume nachgewiesen werden. Die Bestimmungsgrenze dieser Methode ist zu hoch, um Konzentrationsunterschiede an Formaldehyd in den einzelnen Phasen erkennen zu können.

### 8.3 Statistische Tests zur Prüfung auf Normalverteilung

#### 8.3.1 Feuchte-Messung

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Ruhebetrieb (%)	Druckerbetrieb (%)	Arbeitsbetrieb (%)
N		63	63	58
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	38,0190	39,0286	37,6552
	Std. Deviation	10,62366	10,86498	10,04094
Most Extreme Differences	Absolute	,102	,072	,071
	Positive	,102	,072	,071
	Negative	-,093	-,061	-,070
Kolmogorov-Smirnov Z		,808	,572	,538
Asymp. Sig. (2-tailed)		,531	,900	,934

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

#### 8.3.2 Temperatur

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Ruhebetrieb (°C)	Druckerbetrieb (°C)	Arbeitsbetrieb(°C)
N		63	63	58
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	21,4587	22,4270	22,3414
	Std. Deviation	1,88847	1,90036	1,87561
Most Extreme Differences	Absolute	,086	,099	,090
	Positive	,050	,038	,043
	Negative	-,086	-,099	-,090
Kolmogorov-Smirnov Z		,679	,783	,687
Asymp. Sig. (2-tailed)		,746	,571	,732

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

#### 8.3.3 Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC)

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)	Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)	Arbeitsbetrieb (TVOC,µg/m3)
N		61	58	59
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	56,3000	59,1771	44,2898
	Std. Deviation	57,67812	62,29804	49,49011
Most Extreme Differences	Absolute	,189	,238	,189
	Positive	,189	,238	,183
	Negative	-,172	-,182	-,189
Kolmogorov-Smirnov Z		1,477	1,816	1,453
Asymp. Sig. (2-tailed)		,025	,003	,029

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

### 8.3.4 Partikel mit einem Durchmesser von $\geq 0,23 - \geq 20 \mu\text{m}$

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ruhebetrieb	Druckerbetrieb	Arbeitsbetrieb
N		62	63	58
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	59,4629	70,6905	81,7138
	Std. Deviation	23,54877	27,98429	38,74898
Most Extreme Differences	Absolute	,130	,082	,132
	Positive	,130	,082	,132
	Negative	-,056	-,041	-,071
Kolmogorov-Smirnov Z		1,023	,654	1,008
Asymp. Sig. (2-tailed)		,246	,785	,262

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

### 8.3.5 Partikel mit einem Durchmesser von $0,01 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}$

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Ruhebetrieb	Druckerbetrieb	Arbeitsbetrieb
N		32	32	31
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	11056,6875	23646,9063	18922,9355
	Std. Deviation	14050,43652	18443,59570	10565,36816
Most Extreme Differences	Absolute	,272	,197	,142
	Positive	,272	,197	,142
	Negative	-,233	-,109	-,098
Kolmogorov-Smirnov Z		1,540	1,113	,789
Asymp. Sig. (2-tailed)		,017	,168	,562

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

8.3.6 Wilcoxon Signed Ranks Test für die TVOC-Daten unter der Annahme einer Nicht-Normalverteilung (vgl. Kolmogorov-Smirnov-Test unter 8.3.3)

**Ranks**

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3) - Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)	Negative Ranks	28 <sup>a</sup>	27,86	780,00
	Positive Ranks	29 <sup>b</sup>	30,10	873,00
	Ties	0 <sup>c</sup>		
	Total	57		
Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) - Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)	Negative Ranks	40 <sup>d</sup>	29,42	1177,00
	Positive Ranks	18 <sup>e</sup>	29,67	534,00
	Ties	0 <sup>f</sup>		
	Total	58		
Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) - Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)	Negative Ranks	37 <sup>g</sup>	30,16	1116,00
	Positive Ranks	18 <sup>h</sup>	23,56	424,00
	Ties	0 <sup>i</sup>		
	Total	55		

- a. Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3) < Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)
- b. Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3) > Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)
- c. Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3) = Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)
- d. Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) < Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)
- e. Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) > Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)
- f. Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3) = Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3)
- g. Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) < Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)
- h. Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) > Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)
- i. Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3) = Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3)

**Test Statistics<sup>c</sup>**

	Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3) - Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)	Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) - Ruhebetrieb (TVOC,µg/m3)	Arbeitsbetrieb(TVOC,µg/m3) - Druckerbetrieb (TVOC,µg/m3)
Z	-,369 <sup>a</sup>	-2,489 <sup>b</sup>	-2,899 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,712	,013	,004

- a. Based on negative ranks.
- b. Based on positive ranks.
- c. Wilcoxon Signed Ranks Test

8.3.7 Wilcoxon Signed Ranks Test für die Daten der Partikel mit Durchmessern zwischen 0,01  $\mu\text{m}$  und 1,0  $\mu\text{m}$  unter der Annahme einer Nicht-Normalverteilung (vgl. Kolmogorov-Smirnov-Test unter 8.3.5)

#### Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Druckerbetrieb - Ruhebetrieb	Negative Ranks	2 <sup>a</sup>	16,50	33,00
	Positive Ranks	30 <sup>b</sup>	16,50	495,00
	Ties	0 <sup>c</sup>		
	Total	32		
Arbeitsbetrieb - Ruhebetrieb	Negative Ranks	2 <sup>d</sup>	26,50	53,00
	Positive Ranks	29 <sup>e</sup>	15,28	443,00
	Ties	0 <sup>f</sup>		
	Total	31		
Arbeitsbetrieb - Druckerbetrieb	Negative Ranks	19 <sup>g</sup>	16,58	315,00
	Positive Ranks	12 <sup>h</sup>	15,08	181,00
	Ties	0 <sup>i</sup>		
	Total	31		

- a. Druckerbetrieb < Ruhebetrieb
- b. Druckerbetrieb > Ruhebetrieb
- c. Ruhebetrieb = Druckerbetrieb
- d. Arbeitsbetrieb < Ruhebetrieb
- e. Arbeitsbetrieb > Ruhebetrieb
- f. Ruhebetrieb = Arbeitsbetrieb
- g. Arbeitsbetrieb < Druckerbetrieb
- h. Arbeitsbetrieb > Druckerbetrieb
- i. Druckerbetrieb = Arbeitsbetrieb

#### Test Statistics<sup>c</sup>

	Druckerbetrieb - Ruhebetrieb	Arbeitsbetrieb - Ruhebetrieb	Arbeitsbetrieb - Druckerbetrieb
Z	-4,319 <sup>a</sup>	-3,821 <sup>a</sup>	-1,313 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,189

- a. Based on negative ranks.
- b. Based on positive ranks.
- c. Wilcoxon Signed Ranks Test

8.3.8 Student's T-Test für abhängige Stichproben für die Daten der Partikel mit Durchmessern zwischen 0,01 µm und 1,0 µm unter der Annahme einer Normalverteilung (vgl. Kolmogorov-Smirnov-Test unter 8.3.5)

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Ruhebetrieb Druckerbetrieb	11056,69 23646,91	32 32	14050,43641 18443,59493	2483,790 3260,398
Pair 2	Ruhebetrieb Arbeitsbetrieb	10932,71 18922,94	31 31	14264,88711 10565,36801	2562,049 1897,596
Pair 3	Druckerbetrieb Arbeitsbetrieb	23843,26 18922,94	31 31	18714,43864 10565,36801	3361,212 1897,596

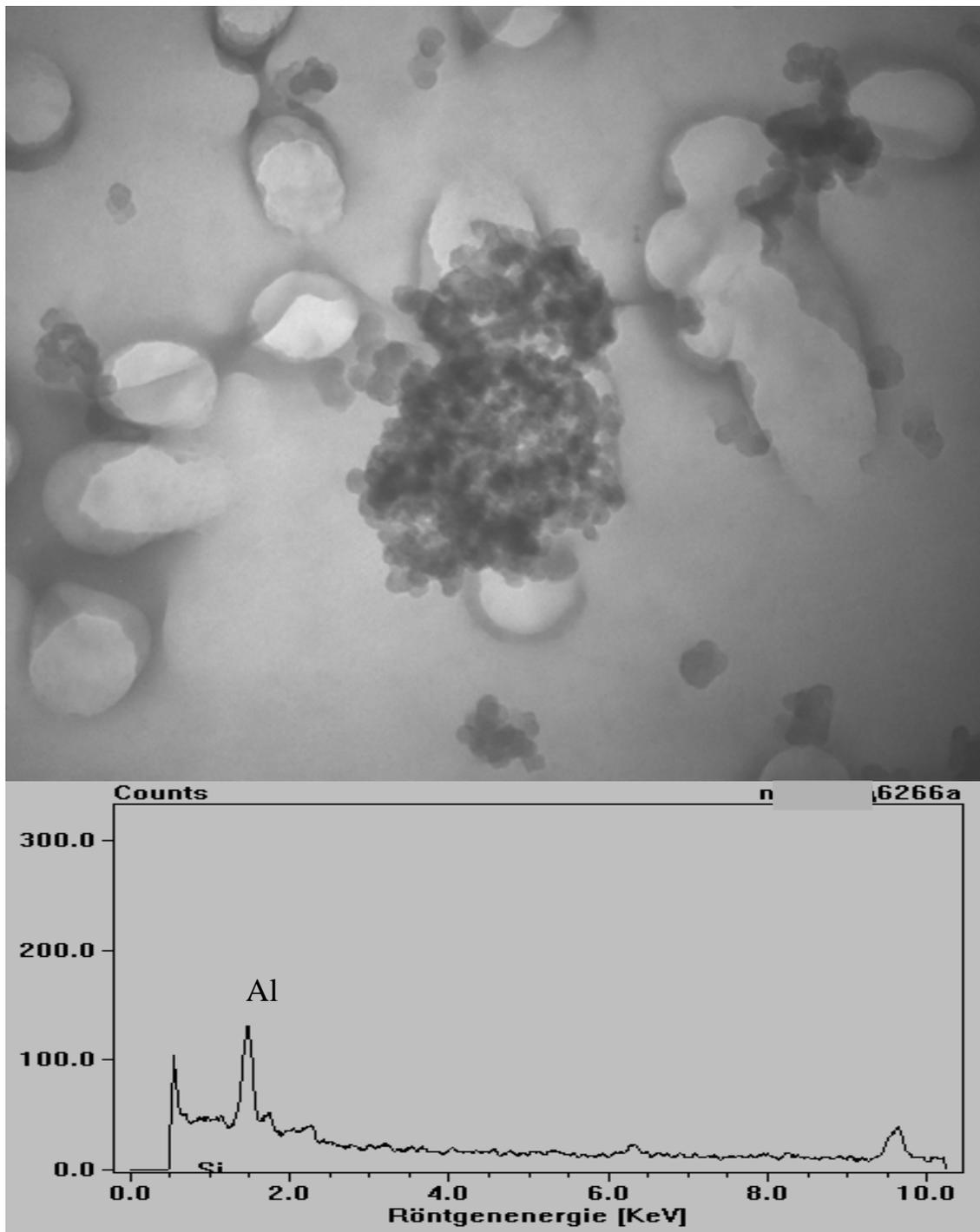
**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Ruhebetrieb & Druckerbetrieb	32	,534	,002
Pair 2	Ruhebetrieb & Arbeitsbetrieb	31	,494	,005
Pair 3	Druckerbetrieb & Arbeitsbetrieb	31	,580	,001

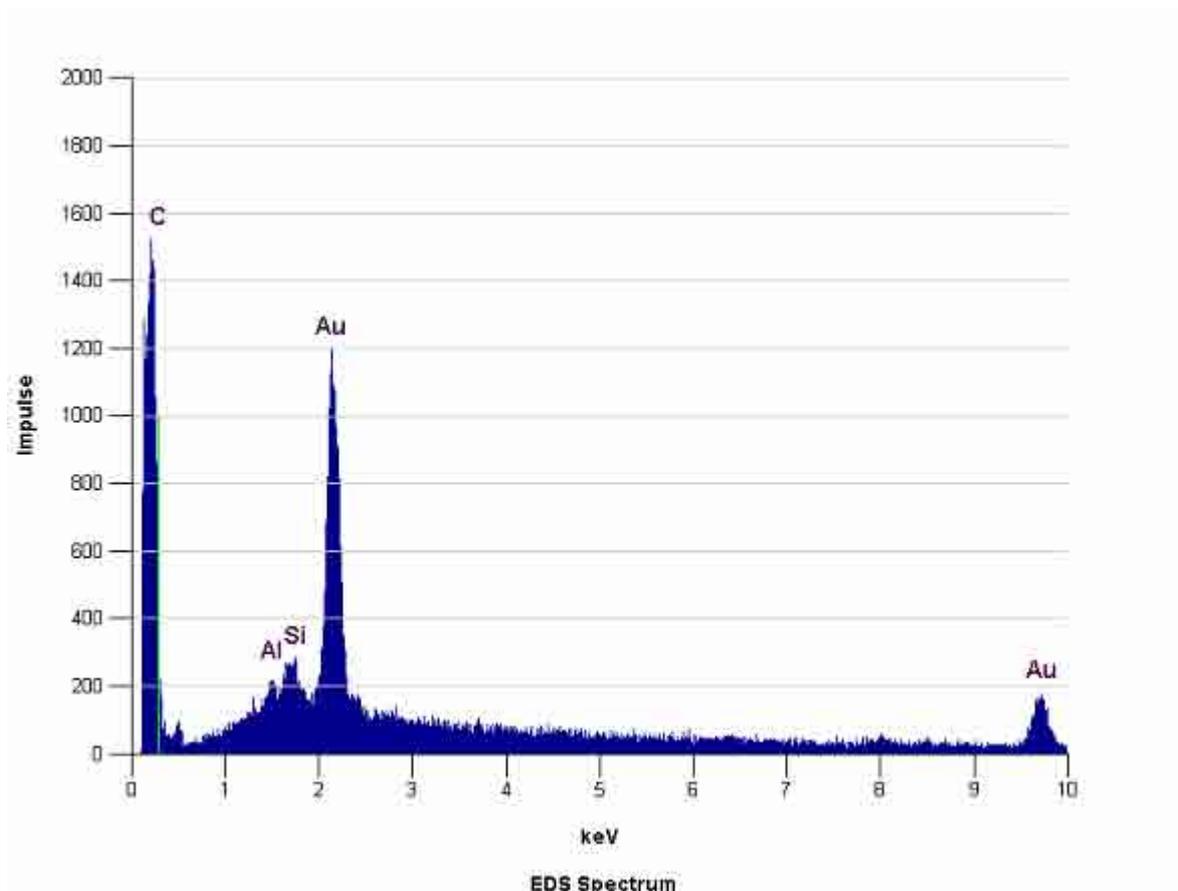
**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Ruhebetrieb - Druckerbetrieb	-12590,2	16144,78025	2854,021	-18411,0	-6769,40	-4,411	31	,000
Pair 2	Ruhebetrieb - Arbeitsbetrieb	-7990,23	12886,93269	2314,561	-12717,2	-3263,26	-3,452	30	,002
Pair 3	Druckerbetrieb - Arbeitsbetrieb	4920,3226	15248,70303	2738,748	-672,9468	10513,59	1,797	30	,082

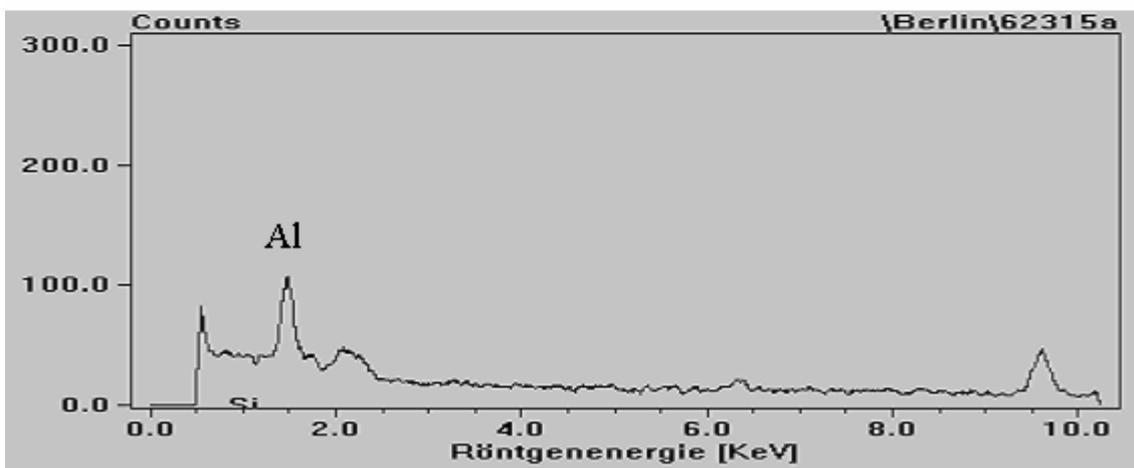
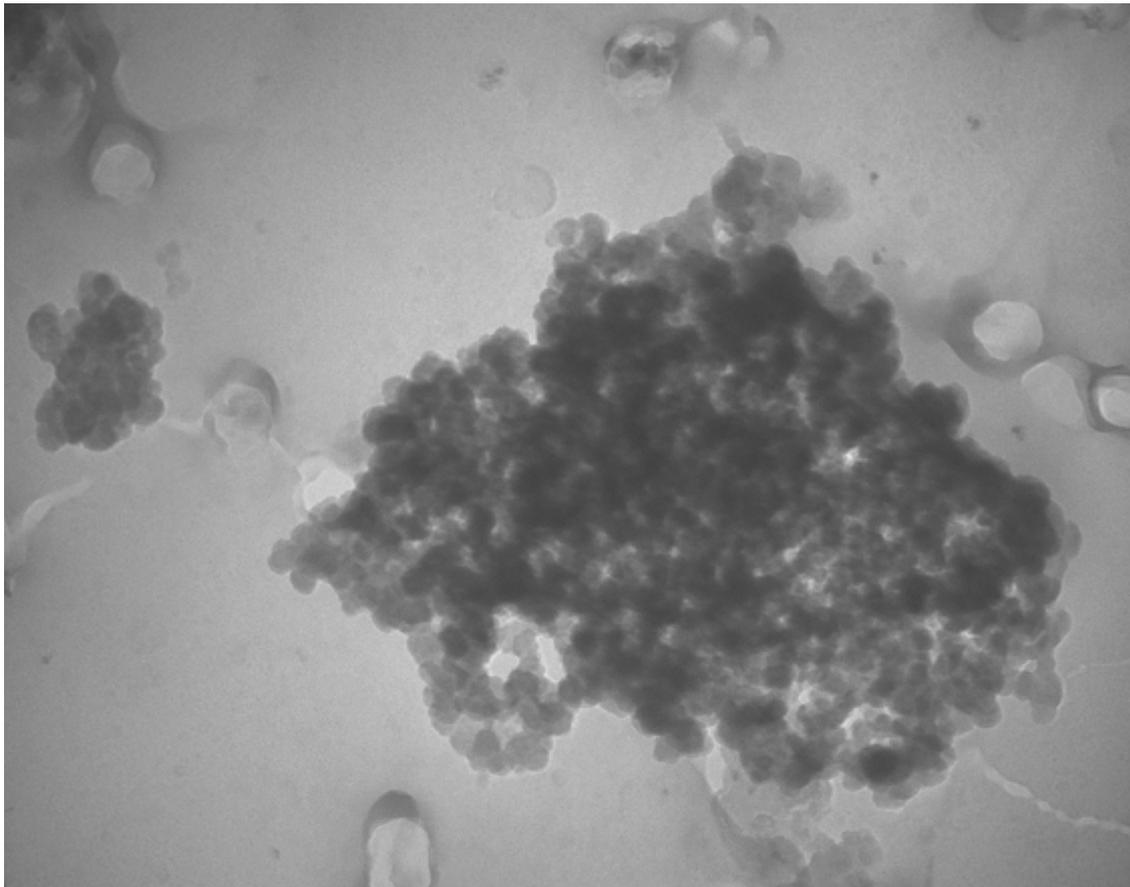
#### 8.4 Vergleichende elektronenmikroskopische Analysen zur Elementzusammensetzung von Dieselrußpartikeln und Nachweis von Hüllen bei früheren Untersuchungen von Tonerstaub



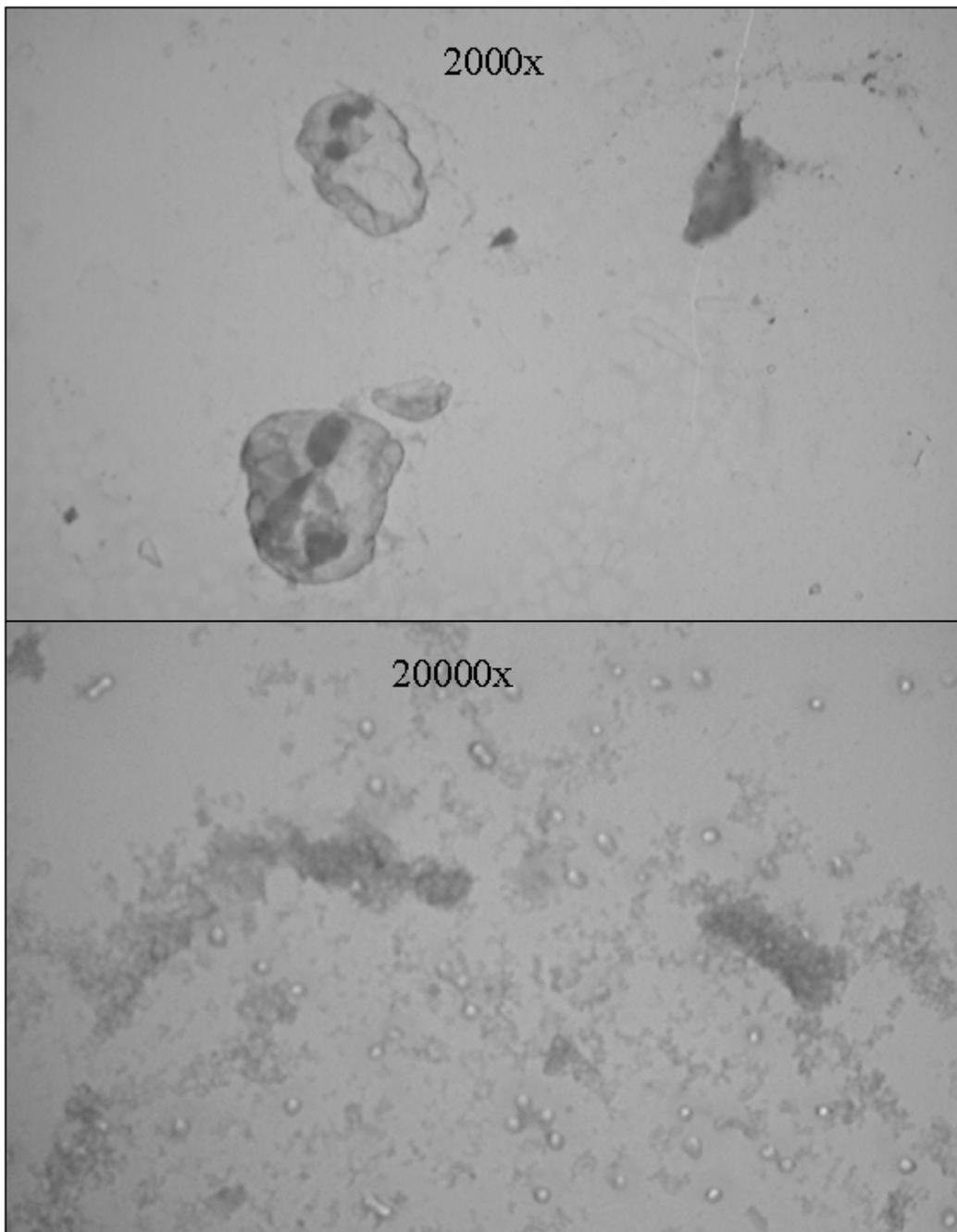
**Abbildung 82:** TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem an einem Motorprüfstand mit Dieselruß beaufschlagten Filter 62066 bei 40.000-facher Vergrößerung nach direkter Präparation (oben, Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ) mit dem zugehörigen Elementspektrum (unten), vgl. Rödelsperger et al. (2003)



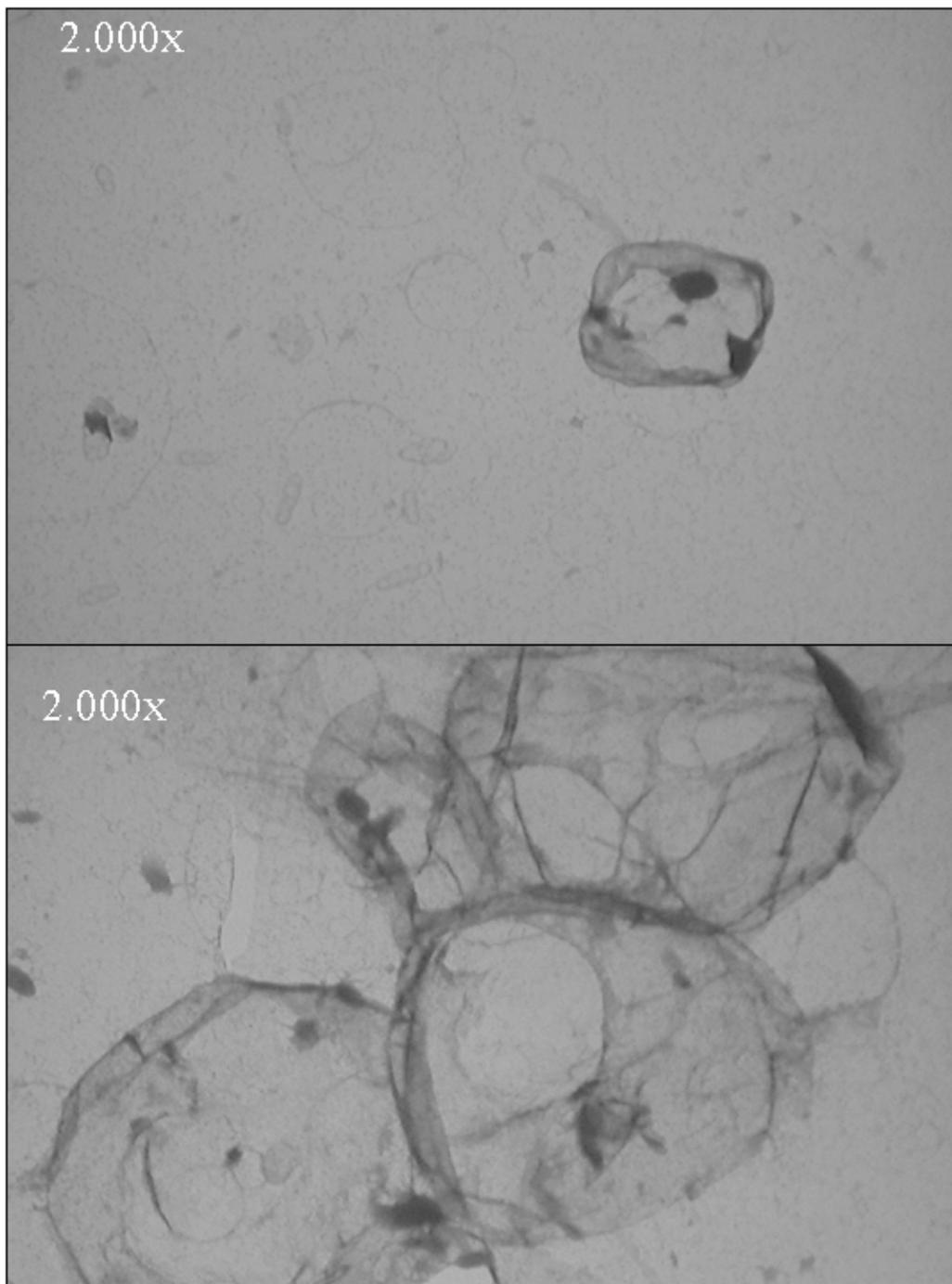
**Abbildung 83:** Flächenspektrum bei 1.000-facher Vergrößerung im REM an dem an einem Motorprüfstand mit Dieselruß stark beaufschlagten Filter 62113 bei direkter Präparation. Der Belag wurde anschließend für eine Auswertung bei indirekter Präparation abgespült (Rödelsperger et al. 2003)



**Abbildung 84:** TEM-Aufnahme eines Aggregates auf dem bei der Abgastestung an zwei LKW in einer Werkstatt mit Dieselruß beaufschlagten Filter 62315 bei 40.000-facher Vergrößerung nach indirekter Präparation (oben, Bildunterkante = 2  $\mu\text{m}$ ) mit dem zugehörigen Elementspektrum (unten)



**Abbildung 85:** TEM-Aufnahmen von einem Präparat, das aus einer Suspension von Tonerstaub (ofu 15 des Tumortests von Pott und Roller, 2003, 0,22 mg in 100 ml H<sub>2</sub>O mit Tween 80) bei 1-std. Ultraschalleinwirkung im Bad gewonnen wurde. 5 ml der Suspension wurden auf ein 25 mm-Nucleporefilter mit 0,1 µm Porenweite filtriert; **oben:** Hüllen bei 2000-facher Vergrößerung. Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 40 µm; **unten:** bei 20.000-facher Vergrößerung werden Nanoteilchen aus der Tonerprobe erkennbar. Die Bildunterkante besitzt eine Länge von 4 µm (Rödelsperger et al. 2006)



**Abbildung 86:** TEM-Aufnahmen von Hüllen in einem TEM-Präparat, das aus einer Suspension von Tonerstaub (Kopierer) mit Isopropanol nach 1-std. Ultraschalleinwirkung im Bad gewonnen wurde (Rödelsperger et al. 2007); die Bildunterkante besitzt jeweils eine Länge von 4  $\mu\text{m}$

## **8.5 Standardisierte TEM-Auswertung der Filter 219, 220, 221, 222 und 229 bei 40.000-facher Vergrößerung**

Folgende **Abbildungen 87-91**:

Standardisierte TEM-Auswertung bei 40.000-facher Vergrößerung:

**Abb. 87:** Filter. Nr.219 (Raum B-20)

**Abb. 88:** Filter. Nr.220 (Raum B-16)

**Abb. 89:** Filter. Nr.221 (Raum B-21)

**Abb. 90:** Filter. Nr.222 (Raum B-17)

**Abb. 91:** Filter. Nr.229 (Raum C-29)

**BAUA-Projekt "Charakterisierung ultrafeiner Partikel für den Arbeitsschutz"**  
 Auswertung eines direkt beaufschlagten Filters im TEM x 40.000

Arbbl 8/05

Sachbearbeiter:

Datum:

Filter Nr.

Probenbezeichnung

Effektive Filterfläche Feff

Zähfeldfläche

Probenahmedauer

Volumenstrom

Massenbelegung

Dichte

Brückerl

13.12.06

219

R3512

3,8 cm<sup>2</sup>

3,84E-08 cm<sup>2</sup>

44 min

1,2 l/min

0,008 mg

5 g/cm<sup>3</sup>

Volumendurchsatz V<sub>0</sub>: 52,8 l

Anzahl ausgezählter Felder 50

Analys.Fläche 1,92E-06 cm<sup>2</sup>

gezählte Teilchen N 56

Konzentration= N \* (Feff/Fan) / V<sub>0</sub>

Teilchenkonzentration 2,10E+09 T/m<sup>3</sup>

Aggregatkonzentration 3,00E+08 Agg/m<sup>3</sup>

Massenkonzentration 0,1515 mg/m<sup>3</sup>

Belegung des Filters 2,105 µg/cm<sup>2</sup>

**Abb. 87: Filter 219**

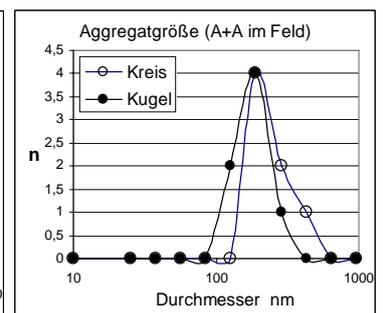
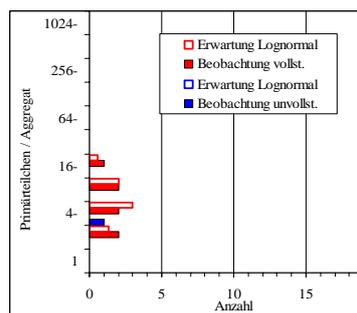
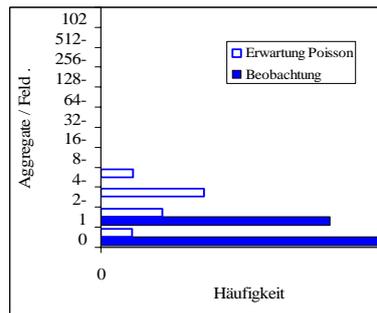
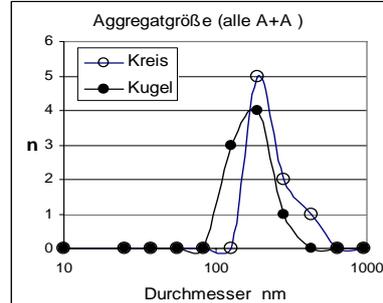
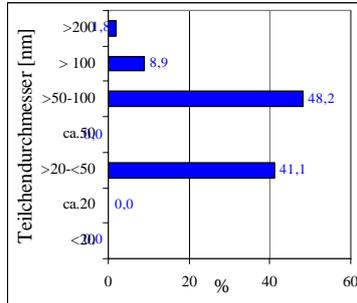
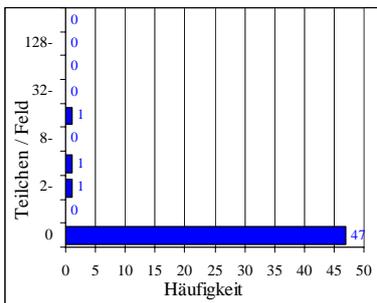
PT in A+A (DKug<=0,1)	
A+A <sup>III</sup> :	49
alle A+A:	56
	0,00%
	0,00%

**Berechnung der Oberflächen- und der Massenkonzentration sowie des Anzahl-, Oberflächen- und Massen-gewichteten Durchmessers d<sub>N</sub>, d<sub>O</sub>, d<sub>M</sub> aus der Durchmesserverteilung der Primärteilchen**

Teilchengröße nm	Anzahl		Oberfläche nm <sup>2</sup>		Masse (Volumen nm <sup>3</sup> )		Oberflächenkonz. CO cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Massenkonzentration CM mg/m <sup>3</sup>	
	Intervall	Mitte	n	%	d N [nm]	Mitte			d O [nm]
<20	10	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	1 Teilchen
ca.20	20	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	
>20-<50	35	23	41,1	14,38	1581	2,18	9220	0,37	Oberfläche=
ca.50	50	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	
>50-100	75	27	48,2	36,16	8520	25,17	106502	9,16	25388 nm <sup>2</sup>
> 100	150	5	8,9	13,39	6311	37,29	157781	27,14	
>200	400	1	1,8	7,14	8976	141,42	598399	274,53	
alle		56	100,0	71,07	25388	206,06	871902	311,20	0,53 cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
									Dichte = 5 g/cm <sup>3</sup>
									Volumen= 871902 nm <sup>3</sup>
									Masse= 4,36E-15 g
									cM= 0,009151 mg/m <sup>3</sup>

8 Aggregate	Anzahl	Primärteilchen.: AM,GM,GS	mittlere Aggregatfläche nm <sup>2</sup>	mittlerer Äquivalentkreisdurchmesser	Agg/Feld
davon vollständig im Feld	7	7,00	5,55	2,09	188,04
davon teilweise im Feld	1	7,00	7,00	#DIV/0!	188,04
Summe	8	7,00	5,72	1,99	188,04
					% leere Felder 92
					n= 46
					0,16

Fehlerbetrachtung: Variationskoeffizient VK											
Aggregate/Feld	1. Mediantest		2. Poissonvert.		3. Mediantest		4. Lognormalvert.		Zahl der Primärteilchen =		
PU	0,3775	0	n	8	PU	0,194	3,36	GM	5,72	n Arith	56
Median	0,5	0	s Poiss	2,828	Median	0,5	6,00	SF (GM)	1,276	n geom	46
PO	0,6225	0			PO	0,806	9,29	(M*S-M/s)/2	1,406	SF ges	19,70
VK1	>1		VK2	0,354	VK3		0,285	VK4	0,246	VK ges	0,431



Feld Nr.	Primärteilchen nm					Aggr. im Feld	Photox40.000 (Name)	Kontrolle	
	<=20(10)	20 >20-50(35)	50	>50-100(75)	>100-200			j/n	alle
6		6			2	j		0	8
11					2	j		0	3
15		10			5	j		0	17
18					2	j		0	4
27		2			3	j		0	5
29		2			8	j		0	10
41		3			4	u		0	7
49					1	j		0	2

**BAUA-Projekt "Charakterisierung ultrafeiner Partikel für den Arbeitsschutz" Arbbt 8/05**  
**Auswertung eines direkt beaufschlagten Filters im TEM x 40.000**

Sachbearbeiter:  
 Datum:  
 Filter Nr.  
 Probenbezeichnung  
 Effektive Filterfläche Feff  
 Zählfeldfläche  
 Probenahmedauer  
 Volumenstrom  
 Massenbelegung  
 Dichte

Brückel
16.2.07
220
Zoll
3,8 cm <sup>2</sup>
3,84E-08 cm <sup>2</sup>
33 min
1,2 l/min
0,013 mg
5 g/cm <sup>3</sup>

Volumendurchsatz V0:	39,6 l
Anzahl ausgezählter Felder	50
Analys.Fläche	1,92E-06 cm <sup>2</sup>
<b>gezählte Teilchen N</b>	<b>221</b>
Konzentration= N * (Feff/Fan) / V0	
<b>Teilchenkonzentration</b>	<b>1,10E+10 T/m<sup>3</sup></b>
<b>Aggregatkonzentration</b>	<b>6,00E+08 Agg/m<sup>3</sup></b>
	1,83E+09 Agg/mg
Massenkonzentration	0,3283 mg/m <sup>3</sup>
Belegung des Filters	3,421 µg/cm <sup>2</sup>

**Abb. 88: Filter 220**

PT in A+A (DKug<=0,1)	
A+A <sup>1)</sup> :	183
	12,57%
alle A+A:	221
	10,41%

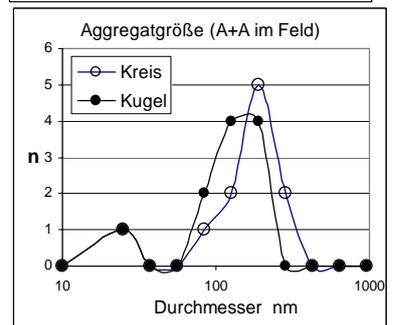
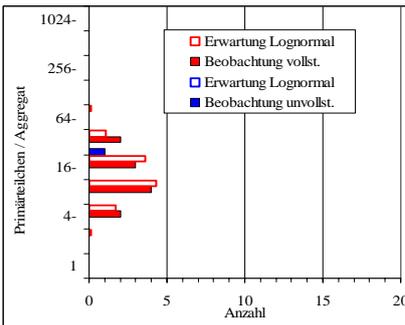
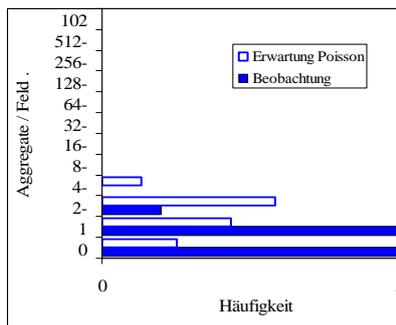
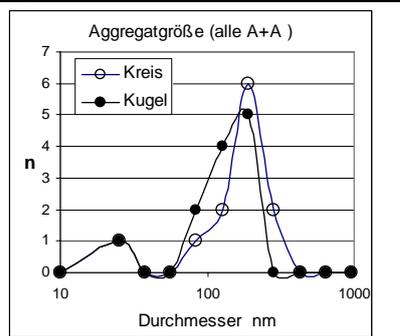
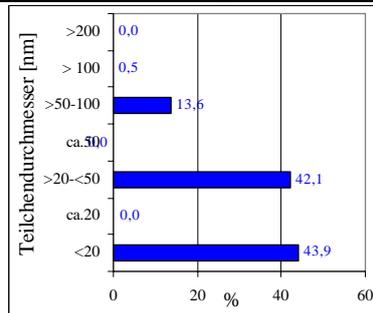
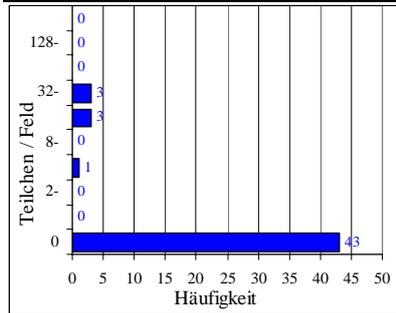
**Berechnung der Oberflächen- und der Massenkonzentration sowie des Anzahl-, Oberflächen- und Massen-gewichteten Durchmessers dN, dO, dM aus der Durchmesserverteilung der Primärteilchen**

Teilchengröße nm	Anzahl		Oberfläche nm <sup>2</sup>		Masse (Volumen nm <sup>3</sup> )		Oberflächenkonz. CO cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Massenkonzentration CM mg/m <sup>3</sup>	
	Intervall	Mitte	n	%	d N [nm]	Mitte			d O [nm]
<20	10	97	43,9	4,39	138	0,31	230	0,05	1 Teilchen
ca.20	20	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	Oberfläche= 4476 nm <sup>2</sup> Masse= 2,38E-16 g
>20-<50	35	93	42,1	14,73	1619	12,66	9447	6,94	
ca.50	50	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	
>50-100	75	30	13,6	10,18	2399	40,19	29986	47,19	
> 100	150	1	0,5	0,68	320	10,72	7996	25,17	
>200	400	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00	
alle		221	100,0	29,98	4476	63,88	47658	79,34	<b>0,49 cm<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b>
								<b>cM= 0,002632 mg/m<sup>3</sup></b>	

<b>12 Aggregate</b>	Anzahl	Primärteilchen.: AM,GM,GS	mittlere Aggregatfläche nm <sup>2</sup>	mittlerer Aquivalentkreisdurchmesser	Agg/Feld
davon vollständ. im Feld	11	16,64	13,50	1,98	11742
davon teilweise im Feld	1	38,00	38,00	#DIV/0!	26820
Summe	12	18,42	14,71	2,05	12998
					122,27
					184,79
					% leere Felder
					86
					n= 43
					0,24

**Fehlerbetrachtung: Variationskoeffizient VK**

Aggregate/Feld	Teilchen/Aggregat		Zahl der Primärteilchen =								
1.Mediantest	2.Poissonvert.	3. Mediantest	4.Lognormalvert.	Aggregate/ Feld * Teilchen/Aggregat							
PU	0,3775	0	n	12	PU	0,250	10,25	GM	14,71	n Arith	221
Median	0,5	0	s Poiss	3,464	Median	0,5	14,50	SF (GM)	1,230	n geom	177
PO	0,6225	0	PO	0,750	PO	0,750	25,25	(M*S-M/s)/2	3,071	SF ges	62,89
<b>VK1</b>	<b>&gt;1</b>	<b>VK2</b>	<b>0,289</b>	<b>VK3</b>	<b>0,299</b>	<b>VK4</b>	<b>0,209</b>	<b>VK ges</b>	<b>0,356</b>		



Feld Nr.	Primärteilchen nm					Aggr. im Feld	Photox40.000 (Name)	Kontrolle	
	<=20(10)	20 >20-50(35)	50	>50-100(75)	>100-200			j/n	alle
7			3		3	j		0	6
15			6		1	j		0	7
21					1	j		0	1
24	3		7		3	j		0	13
27	4		11			j		0	15
29			5			j		0	5
40	5		8		3	j		0	16
49			3		2	u		0	5

**BAUA-Projekt "Charakterisierung ultrafeiner Partikel für den Arbeitsschutz"**  
 Auswertung eines direkt beaufschlagten Filters im TEM x 40.000

Arbbl 8/05

Sachbearbeiter:  
 Datum:  
 Filter Nr.  
 Probenbezeichnung  
 Effektive Filterfläche  $F_{eff}$   
 Zählfeldfläche  
 Probenahmedauer  
 Volumenstrom  
 Massenbelegung  
 Dichte

Brückel	Volumendurchsatz $V_0$	57,6
14.12.06	Anzahl ausgezählter Felder	50
221	Analys.Fläche	1,92E-06 cm <sup>2</sup>
R3512	<b>gezählte Teilchen N</b>	68
3,8 cm <sup>2</sup>	Konzentration = $N * (F_{eff}/F_{an}) / V_0$	
3,84E-08 cm <sup>2</sup>	<b>Teilchenkonzentration</b>	2,34E+09 T/m <sup>3</sup>
48 min		5,61E+09 T/mg
1,2 l/min	<b>Aggregatkonzentration</b>	2,75E+08 Agg/m <sup>3</sup>
0,024 mg		6,60E+08 Agg/mg
5 g/cm <sup>3</sup>	Massenkonzentration	0,4167 mg/m <sup>3</sup>
	Belegung des Filters	6,316 µg/cm <sup>2</sup>

**Abb. 89: Filter 221**

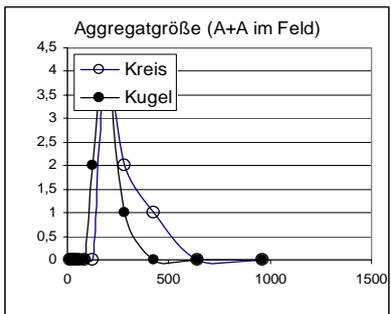
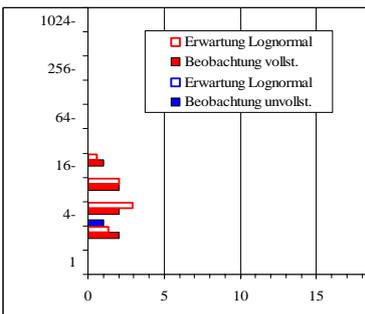
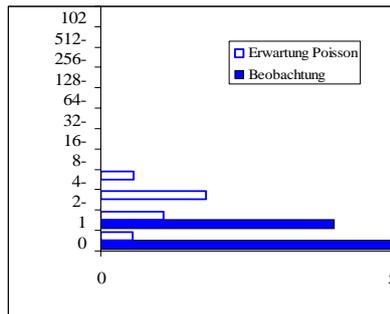
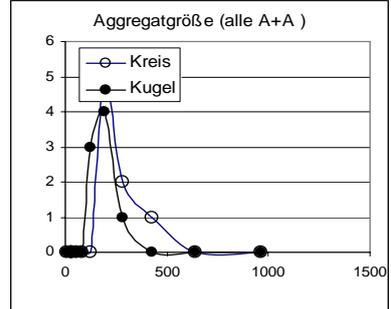
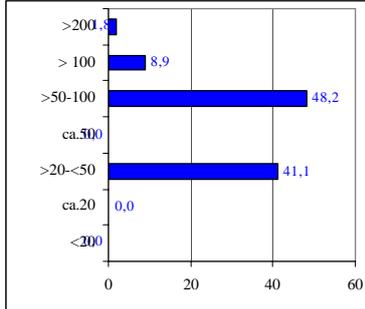
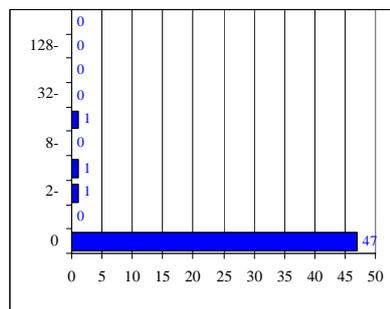
PT in A+A (DKug<=0,1)	
A+A"i":	63
	33,33%
alle A+A:	68
	30,88%

**Berechnung der Oberflächen- und der Massenkonzentration sowie des Anzahl-, Oberflächen- und Massen-gewichteten Durchmessers dN, dO, dM aus der Durchmesser-Verteilung der Primärteilchen**

Teilchengröße nm	Anzahl	Oberfläche nm <sup>2</sup>	Masse (Volumen nm <sup>3</sup> )	Oberflächenkonz.	Massenkonzentration					
Intervall Mitte	n	d N [nm]	d O [nm]	CO cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	CM mg/m <sup>3</sup>					
<20	10	12	17,6	1,76	55	0,09	92	0,02	1 Teilchen	Dichte = 5 g/cm <sup>3</sup>
ca.20	20	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00		
>20-<50	35	43	63,2	22,13	2434	14,52	14196	8,79	Oberfläche=	Volumen= 56518 nm <sup>3</sup>
ca.50	50	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00		Masse= 2,83E-16 g
>50-100	75	13	19,1	14,34	3378	43,18	42230	56,04	5867 nm <sup>2</sup>	
> 100	150	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00		
>200	400	0	0,0	0,00	0	0,00	0	0,00		
alle	68		100,0	38,24	5867	57,80	56518	64,85	0,14 cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	cM= 0,00066 mg/m <sup>3</sup>

8 Aggregate	Anzahl	Primärteilchen: AM,GM,GS	mittlere Aggregatfläche nm <sup>2</sup>	mittlerer Äquivalentkreisdurchmesser	Agg/Feld
davon vollständ. im Feld	7	9,00	6,78	2,62	10334
davon teilweise im Feld	1	5,00	5,00	#DIV/0!	5741
Summe	8	8,50	6,52	2,45	9760
					114,71
					85,50
					% leere Felder
					92
					n= 46
					0,16

Fehlerbetrachtung: Variationskoeffizient VK									
Aggregate/Feld	1. Mediantest		2. Poissonvert.		3. Mediantest		4. Lognormalvert.		
PU	0,3775	0	n	8	PU	0,194	5,00	GM	6,52
Median	0,5	0	s Poiss	2,828	Median	0,5	6,50	SF (GM)	1,374
PO	0,6225	0			PO	0,806	14,29	(M*S-M/s)/2	2,106
VK1	>1		VK2	0,354	VK3		0,412	VK4	0,323
								VK ges	0,479
								Zahl der Primärteilchen =	
								Aggregate/ Feld * Teilchen/Aggregat	
								n Arith	68
								n geom	52
								SF ges	24,98



Feld Nr.	Primärteilchen nm					Aggr. im Feld	Photox40.000 (Name)	Kontrolle	
	<=20(10)	20 >20-50(35)	50 >50-100(75)	>100-200	>200			j/n	alle
1	5					j		0	5
1	20	15	3			u		0	38
12	5	7	4			j		0	16
13	20	20				j		0	40
19	20	10	5			j		0	35
21		5				j		0	5
24	8	5	3			j		0	16
25	6	10	5	1		j		0	22
32	5	8				j		0	13
37	3	5	3			j		0	11
39	5	5	2			j		0	12
46		3	5			j		0	8

**BAUA-Projekt "Charakterisierung ultrafeiner Partikel für den Arbeitsschutz"**

Arbbl 8/05

**Auswertung eines direkt beaufschlagten Filters im TEM x 40.000**

**Abb. 90: Filter 222**

Sachbearbeiter:	Brückel	Volumendurchsatz V0:	49,2 l
Datum:	5.6.07	Anzahl ausgezählter Felder	25
Filter Nr.:	222	Analys.Fläche	6,50E-07 cm <sup>2</sup>
Probenbezeichnung	R1355	<b>gezählte Teilchen N</b>	342
Effektive Filterfläche Feff	3,8 cm <sup>2</sup>	Konzentration= N * (Feff/Fan) / V0	
Zählfeldfläche	2,60E-08 cm <sup>2</sup>	<b>Teilchenkonzentration</b>	4,06E+10 T/m <sup>3</sup>
Probenahmedauer	41 min		1,82E+11 T/mg
Volumenstrom	1,2 l/min	<b>Aggregatkonzentration</b>	2,38E+09 Agg/m <sup>3</sup>
Massenbelegung	0,011 mg		1,06E+10 Agg/mg
Dichte	5 g/cm <sup>3</sup>	<b>Massenkonzentration</b>	0,2236 mg/m <sup>3</sup>
		<b>Belegung des Filters</b>	2,895 µg/cm <sup>2</sup>

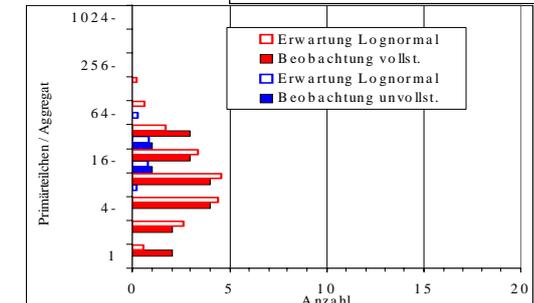
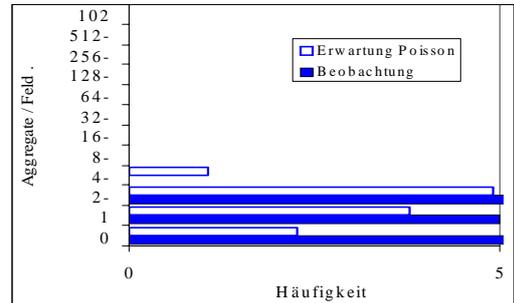
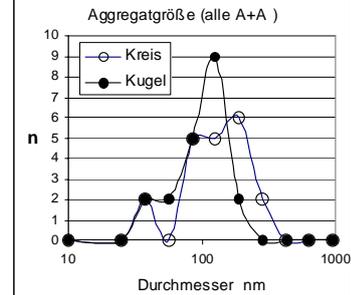
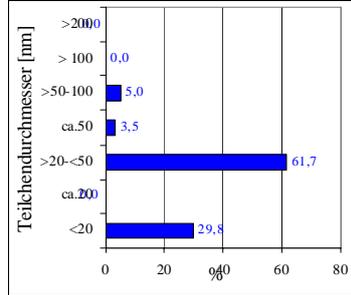
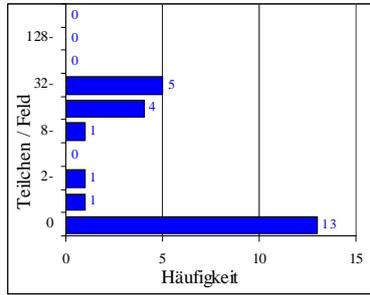
Berechnung der Oberflächen- und der Massenkonzentration sowie des Anzahl-, Oberflächen- und Massen-gewichteten Durchmessers dN, dO, dM aus der Durchmesser- und der Massenverteilung der Primärteilchen						
Teilchengröße nm		Anzahl	Oberfläche nm <sup>2</sup>		Masse (Volumen nm <sup>3</sup> )	
Intervall	Mitte	n	d N [nm]	Mitte	d O [nm]	Mitte
<20	10	102	29,8	2,98	94	0,26
ca.20	20	0	0,0	0,00	0	0,00
>20-<50	35	211	61,7	21,59	2374	22,94
ca.50	50	12	3,5	1,75	276	3,80
>50-100	75	17	5,0	3,73	878	18,19
> 100	150	0	0,0	0,00	0	0,00
>200	400	0	0,0	0,00	0	0,00
alle		342	100,0	30,06	3622	45,20

1 Teilchen	Dichte =	5 g/cm <sup>3</sup>
Oberfläche=	Volumen=	27283 nm <sup>3</sup>
3622 nm <sup>2</sup>	Masse=	1,36E-16 g
<b>1,47 cm<sup>2</sup>/m<sup>3</sup></b>	<b>cM=</b>	<b>0,005544 mg/m<sup>3</sup></b>

20 Aggregate	Anzahl	Primärteilchen.: AM,GM,GS			mittlere Aggregatfläche nm <sup>2</sup>	mittlerer Aquivalentkreisdurchmesser	Agg/Feld
davon vollständig im Feld	18	15,00	8,95	3,21	10644	116,42	% leere Felder
davon teilweise im Feld	2	36,00	33,17	1,79	25546	180,35	52
Summe	20	17,10	10,20	3,26	12134	124,30	n= 13

Fehlerbetrachtung: Variationskoeffizient VK							
Aggregate/Feld		Teilchen/Aggregat				Zahl der Primärteilchen =	
1.Mediantest	2.Poissonvert.	3. Mediantest	4.Lognormalvert.	Aggregate/ Feld * Teilchen/Aggregat			
PU 0,3268 0	n 20	PU 0,306 6,00	GM 10,20	n Arith	342		
Median 0,5 0	s Poiss 4,472	Median 0,5 12,50	SF (GM) 1,302	n geom	204		
PO 0,6732 1		PO 0,694 22,00	(M*S-M/s)/2 2,726	SF ges	71,09		
<b>VK1 &gt;1</b>	<b>VK2 0,224</b>	<b>VK3 0,370</b>	<b>VK4 0,267</b>	<b>VK ges</b>	<b>0,348</b>		



Feld Nr.	Primärteilchen n					Aggr. im Feld	Photo x40.000 (Name)
	<=20(10)	20 >20-50(35)	50	>50-100(75)	>100-200		
1		1				j	
4		12				j	
4	4	8	1			j	
5		1				j	
7	10	20	3	1		j	
9		5		2		j	
9	10	30		5		j	
12	20	30				u	
12		4				j	
15	5	15				j	0
15		20	2			j	0
15		6				j	0
16		7	1			j	0
16		3				j	0
17		3				j	0
17	3	5				j	0
17	10					j	0
19	15	20	3	3		j	0
19		1				j	0
20	10	10				u	0
23	15	10	1	2		j	0
25							0

**BAUA-Projekt "Charakterisierung ultrafeiner Partikel für den Arbeitsschutz"**  
 Auswertung eines direkt beaufschlagten Filters im TEM x 40.000

Arbbl 8/05

Sachbearbeiter:  
 Datum:  
 Filter Nr.  
 Probenbezeichnung  
 Effektive Filterfläche Feff  
 Zählfeldfläche  
 Probenahmedauer  
 Volumenstrom  
 Massenbelegung  
 Dichte

Brückel  
 19.6.07  
 229  
 FS1900TK50  
 3,8 cm<sup>2</sup>  
 2,60E-08 cm<sup>2</sup>  
 40 min  
 1,3 l/min  
 0,013 mg  
 5 g/cm<sup>3</sup>

Volumendurchsatz VO: 52 l  
 Anzahl ausgezählter Felder: 50  
 Analys.Fläche: 1,30E-06 cm<sup>2</sup>  
**gezählte Teilchen N**: 740  
 Konzentration= N \* (Feff/Fan) / VO  
**Teilchenkonzentration**: 4,16E+10 T/m<sup>3</sup>  
**Aggregatkonzentration**: 4,50E+08 Agg/m<sup>3</sup>  
 Massenkonzentration: 0,2500 mg/m<sup>3</sup>  
 Belegung des Filters: 3,421 µg/cm<sup>2</sup>

**Abh. 91: Filter 229**

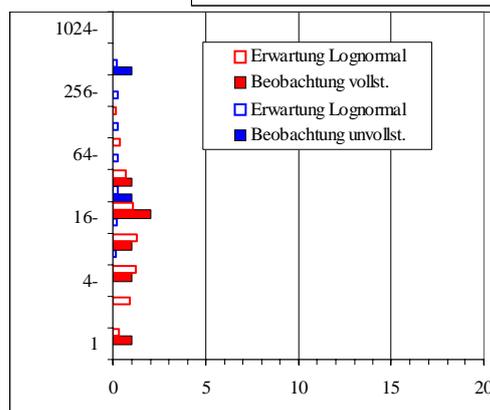
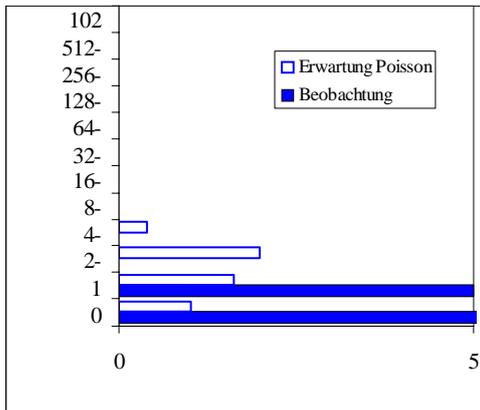
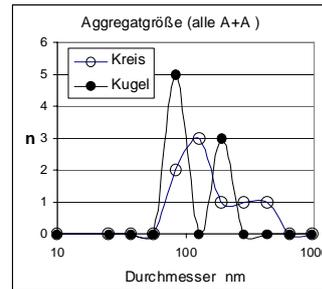
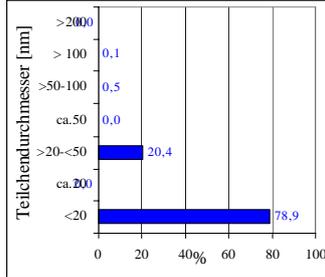
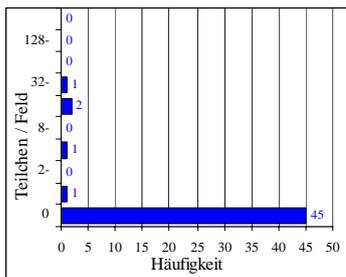
PT in A+A (DKug<=0,1)  
 A+A"\*: 108  
 alle A+A: 740  
 50,00%  
 11,62%

**Berechnung der Oberflächen- und der Massenkonzentration sowie des Anzahl-, Oberflächen- und Massen-gewichteten Durchmessers dN, dO, dM aus der Durchmesser-Verteilung der Primärteilchen**

Teilchengröße nm	Anzahl	Oberfläche nm <sup>2</sup>	Masse (Volumen nm <sup>3</sup> )	Oberflächenkonz. CO cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Massenkonzentration CM mg/m <sup>3</sup>
Intervall	Mitte	Mitte	Mitte		
<20	10 584	78,9 7,89	248 2,03	413 0,48	1 Teilchen
ca.20	20 0	0,0 0,00	0 0,00	0 0,00	
>20-<50	35 151	20,4 7,14	785 22,45	4581 18,69	Oberfläche=
ca.50	50 0	0,0 0,00	0 0,00	0 0,00	
>50-100	75 4	0,5 0,41	96 5,85	1194 10,44	1224 nm <sup>2</sup>
> 100	150 1	0,1 0,20	96 11,70	2388 41,77	
>200	400 0	0,0 0,00	0 0,00	0 0,00	
alle	740	100,0 15,64	1224 42,03	8576 71,39	0,51 cm <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

8 Aggregate	Anzahl	Primärteilchenz.: AM,GM,GS	mittlere Aggregatfläche nm <sup>2</sup>	mittlerer Äquivalentkreisdurchmesser	Agg/Feld
davon vollst. im Feld	6	18,00	9,85	4,05	66,36
davon teilweise im Feld	2	316,00	138,56	7,95	278,06
Summe	8	92,50	19,08	6,51	17775

Fehlerbetrachtung: Variationskoeffizient VK											
Aggregate/Feld	1. Mediantest		2. Poissonvert.		3. Mediantest		4. Lognormalvert.		Zahl der Primärteilchen = Aggregate/ Feld * Teilchen/Aggregat		
PU	0,3775	0	n	8	PU	0,194	6,85	GM	19,08	n Arith	740
Median	0,5	0	s Poiss	2,828	Median	0,5	19,00	SF (GM)	1,939	n geom	153
PO	0,6225	0			PO	0,806	45,51	(M*S-M/s)/2	13,581	SF ges	121,32
VK1	>1		VK2	0,354	VK3		0,587	VK4	0,712	VK ges	0,795



Feld Nr.	Primärteilchen nm					Aggr. im Feld	Photox40.0 (Name)
	<=20(10)	20 >20-50(35)	50	>50-100(75)	>100-200		
1					1	j	0
9	2			1		j	0
11	10					j	0
14	30				3	j	0
25	10			8		j	0
33	25			7		u	0
48	500			100		u	0
50	7			5		j	0



## **Machbarkeitsstudie:**

*Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten*

# **Studieninformation & Einverständniserklärung**

Wissenschaftliche Leitung:

**Institut für Umwelt und Innenraumtoxikologie**  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,  
Standort Gießen  
Leiter: Professor Dr. med. Mersch-Sundermann

**Institut für Hygiene und  
Umweltmedizin**  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg,  
Standort Gießen  
Leiter: Professor Dr. med. Th. Eikmann  
Friedrichstr. 16, D-35395 Giessen



# Studieninformation

Sehr geehrte Damen und Herren,

- Während der letzten Jahre häufen sich Meldungen von Büroangestellten über Gesundheitsbeeinträchtigungen, die von den Betroffenen, aber auch von behandelnden Ärzten auf Exposition gegenüber Emissionen von Büromaschinen, insbesondere tonerhaltigen Druckgeräten wie Laserdruckern, Kopier-, Fax- oder anderen Multifunktionsgeräten (sog. „Tonereexposition“) zurückgeführt werden.
- Es gibt bisher nur geringe Erkenntnisse über Art und Ausmaß der berichteten Gesundheitsbeeinträchtigungen und Tonereexposition. Daher ist die Untersuchung des vermuteten Zusammenhangs von großem öffentlichem, wissenschaftlichem und (arbeits-) medizinischem Interesse.
- Aus diesem Grund hat das Bundesinstitut für Risikobeurteilung (BfR) eine diesbezügliche Studie in Auftrag gegeben. Diese wird vom Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie und dem Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen in Zusammenarbeit mit der Interessensgemeinschaft Tonergeschädigter (ITG) durchgeführt.
- Hierbei sind wir auf Ihre Mitarbeit und Hilfe angewiesen und bitten Sie daher um Ihre Unterstützung durch Ihre Teilnahme.

Im Einzelnen planen wir, mit ihrer Hilfe folgende Untersuchungen und Befragungen durchzuführen:

- Einige Fragebögen über Ihre Gesundheit, Ihre Beschwerden und Ihr Arbeitsumfeld.
- Eine Erfassung Ihres Arbeitsplatzes in schriftlicher und fotografischer Dokumentation.
- Eine körperliche Untersuchung.

Um diese Maßnahmen mit Ihnen in einem angemessenen Rahmen durchzuführen, wird eine Gruppe von Mitarbeitern unseres Institutes für ein paar Tage in Ihrem direkten Umfeld, vor Ort, alle Untersuchungen durchführen.

**Vielen Dank für ihr Interesse!**

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Ihrer Unterschrift auf dieser Einverständniserklärung gestatten Sie uns, die Daten, die von Ihnen im Rahmen der Studie erhoben werden, für wissenschaftliche Zwecke innerhalb des Forschungsvorhabens zum Thema **„Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Personen“** zu verwenden.

Neben den Ergebnissen des umweltmedizinischen Fragebogens, der standardisierten Fragebogenerhebung zum Thema Gesundheit, des Konzentrationstestes, der Lungenfunktionsuntersuchung, der Urin- und Blutprobe werden (falls vorhanden) auch ausgewählte Parameter der Routinediagnostik anhand Ihrer Unterlagen in die Studie einbezogen. Ein Teil der gewonnenen Blut- und Urinproben wird zur optionalen späteren Diagnostik als Rückstellprobe aufbewahrt.

Kenntnis über personenbezogene Daten erhalten nur die Mitarbeiter des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin und des Institutes für Innenraum- und Umwelttoxikologie, die mit der Studie befasst sind. Diese unterliegen der **ärztlichen Schweigepflicht**. Die Ergebnisse werden in anonymisierter Form ausgewertet und dargestellt.

**In jedem Fall gilt: Ihre Teilnahme ist freiwillig.**

Es ist selbstverständlich, dass die Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes und des Hessischen Datenschutzgesetzes eingehalten werden.

**Einverständniserklärung**

- Ich habe eine Kopie der Patienteninformation und der Einverständniserklärung erhalten.
- Ich bin darüber aufgeklärt, dass ich meine Teilnahme an der Studie zu jeder Zeit ohne Angabe von Gründen widerrufen kann.
- Mit der Erfassung meiner persönlichen Daten und den körperlichen Untersuchungen ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen des erläuterten Forschungsvorhabens und ihrer Verwendung in dem oben beschriebenen Sinne bin ich einverstanden.
- Ich bin damit einverstanden, dass ich von den Mitarbeitern der Studie gegebenenfalls erneut kontaktiert werde
- Ich bin damit einverstanden, dass meine Daten archiviert und zu einem späteren Zeitpunkt anonym zu wissenschaftlichen Zwecken genutzt werden.

Name	Anschrift
------	-----------

Ort/Datum

Unterschrift des Patienten

Ort/Datum

Unterschrift des aufklärenden Mitarbeiters



# Umweltmedizinischer Fragebogen

## Modul 1

### Büroarbeitsplatz & Gesundheit

(diese Seite bitte nicht ausfüllen)

Datum:

Codnr.

1 Heutiges Datum (TT.MM.JJJJ):		
2 Uhrzeit:		
3 Heutiger Arbeitsbeginn (Uhrzeit):		
4 Beruf:		
5 Beschäftigung (Büroarbeit, hauptsächlich Außendienst usw.):		
6 Wie viele Stunden verbringen Sie ungefähr durchschnittlich pro Arbeitstag mit Bildschirmarbeit:		
7 Sind Sie momentan erkältet?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
8 Sind Sie Raucher/ -in?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
9 Seit wieviel Jahren arbeiten Sie in diesem Gebäude?		
10 Seit wieviel Jahren arbeiten Sie in diesem Raum?		
11 In welcher Etage befindet sich Ihr Büro?		
12 Raumnummer (Angabe freiwillig):		

Bitte kreuzen Sie bei jeder der folgenden Formulierungen an, in welchem Maß die Aussage auf Sie zutrifft

(Falls Sie in Frage 14-19 GAR NICHT ankreuzen, überspringen Sie bitte die jeweilige Unterfrage. Sollte eine der anderen Antwortalternativen zutreffen, beantworten Sie bitte die jeweilige Unterfrage zum zeitlichen Beginn):

13	Im Großen und Ganzen fühle ich mich in diesem Gebäude wohl.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
14	Wenn ich mich an meinem Arbeitsplatz befinde, stört mich auf die Dauer auch der leiseste Luftzug.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
14.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>
15	Abgesehen von den Arbeitspausen habe ich auch während der Arbeit das Bedürfnis, Kaffee oder Tee zu trinken.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
15.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>
16	Wenn ich das Gebäude nach der Arbeit verlasse, fühle ich mich noch eine Weile benommen.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
16.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>
17	Wenn ich von der Arbeit heimkomme, habe ich das Bedürfnis, mich hinzulegen.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
17.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>
18	Wenn ich gut erholt (nach dem Urlaub oder Wochenende) an meinen Arbeitsplatz zurückkehre, läßt meine volle Leistungsfähigkeit bereits nach wenigen Stunden wieder nach.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
18.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>
19	Meine Kollegen klagen über Störungen des Wohlbefindens am Arbeitsplatz.	<input type="radio"/> gar nicht <input type="radio"/> kaum <input type="radio"/> mäßig <input type="radio"/> sehr
19.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	<input type="text"/>

**Bitte kreuzen Sie bei den folgenden Eigenschaftspaaren an, welche Aussage zum jetzigen Zeitpunkt am ehesten auf Sie zutrifft. Je weiter sie das Kreuz nach links oder rechts setzen, desto mehr trifft die eine oder andere Antwortmöglichkeit zu.**

**Lassen Sie bitte keine Zeile aus!**

20 Ich fühle mich jetzt:

20.1	unkonzentriert	2	3	4	5	6	konzentriert
20.2	nervös	2	3	4	5	6	ausgeglichen
20.3	müde	2	3	4	5	6	frisch
20.4	depremiert	2	3	4	5	6	gut gelaunt
20.5	gereizt	2	3	4	5	6	friedlich
20.6	benommen	2	3	4	5	6	klar

21 Die Luft an meinem Arbeitsplatz empfinde ich jetzt als:

21.1	zu kalt	2	3	4	5	6	zu warm
21.2	zu trocken	2	3	4	5	6	zu feucht
21.3	zu zugig	2	3	4	5	6	zu unbewegt
21.4	verbraucht	2	3	4	5	6	frisch
21.5	geruchsbelastet	2	3	4	5	6	geruchsneutral
21.6	unbehaglich	2	3	4	5	6	behaglich

Bitte geben Sie an, in welchem Maße Sie an folgenden Beschwerden am Arbeitsplatz betroffen sind oder waren (gelbe Spalten) und in welchem Maße Sie die aufgeführten Beschwerden hatten und auf Tonergeräte (z.B. Laserdrucker, Kopierer) zurückführen (hellblaue Spalten). Falls Sie jeweils unter (a) GAR NICHT ankreuzen, überspringen Sie bitte die Frage zum Beginn der Beschwerden unter (b). Sollte eine der anderen Antwortalternativen zutreffen, versuchen Sie bitte, den Beginn der Beschwerden als Monat/Jahr dort anzugeben.

Bitte geben Sie an, ob Sie an folgenden Beschwerden leiden:		##.1 Beschwerden am Arbeitsplatz generell					##.2 Beschwerden auf Tonergeräte bezogen				
		a				b	a				b
		gar nicht	kaum	mäßig	sehr		Wann traten die Beschwerden zum ersten Mal auf?	gar nicht	kaum	mäßig	
23	Konzentrationsschwäche ?										
24	Energielosigkeit oder rascher Ermüdung ?										
25	Benommenheit ?										
26	Reizbarkeit ?										
27	Kopfschmerzen ?										
28	Schwindel ? (Kreislaufschwäche )										
29	Magenkrämpfen ?										
30	Luftnot ?										
31	Enge im Brustkorb oder Giemen ?										
32	Übelkeit ?										
33	Rheumatischen Beschwerden ?										
34	Schmerzen in den Muskeln oder an Muskelkrämpfen ?										
35	Grippegefühl?										
36	Erhöhte Temperatur und Fieber?										
38	Trockene oder gereizten Augen ?										
39	Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen ?										
40	Heiserkeit oder trockener Nasen-Rachenraum ?										
41	Gereizte oder verstopfte, laufende Nase ?										
42	Gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen?										
43	Husten oder Reizhusten?										
44	Halsschmerzen?										
45	Schluckbeschwerden ?										
46	Verändertem Geschmack ?										
47	Offenen oder blutenden Hautstellen ?										
48	Trockene oder juckende Kopfhaut?										
49	Trockene oder juckende Gesichtshaut?										
50	Trockenen oder juckenden Händen ?										
51	Durchfall ?										
52	Juckreiz am After ?										
53	Unfruchtbarkeit ?										
54	Libidoverlust ?										

Frage 55 ist NUR VON FRAUEN zu beantworten

55. Ausbleiben der Regel der Regelblutung  ja  nein

55.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:

Frage 56 ist NUR VON MÄNNERN zu beantworten

56. Erektile Dysfunktion  ja  nein

56.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:

Falls Sie in den Unterpunkten der Frage 56 GAR NICHT ankreuzen, überspringen Sie bitte jeweils die Unterfrage zum zeitlichen Verlauf. Sollte eine der anderen Antwortalternativen zutreffen, beantworten Sie bitte auch die jeweilige Unterfrage.

56 Ich fühle mich an meinem Arbeitsplatz durch folgende Bedingungen beeinträchtigt:

		gar nicht	kaum	mässig	stark
56.1	<b>Unbefriedigende Tätigkeit</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.1.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.2	<b>Zu viel Arbeit</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.2.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.3	<b>Lärm, Dauergeräusche</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.3.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.4	<b>Beleuchtungsverhältnisse</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.4.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.5	<b>Räumliche Verhältnisse</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.5.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.6	<b>Schwierigkeiten mit Kollegen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.6.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.7	<b>Zu warme Raumtemperaturen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.7.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.8	<b>Zu kühle Raumtemperaturen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.8.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.9	<b>Zu wechselhafte Raumtemperaturen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.9.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.10	<b>Trockene Luft</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.10.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.11	<b>Verbrauchte Luft</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.11.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.12	<b>Zugerscheinungen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.12.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.13	<b>Fehlende Fensterlüftung</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.13.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.14	<b>Staub und Schmutz</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.14.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.15	<b>Passivrauchen</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.15.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
56.16	<b>Statische Aufladung</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56.16.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				

57	Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz machen sich bemerkbar:	trifft zu	trifft nicht zu
57.1	Zu Beginn der Arbeitswoche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.2	Zu Beginn des Arbeitstages	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.3	Innerhalb 3 Stunden nach Arbeitsbeginn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.4	Innerhalb 6 Stunden nach Arbeitsbeginn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.5	Gegen Arbeitsende	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.6	Täglich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.7	Am nächsten Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.8	2-4 Tage später	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.9	Verstärkt im Winter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
57.10	Zu anderen Zeiten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**(Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage)**

57.10.1 Geben Sie an zu welchen anderen Zeiten sie sich bemerkbar machen

58	Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz nehmen ab oder verschwinden:	trifft zu	trifft nicht zu
58.1	Durch verstärkte Lüftung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.2	Nach Dienstschluss	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.3	Am nächsten Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.4	2-4 Tage später	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.5	Am Wochenende	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.6	Im Urlaub	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
58.7	Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz nehmen nicht ab oder verschwinden nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

59 Nehmen Sie **auf Grund der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz** Medikamente ein?  **nein**, ich nehme keine Medikamente

**ja**, ich nehme Medikamente ein

**(Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen)**

59.1 Geben Sie bitte den (die) Produktnamen an:

59.2 Seit wann nehmen Sie diese ein (Datum angeben TT.MM.JJJJ)

60	Waren Sie auf Grund dieser Beeinträchtigung schon einmal in Behandlung?	trifft zu	trifft nicht zu
60.1	Nein, ich war deswegen nicht in Behandlung <b>(Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 61.)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
60.2	Ja, beim Hausarzt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
60.3	Ja, beim Facharzt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>(Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)</b>			
60.3.1	Bei welchem Facharzt:		
60.4	Ja, in sonstiger Behandlung (z.B. Heilpraktiker,	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
60.4.1	Geben Sie bitte an, wen Sie aufgesucht haben (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.)		
61	Waren Sie deshalb schon einmal krank geschrieben?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
<b>(Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 62.)</b>			
61.1	Wann waren Sie deshalb krank geschrieben (Geben Sie bitte das Datum an TT.MM.JJJJ)		
61.2	Für wieviele Tage waren Sie deshalb krank geschrieben?		
62	Wurden Sie <b>wegen der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz</b> innerhalb Ihrer Firma umgesetzt?	<input type="radio"/> <b>Nein</b> , ich habe meinen alten Arbeitsplatz behalten  <input type="radio"/> <b>Ja</b> , ich habe deswegen einen neuen Arbeitsplatz bekommen	
<b>(Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage)</b>			
62.1	Seit wann haben Sie diesen neuen Arbeitsplatz (Datumangabe TT.MM.JJJJ):		
63	Tragen Sie sich mit dem Gedanken eines Arbeitsstellenwechsels auf Grund Ihrer Beeinträchtigung?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> weiss nicht	

64

Falls Sie GAR NICHT ankreuzen, überspringen Sie bitte die zugehörige Unterfrage. Sollte eine der anderen Antwortalternativen zutreffen, beantworten Sie bitte die Unterfrage zum zeitlichen Beginn:

Ich fühle mich an meinem Arbeitsplatz durch folgende Bedingungen/ Tätigkeiten beeinträchtigt:

		gar nicht	kaum	mässig	stark
64.1	<b>Wartungsarbeit an Laserdruckern, Kopier- oder Laserfaxgeräten</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.1.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.2	<b>Arbeit (Drucken) mit Laserdrucker/n, Kopier- oder Laserfaxgerät/en</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.2.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.3	<b>Kontakt zu Laserdrucker/n, Kopier- oder Laserfaxgerät/en</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.3.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.4	<b>Arbeit mit Papieren, die auf Laserdrucker gedruckt sind.</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.4.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.5	<b>Bildschirmarbeit</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.5.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.6	<b>Fehlende Fensterlüftung</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.6.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.7	<b>Klimaanlage</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.7.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.8	<b>Passivrauchen</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.8.1	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				
64.9	<b>Sonstiges</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
64.9.1	Durch welche sonstigen Bedingungen/ Tätigkeiten fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz beeinträchtigt?				
64.9.2	Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:				

65 Haben Sie **im Zusammenhang mit tonerbasierten Bürogeräten:**  
 65.1 **Körperliche Beschwerden** o ja o nein

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 65.2. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen**

65.1.1	Welche körperlichen Beschwerden sind das:		
65.1.2	Seit wann bestehen diese körperlichen Beschwerden (Datumangabe TT.MM.JJJJ):		
65.1.3	Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:		
65.1.4	Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:		
65.1.5	Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:		

65 Haben Sie **im Zusammenhang mit tonerbasierten Bürogeräten:**  
 65.2 **Nicht- körperliche Beschwerden** o ja o nein  
**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 63. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

65.2.1	Welche nicht- körperlichen Beschwerden sind das:		
65.2.2	Seit wann bestehen diese nicht- körperlichen Beschwerden (Datumangabe TT.MM.JJJJ):		
65.2.3	Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:		
65.2.4	Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:		
65.2.5	Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:		

66 Sind Sie tonergeschädigt? o ja o nein  
**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 75. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen:**

66.1	Beschreiben Sie die Tonerschädigung:		
66.2	Seit wann besteht diese Tonerschädigung? (Datumangabe TT.MM.JJJJ):		
66.3	Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:		
66.4	Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:		

66.5 Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:

--

67 Nehmen Sie **auf Grund Ihrer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Toner** Medikamente ein?

- o nein, ich nehme keine Medikamente o ja, ich nehme Medikamente ein

**Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen.**

67.1 Geben Sie bitte den (die) Produktnamen an:

--

67.2 Seit wann nehmen Sie diese ein? (Datum angeben TT.MM.JJJJ)

--	--

68 Waren Sie auf Grund dieser gesundheitlichen Beeinträchtigung schon einmal in Behandlung?

68.1 Nein, ich war deswegen nicht in Behandlung

trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
------------------------------------	--

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 70.**

68.2 Ja, beim Hausarzt

trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
------------------------------------	--

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 68.3. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.**

68.2.1 Wann war das? (Datum angeben TT.MM.JJJJ)

--

68.2.2 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Hausarztes

--

68.3 Ja, beim Facharzt

trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
------------------------------------	--

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 68.4. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.**

68.3.1 Bei welchem Facharzt:

--

68.3.2 Wann war das? (Datum angeben TT.MM.JJJJ)

--	--

68.3.3 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Facharztes:

--

68 (Forts.) Waren Sie auf Grund dieser gesundheitlichen Beeinträchtigung schon einmal in Behandlung?

68.4 Ja, in sonstiger Behandlung (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.)

trifft zu

trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 66. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.**

68.4.1 Geben Sie bitte an, wen Sie aufgesucht haben (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.)

68.4.2 Wann war das? (Datum angeben TT.MM.JJJJ)

68.4.3 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Behandelnden:

69 Waren Sie deshalb schon einmal krank geschrieben?

ja  nein

**Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen.**

69.1 Wann waren Sie deshalb krank geschrieben (Geben Sie bitte das Datum an TT.MM.JJJJ)

69.2 Für wieviele Tage waren Sie deshalb krank geschrieben?

70 Wurden Sie **wegen der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens** am Arbeitsplatz innerhalb Ihrer Firma umgesetzt?

Nein, ich habe meinen alten Arbeitsplatz behalten

Ja, ich habe deswegen einen neuen Arbeitsplatz bekommen

**Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.**

70.1 Seit wann haben Sie diesen neuen Arbeitsplatz (Datumangabe TT.MM.JJJJ):

71 Tragen Sie sich mit dem Gedanken eines Arbeitsstellenwechsels **auf Grund Ihrer Beeinträchtigung durch tonerbasierte Geräte?**

ja

nein

## Fragen zu Ihrer Gesundheit

### Atemwegsbeschwerden/Haut

75 Haben Sie jemals in den letzten 12 Monaten ein pfeifendes oder brummendes Geräusch in Ihrem Brustkorb gehört?

ja  
 nein

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 76**

75.1 Hatten Sie dieses Pfeifen oder Brummen, wenn Sie nicht erkältet waren?

ja  
 nein

76 Sind Sie irgendwann in den letzten 12 Monaten wegen einen Anfall von Luftnot aufgewacht?

ja  
 nein

77 Sind Sie irgendwann in den letzten 12 Monaten wegen eines Hustenanfalls aufgewacht?

ja  
 nein

78 Husten Sie gewöhnlich im Winter als erstes nach dem Schlafen?

ja  
 nein

79 Husten Sie gewöhnlich im Winter während des Tages oder in der Nacht?

ja  
 nein

80 Husten Sie derart mindestens drei Monate jährlich?

ja  
 nein

81 Haben Sie im Winter gewöhnlich als erstes am Morgen Auswurf?

ja  
 nein

82 Haben Sie solchen Auswurf an den meisten Tagen für mindestens 3 Monate jährlich?

ja  
 nein

83 Haben Sie jemals Asthma gehabt?

ja  
 nein

83.1 Wurde dies durch einen Arzt bestätigt?

ja  
 nein

83.2 Wie alt waren Sie, als Sie Ihren ersten Asthmaanfall hatten?

83.3 Wie alt waren Sie, als Sie Ihren letzten Asthmaanfall hatten?

83.4 Nehmen Sie gegenwärtig Medikamente gegen Asthma ein?  
(einschließlich Inhalationen, Dosieraerosolen, Sprays, Inhalierpulver, Diskus oder Tabletten)

ja  
 nein

84 Haben Sie allergischen Schnupfen, zum Beispiel sogenannter Heuschnupfen?

ja  
 nein

85 Haben Sie jemals Ekzeme oder irgendwelche Arten von Hautallergien gehabt?

ja  
 nein

86 Hatten Sie jemals einen juckenden Hautausschlag, der für mindestens 6 Monate immer wieder schlimmer und besser geworden ist?

ja  
 nein

87	Haben Sie mindestens einmal pro Woche:	ja	nein
87.1	Eine gereizte Nase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
87.2	Gereizte oder gerötete Augen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
87.3	Einen gereizten Rachen oder ein Kratzen im Hals, auch wenn Sie nicht erkältet sind	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
88	Hatten Sie jemals eine Nasennebenhöhlenentzündung (Stirnhöhlenentzündung, Kieferhöhlenentzündung)?	<input type="radio"/> nein, noch nie <input type="radio"/> ja, einmal <input type="radio"/> ja, mehr als einmal <input type="radio"/> weiss nicht	
89	Hatten Sie jemals eine Operation zur Entfernung von Nasenpolypen?		<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
90	Wurden Sie schon einmal an den Nasennebenhöhlen (Stirnhöhlen, Kieferhöhlen) operiert?		<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
91	Haben Sie eine Nahrungsmittelunverträglichkeit?		<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 92. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
91.1	Geben Sie bitte an gegenüber welchen Nahrungsmitteln diese Unverträglichkeit besteht:		
91.2	Geben Sie bitte an, seit wann diese Nahrungsmittelunverträglichkeit besteht (TT.MM.JJJJ)		
91.3	Wurde diese Nahrungsmittelunverträglichkeit durch eine der folgenden Personen bestätigt?		
91.3.1	Nein. Diese Nahrungsmittel-unverträglichkeit wurde nicht bestätigt.	<b>trifft zu</b> <input type="radio"/>	<b>trifft nicht zu</b> <input type="radio"/>
<b>Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 92. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
91.3.2	Hausarzt	<b>trifft zu</b> <input type="radio"/>	<b>trifft nicht zu</b> <input type="radio"/>
<b>Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage.</b>			
91.3.2.1	Geben Sie bitte den Namen und die Adresse Ihres Hausarztes an:		
91.3.3	Facharzt	<b>trifft zu</b> <input type="radio"/>	<b>trifft nicht zu</b> <input type="radio"/>
<b>Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.</b>			
91.3.3.1	Geben Sie bitte den Namen, Facharztbezeichnung und die Adresse dieses Arztes an:		

91.3 - Wurde diese Nahrungsmittelunverträglichkeit durch eine der folgenden Personen bestätigt?  
Forts.

91.3.4 Sonstige Therapeuten  trifft zu  trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.**

91.3.4.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse dieses Therapeuten an:

92 Haben Sie eine Chemikalienunverträglichkeit/  
sensitivität?  ja  
 nein

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 93. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

92.1 Geben Sie bitte an gegenüber welchen Chemikalien diese Unverträglichkeit besteht:

92.2 Geben Sie bitte an, seit wann diese Chemikalienunverträglichkeit besteht (TT.MM.JJJJ)

92.3 Wurde diese Chemikalienunverträglichkeit/-sensitivität durch eine der folgenden Personen bestätigt?

92.3.1 Nein. Diese Chemikalienunverträglichkeit wurde nicht bestätigt.  trifft zu  trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 93. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

92.3.2 Hausarzt  trifft zu  trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage.**

92.3.2.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse Ihres Hausarztes an:

92.3.3 Facharzt  trifft zu  trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage.**

92.3.3.1 Geben Sie bitte den Namen, Facharztbezeichnung und die Adresse dieses Arztes an:

92.3.4 Sonstige Therapeuten  trifft zu  trifft nicht zu

**Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage.**

92.3.4.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse dieses Therapeuten an:

## Akute und chronische Erkrankungen

93	Von welchen der folgenden Krankheiten waren Sie bzw. sind Sie betroffen?	in Vergangenhei t betroffen	aktuell davon betroffen	nie davon betroffen gewesen	weiss nicht, ob ich davon betroffen bin bzw. war
93.01	Bluthochdruck (Hypertonie)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.02	Durchblutungsstörungen am Herzen, Verengung der Herzkranzgefäße (Angina pectoris)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.03	Herzinfarkt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.04	Herzschwäche (Herzinsuffizienz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.05	Schlaganfall (Apoplex)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.06	Durchblutungsstörungen des Gehirns (nur wenn sie bei Ihnen mit Lähmungen, Gefühlsstörungen oder Sprachstörungen einhergingen und nicht durch Migräne bedingt waren)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.07	Durchblutungsstörungen an den Beinen, arterielle Verschlußkrankheit, (sogenannte Schaufensterkrankheit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.08	Krampfadern (Varizen, mit oder ohne sogenannten offenen Beinen= Ulcus cruris)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.09	Venenthrombose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.10	Asthma bronchiale (Bronchialasthma, Lungenasthma, allergisches Asthma)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.11	Chronische Bronchitis (d. h. Husten nachts ohne Erkältung und mit morgendlichem Auswurf an den meisten Tagen, mindestens 3 Monate im Jahr in 2 aufeinander folgenden Jahren)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.12	Magenschleimhaut- entzündung (Gastritis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.13	Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwür (Ulcuskrankheit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.14	Gallenblasenentzündung oder Gallensteine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.15	Leberschrumpfung (Leberzirrhose)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
93.16	Leberentzündung, Gelbsucht (Hepatitis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

93 - Forts.		Von welchen der folgenden Krankheiten waren Sie bzw. sind Sie betroffen?			
		in Vergangenheit betroffen	aktuell davon betroffen	nie davon betroffen gewesen	weiss nicht, ob ich davon betroffen bin bzw. war
93.17	Schilddrüsenerkrankungen	0	0	0	0
93.18	Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) ohne Insulinbehandlung	0	0	0	0
93.19	Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) ohne Insulinbehandlung	0	0	0	0
93.20	Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin (Hypercholesterinämie)	0	0	0	0
93.21	Harnsäureerhöhung (Gicht)	0	0	0	0
93.22	Blutarmut (Anämie), Eisenmangel	0	0	0	0
93.23	Nierenbeckenentzündung (Pyelonephritis)	0	0	0	0
93.24	Nierenkolik, Nierensteine	0	0	0	0
93.25	Gelenkverschleiß, Arthrose der Hüft- oder Kniegelenke bzw. der Wirbelsäule	0	0	0	0
93.26	Entzündliche Gelenk- oder Wirbelsäulenerkrankung (z. B. chronische Polyarthritis, Rheumatoidarthritis, Morbus Bechterew)	0	0	0	0
93.27	Osteoporose	0	0	0	0
93.28	Migräne (d. h. anfallartige Kopfschmerzen, die wiederholt und meist halbseitig auftreten, in den frühen Morgenstunden beginnen und Stunden bis Tage andauern können)	0	0	0	0
93.29	Epilepsie (Krampfanfälle, zerebrale Anfälle)	0	0	0	0
93.30	Parkinson	0	0	0	0
93.31	Multiple Sklerose	0	0	0	0
93.32	Hirnhautentzündung	0	0	0	0
93.33	Psychische Erkrankung (z. B. Angstzustände, Depression, Psychose)	0	0	0	0
93.34	Essstörung (Bulimie, Anorexia nervosa)	0	0	0	0
93.35	Sucht- oder Abhängigkeitserkrankung (Medikamente, Drogen, Alkohol)	0	0	0	0

93 - Forts.	Von welchen der folgenden Krankheiten waren Sie bzw. sind Sie betroffen?			
	<b>in Vergangenheit betroffen</b>	<b>aktuell davon betroffen</b>	<b>nie davon betroffen gewesen</b>	<b>weiss nicht, ob ich davon betroffen bin bzw. war</b>
93.36	0	0	0	0
	Heuschnupfen, allergische Bindehautentzündung (allergische Rhinitis, allergische Konjunktivitis)			
93.37	0	0	0	0
	Allergisches Kontaktekzem (Hautausschlag durch Waschmittel, Kosmetika, Nickel, Unverträglichkeit anderer Metalle u. a.)			
93.38	0	0	0	0
	Neurodermitis (juckendes Ekzem, besonders in den Ellenbeugen und Kniekehlen, endogenes Ekzem, atopisches Ekzem)			
93.39	0	0	0	0
	Nahrungsmittelallergie			
93.40	0	0	0	0
	Allergische Hautquaddeln (flüchtige, stark juckende, schubweise aufschießende Quaddeln, Nesselsucht, Urtikaria)			
93.41	0	0	0	0
	Krankheiten von Gebärmutter, Eierstöcken oder Eileitern (außer Krebskrankheiten)			
94	Haben Sie sonstige Krankheiten, die hier nicht genannt wurden?			o ja o nein
	<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 95. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgende Frage.</b>			
94.1	Welche sonstige Krankheiten, die hier nicht genannt wurden, haben Sie?			
95	Haben Sie sonstige Allergien, die hier nicht genannt wurden?			o ja o nein
	<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 96. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
95.1	Welche sonstige Allergien, die hier nicht genannt wurden, haben Sie?			
96	Nehmen Sie Medikamente ein?			o Nein, ich nehme keine o Ja, ich nehme Medikamente ein
	<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 97. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
96.1	Nennen Sie bitte den Produktnamen des bzw. der Medikamente			
96.2	Geben Sie bitte an, seit wann Sie dieses bzw. diese Medikamente einnehmen. (TT.MM.JJJJ)			

**Rauchen**

- 97 Haben Sie schon einmal ein Jahr lang geraucht? o ja  
o nein
- (JA bedeutet: mindestens 20 Päckchen Zigaretten im Leben oder 360 g Tabak in Ihrem Leben oder ein Jahr lang mindestens eine Zigarette pro Tag oder eine Zigarre pro Woche)*

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 101. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

- 98 Wie alt waren Sie, als Sie anfangen zu rauchen?

- 99 Rauchen Sie jetzt (bzw. bis vor einem Monat)? o ja  
o nein

- 99.1 Wenn NEIN: In welchem Jahr haben Sie mit dem Rauchen aufgehört?

- 100 Wie viel rauchen Sie zurzeit durchschnittlich am Tag bzw. wie viel haben Sie früher durchschnittlich am Tag geraucht?  
**Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die Unterfrage zur Menge.**
- |  | ja | nein |
|--|----|------|
|--|----|------|

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 100.1 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigaretten | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 100.1.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 100.2 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigarren | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 100.2.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 100.3 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigarillos | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 100.3.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 100.4 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Pfeifen | o | o |
|---|---|---|

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 100.4.1 Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|--|--|---|

- 101 Rauchen Sie an Ihrem Arbeitsplatz? o ja  
o nein

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 102. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

- 101.1 Wie viel rauchen Sie zurzeit durchschnittlich pro Arbeitstag an Ihrem Arbeitsplatz?

**Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die Unterfrage zur Menge.**

	ja	nein
--	----	------

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 101.1.1 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigaretten | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 101.1.1.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 101.1.2 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigarren | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 101.1.2.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 101.1.3 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Zigarillos | o | o |
|--|---|---|

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 101.1.3.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|---|--|---|

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 101.1.4 <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> Pfeifen | o | o |
|---|---|---|

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 101.1.4.1 Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag |  | <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> |
|--|--|---|

102	Sind Sie regelmäßig in den letzten 12 Monaten Tabakrauch anderer ausgesetzt gewesen? (Regelmäßig bedeutet: An den meisten Tagen oder Nächten)	o ja o nein	
<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 104. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
102.1	Wie viele Stunden pro Tag sind Sie dem Tabakrauch anderer Leute ausgesetzt?	<input type="text"/>	
103	Rauchen andere Personen im Bereich Ihres Arbeitsplatzes?	o ja o nein	
<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 104. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
103.1	Geben Sie bitte an, welche Rauchwaren zur Zeit durchschnittlich pro Tag an Ihrem Arbeitsplatz konsumiert werden. <b>Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die Unterfrage zur Menge.</b>	ja	nein
103.1.1	Zigaretten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
103.1.1.1	Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	<input type="text"/>	
103.1.2	Zigarren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
103.1.2.1	Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	<input type="text"/>	
103.1.3	Zigarillos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
103.1.3.1	Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	<input type="text"/>	
103.1.4	Pfeifen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
103.1.4.1	Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag	<input type="text"/>	
104	Haben Sie in Ihrem Leben schon mehrmals die nachfolgend genannten Drogen eingenommen?	ja	nein
104.1	Cannabis, Marihuana oder Haschisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
104.2	Ecstasy (XTC, MDM, MDMA, ADAM)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
104.3	Sonstige Designerdrogen (100X, Love Drug, Eve, STP, DOM).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
104.3.1	Welche SONSTIGE Designerdroge(n)?	<input type="text"/>	
104.4	Drogen natürlichen Ursprungs (PYOTE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
104.4.1	Welche Drogen natürlichen Ursprungs?	<input type="text"/>	

**Einige Fragen zu Ihrer Person**

105	Geben Sie bitte Ihr Geburtsdatum an (TT.MM.JJJJ).	<input type="text"/>	
106	In welchem Land wurden Sie geboren?	<input type="radio"/> Deutschland ( <b>alte Bundesländer</b> ) <input type="radio"/> Deutschland ( <b>neue Bundesländer</b> ) <input type="radio"/> in einem anderen Land	
106.1	In welchem anderen Land wurden Sie geboren?	<input type="text"/>	
107	Ihr Geschlecht	<input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich	
108	Geben Sie bitte Ihre Körpergröße an (Angabe in cm):	<input type="text"/>	
109	Geben Sie bitte Ihr Körpergewicht an (Angabe in kg):	<input type="text"/>	
110	Wie ist Ihr momentaner Familienstand?	trifft zu	trifft nicht zu
110.1	Ledig, ohne Partner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
110.2	Ledig, mit Partner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
110.3	Verheiratet, mit Ehepartner zusammen lebend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
110.4	verheiratet, vom Ehepartner getrennt lebend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
110.5	Geschieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
110.6	Verwitwet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
111	Haben bzw. hatten Sie Geschwister?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 112. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>	
111.1	Haben bzw. hatten Sie einen oder mehrere Brüder?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 111.2. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>	
111.1.1	Nennen Sie die Anzahl Ihrer Brüder	<input type="text"/>	
111.1.2	Wieviele Ihrer Brüder leben heute noch?	<input type="text"/>	
111.1.3	Geben Sie bitte an wieviele Ihrer Brüder jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen hatten?	<input type="text"/>	

111.2	Haben bzw. hatten Sie eine oder mehrere Schwestern? <b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 112. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>	o ja o nein		
111.2.1				
111.2.2	Wieviele Ihrer Schwestern leben heute noch?			
111.2.3	Geben Sie bitte an wieviele Ihrer Schwestern jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen hatten?			
112	Hatte Ihr Vater jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	o ja o nein o weiss nicht		
113	Hatte Ihre Mutter jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	o ja o nein o weiss nicht		
114	Haben bzw. hatten Sie Kinder?	o Ja, ein Kind  o Ja, zwei Kinder  o Ja, drei Kinder oder mehr  o Nein, keine Kinder		
	<b>Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 116. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.</b>			
115	Hatte Ihr Kind/eines Ihrer Kinder jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	o ja o nein o weiss nicht		
116	Angaben zum Rauchverhalten Ihrer Eltern während Ihrer Kindheit (bis zum 14. Lebensjahr)	ja	nein	weiss nicht
116.1	Rauchte Ihr Vater jemals regelmäßig während Ihrer Kindheit (bis 14. Lebensjahr)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
116.2	Rauchte Ihre Mutter jemals regelmäßig während Ihrer Kindheit (bis 14. Lebensjahr)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
117	Besuchten Sie gemeinsam mit anderen Kindern eine Kinderkrippe oder einen Kindergarten oder eine Kindertagesstätte oder eine Tagesmutter, als Sie jünger als fünf Jahre waren?	o ja o nein o weiss nicht		

118	Angaben zur Schulbildung	
118.1	Sind Sie Schüler oder Student <b>(Sollten Sie BERUFSSCHÜLER sein, so antworten Sie bitte mit</b>	o ja o nein
118.2	Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie?	<input type="radio"/> Hauptschulabschluss / Volksschulabschluss <input type="radio"/> Realschulabschluss (Mittlere Reife) <input type="radio"/> Abschluss Polytechnische Oberschule 10. Klasse <input type="radio"/> Fachhochschulreife (Abschluss einer Fachoberschule) <input type="radio"/> Abitur, allgemeine od. fachgebundene Hochschulreife (Gymnasium bzw. EOS) <input type="radio"/> Schule beendet ohne Abschluss <input type="radio"/> Noch keinen Schulabschluss <input type="radio"/> Anderen Schulabschluss
	<b>Falls Sie bei dieser Frage ANDERER SCHULABSCHLUSS ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage dazu. Ansonsten überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.</b>	
118.2.1	Welcher ANDERE Schulabschluss:	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
119	Angaben zu Berufs- bzw. Erwerbstätigkeit	
119.1	Welche Angabe zur Berufs- bzw. Erwerbstätigkeit trifft auf Sie zu? (Falls Sie bei dieser Frage NICHT BERUFSTÄTIG ankreuzen, bearbeiten	<input type="radio"/> Nicht berufstätig <input type="radio"/> Voll berufstätig <input type="radio"/> Halbtags berufstätig <input type="radio"/> Teilzeit berufstätig
119.1.1	Geben Sie bitte an, seit wann Sie nicht mehr berufstätig sind (MM.JJJJ):	
119.2	Angaben zur aktuellen bzw. letzten Anstellung	
119.2.1	Was ist oder war Ihr jetziger oder letzter Beruf bzw. Ihre jetzige oder letzte Tätigkeit (Bitte beschreiben Sie so genau wie möglich)?:	<input style="width: 100%; height: 60px;" type="text"/>
119.2.2	In welcher Branche sind Sie derzeit bzw. waren Sie zuletzt beschäftigt (Bitte beschreiben Sie so genau wie möglich)?:	<input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>
119.2.3	Wann haben Sie mit Ihrer derzeitigen bzw. letzten Arbeitsstelle begonnen? Nennen Sie bitte Monat und Jahr (MM.JJJJ)	<input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>

119.2.4 Arbeitszeiten

119.2.4.1 Wie viele Stunden arbeiten bzw. haben Sie pro Tag gearbeitet?

119.2.4.2 Wie viele Stunden arbeiten Sie pro Woche bzw. haben Sie gearbeitet?

120 Haben Sie jemals Ihren Arbeitsplatz wechseln oder aufgeben müssen, weil er Ihre Gesundheit beeinträchtigte?  ja  nein

**Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 121. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.**

120.1 Wenn JA, was war dies für eine berufliche Tätigkeit ?   
*(Bitte beschreiben Sie diese Tätigkeit und die damit verbundenen gesundheitlichen Beschwerden so genau wie möglich)*

121 Haben Sie jemals an einem Arbeitsplatz gearbeitet, der einer Schadstoffverordnung unterlag bzw. an dem Sie Schutzkleidung tragen mussten.  Nein  Ja, das ist an meinem jetzigen Arbeitsplatz der Fall  Ja, das war an einem meiner früheren Arbeitsplätze der Fall  Weiss nicht

**Falls Sie bei dieser Frage JA ,DAS WAR AN MEINEM FRÜHEREN ARBEITSPLATZ DER FALL ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.**

121.1 Seit wann arbeiten Sie nicht mehr an diesem Arbeitsplatz, der einer Schadstoffverordnung unterlag bzw. an dem Sie Schutzkleidung tragen mussten. (Angabe bitte als MM.JJJJ)

Variable	Position	Label	Measurement Level
<b>KOLLEKTIVVARIABLEN 1</b>			
id	1	Code	Nominal
alter	2	Alter [J]	Scale
kol_stsb	3	Kollektiv	Scale
Gesamt	4	Gesamtkollektiv	Scale
Allekol	5	kTB=0, sTB=1, sTS=2	Scale
ort	6	Ort	Nominal
<b>LABORERGESBISSE 1</b>			
RAST	7	mindestens einen Test positiv (sx1/fx5/mx2)	Scale
sx1	8	sx1 Inhalations- screen (Lieschgras, Roggen, Birke, Beifuß, Hausstaubmilbe, Katzenschuppen/- epithelien, Hundeschuppen, Cladosporium herbarum)	Nominal
fx5	9	fx5 Nahrungsmittelscreen (Hühnereiweiß, Milcheiweiß, Kabeljau (Dorsch), Weizenmehl, Erdnuß, Sojabohne)	Nominal
cotinin	10	Cotinin im Urin [ng/ml]	Scale
kreatini	11	< none >	Scale
mx2	12	mx2 Schimmelpilz-mischung 2 (Penicillium notatum, Cladosporium herbarum, Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Alternaria alternata, Helminthosporium halodes)	Nominal
sbsvd	13	SBS Verdacht (Summe SBS >8)	Scale
<b>KOLLEKTIVVARIABLEN 2</b>			
Tonerges	14	Tonerstudie Gesamt N= 69	Scale
to_bes1	15	Tonerbezogene Beschwerden (Index >=1)	Scale
t1304s	16	Tonergeschädigt (Frage 66)	Scale
sTB_sTS	17	Tonerbeschwerden (sTB) + Tonergeschädigte (sTS)	Scale
kTB	18	Keine Tonerbeschwerden kTB	Scale
AAI	19	Allergie, Asthma, Infekt	Scale
tob251_s	20	Geraete mit Toner (4.23.1)	Nominal
tob263_s	21	Geraete ohne Toner (4.23.2.6)	Nominal
sex_s	22	Geschlecht	Nominal
inf_s	23	z.Zt. Infektionskrankheit	Scale
asthms	24	Asthma	Scale
aller_s	25	Allergien	Scale
rauch_s	26	Rauchstatus	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
<b>NO IM EXHALAT UND LUNGENFUNKTION (ausgewertet)</b>			
no_mo	27	NO morgens [ppb]	Nominal
no_mi	28	NO mittags [ppb]	Nominal
FEV1	29	FEV1 Soll-%	Scale
VC	30	VC Soll -%	Scale
geb_s	31	Geburtstag	Nominal
q02	32	Case source is_Labor1_HS.sav	Scale
<b>ANAMNESEBOGEN</b>			
tan001	33	0. Code_Anamnese	Nominal
tan002	34	1. Geburtstag (TT.MM.JJJJ)	Nominal
tan003	35	2. Geschlecht	Ordinal
tan004	36	3. Koerpergroesse (cm)	Scale
tan005	37	4. Gewicht (kg)	Scale
tan006	38	5. Blutdruck	Scale
tan007	39	5.1 RR	Scale
tan008	40	6. Puls	Scale
tan009	41	7. Temperatur (in Grad Celsius)	Ordinal
tan010	42	8. Allergien	Ordinal
tan011	43	9. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan012	44	10. Chronische Erkrankungen	Ordinal
tan013	45	11. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan014	46	12. Psychische Erkrankungen	Ordinal
tan015	47	13. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan016	48	14. Wurde der Proband schon einmal operiert	Ordinal
tan017	49	15. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan018	50	16. Nimmt der Proband apotheken-/verschreibungspflichtige Medikamente?	Ordinal
tan019	51	17. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan020	52	18. Alkoholkonsum	Nominal
tan021	53	19. Raucht der Proband	Ordinal
tan022	54	20. Wenn ja, wie viele ?	Nominal
tan023	55	21. Nimmt der Proband Drogen	Ordinal
tan024	56	22. Wurde von einem Arzt ein Diabetes diagnostiziert	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
tan025	57	23. Gibt es in der Familie genetisch bedingte/vererbte Krankheiten (Familienanamnese)	Ordinal
tan026	58	24. Wenn ja, welche ?	Nominal
tan027	59	25. Liegen Herzerkrankungen vor	Ordinal
tan028	60	26. Hypertonie	Ordinal
tan029	61	27. Lungenerkrankungen	Ordinal
tan030	62	28. Pneumonie	Ordinal
tan031	63	29. Fieber/ Nachtschweiss	Ordinal
tan032	64	30. Ausschlag/ Ekzeme	Ordinal
tan033	65	31. Übermäßig häufig Kopfschmerzen	Ordinal
tan034	66	32. Oft geschwollene Lymphknoten	Ordinal
tan035	67	33. Schilddrüsenerkrankungen	Nominal
tan036	68	34. Wenn ja andere, welche ?	Nominal
tan037	69	35. Oedeme	Ordinal
tan038	70	36. GIT: (Reflux/Übelkeit/Erbrechen/Appetitlosigkeit/Diarrhoe)	Ordinal
tan039	71	37. Erkrankungen im übrigen Abdomen: (Leber/Galle/Niere/Milz/Pankreas/abl. Harnwege)	Ordinal
tan040	72	38. Arthrose/Muskelkrämpfe	Ordinal
tan041	73	39. Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen	Ordinal
tan042	74	40. Gefaesssystem: (AVK/Varizen/Thrombosen)	Ordinal
tan043	75	41. Schwindel/Synkope	Ordinal
tan044	76	42. Epilepsie/Krampfanfälle	Ordinal
tan045	77	43. Sensibilitaetsstoerungen	Ordinal
tantclos	78	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Ordinal
tantend	79	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Nominal
tantstar	80	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Nominal
sortnr	81	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Scale
<b>RAUMBEGEHUNGSPROTOKOLL/ BESCHWERDEN AM BÜROARBEITSPLATZ</b>			
tob002	82	0.1 Erhebungsdatum	Nominal
tob003	83	0.2 Arbeitsplatzlokalisierung	Nominal
tob004	84	0.3 Arbeitsplatznummer	Nominal
tob009	85	1.3 Geschlecht	Scale
tob010	86	1.4 Strasse Arbeitsplatz	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob011	87	1.5 PLZ, Ort Arbeitsplatz	Nominal
tob086	88	4.1 Der Arbeitsplatz liegt im	Scale
tob090	89	4.5 Raumgrösse des Arbeitsplatzes (Angabe in qm)	Nominal
tob091	90	4.6 Raumhöhe des Arbeitsplatzes (Angabe in cm)	Nominal
tob092	91	4.7 Raumhelligkeit des Arbeitsplatzes	Scale
tob093	92	4.8 Lage des des Arbeitsplatzes	Scale
tob094	93	4.9 Im Raum gibt es ...	Scale
tob095	94	4.9.1 ... eine abgehängte Decke (Falls JA zutreffend, dann weitere Angabenunter 4.9.1.1)	Scale
tob096	95	4.9.1.1 Diese besteht aus... (Falls SONSTIGES MATERIAL zutreffend, dann weitere Angabe unter Frage 4.9.1.1.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.9.2)	Scale
tob097	96	4.9.1.1.1 Welches sonstige Material	Nominal
tob098	97	4.9.2 ... eine Wandverkleidungen (Falls JA zutreffend, dann weitere Angabenunter 4.9.2.1)	Scale
tob099	98	4.9.2.1 Diese beteht aus... (Falls SONSTIGES MATERIAL zutreffend, dann weitere Angabe unter Frage 4.9.2.1.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.9.3)	Scale
tob100	99	4.9.2.1.1 Welches sonstige Material	Nominal
tob101	100	4.9.3 ... einen Raumteiler (Falls JA zutreffend, dann weitere Angabenunter 4.9.3.1)	Scale
tob102	101	4.9.3.1 Dieser beteht aus... (Falls SONSTIGES MATERIAL zutreffend, dann weitere Angabe unter Frage 4.9.3.1.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.10)	Scale
tob103	102	4.9.3.1.1 Welches sonstige Material	Scale
tob104	103	4.10 Fussboden	Scale
tob105	104	4.10.1 Der Untergrund des Fussbodens besteht aus	Scale
tob106	105	4.10.2 Geschätztes Alter des Bodenbelages (Angabe in Jahren)	Nominal
tob107	106	4.10.3 Material des Bodenbelages ist ...	Scale
tob108	107	4.10.3.1 Kunstfaser	Scale
tob109	108	4.10.3.2 PVC	Scale
tob110	109	4.10.3.3 Fliesen	Scale
tob111	110	4.10.3.4 Linoleum	Scale
tob112	111	4.10.3.5 Sonstiges Material (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.10.3.5.1)	Scale
tob113	112	4.10.3.5.1 Welches sonstige Material	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob114	113	4.11 Wände des Arbeitsplatzes	Scale
tob115	114	4.11.1 Der Untergrund der Wände besteht aus (Falls SONSTIGES zutreffend, dann weitere Angabe unter Frage 4.11.1.1 Ansonsten Frage 4.11.2)	Scale
tob116	115	4.11.1.1 Welcher sonstige Untergrund	Nominal
tob117	116	4.11.2 Welchen Wandbelag hat der Arbeitsraum	Scale
tob118	117	4.11.2.1 Tapete (Papier-, Kunststofftapete etc.) (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.1.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.2)	Scale
tob119	118	4.11.2.1.1 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob120	119	4.11.2.1.2 Tapete ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.1.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.2)	Scale
tob121	120	4.11.2.1.2.1 Tapete ist gestrichen mit ...	Scale
tob122	121	4.11.2.1.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Tapete gestrichen ist	Nominal
tob123	122	4.11.2.2 Holzverkleidung (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.3)	Scale
tob124	123	4.11.2.2.1 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob125	124	4.11.2.2.2 Holzverkleidung ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.2.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.3)	Scale
tob126	125	4.11.2.2.2.1 Holzverkleidung ist gestrichen mit ...	Scale
tob127	126	4.11.2.2.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Holzverkleidung gestrichen ist	Nominal
tob128	127	4.11.2.3 Spanplattenverkleidung (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.3.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.4)	Scale
tob129	128	4.11.2.3.1 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob130	129	4.11.2.3.2 Spanplattenverkleidung ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.3.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.4)	Scale
tob131	130	4.11.2.3.2.1 Spanplattenverkleidung ist gestrichen mit ...	Scale
tob132	131	4.11.2.3.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Spanplattenverkleidung gestrichen ist	Nominal
tob133	132	4.11.2.4 Sonstiger Belag z.B. Styropor etc. (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.4.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.5)	Scale
tob134	133	4.11.2.4.1 Geben Sie bitte an, um welchen Belag es sich dabei handelt	Nominal
tob135	134	4.11.2.4.2 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob136	135	4.11.2.4.3 Ist dieser Belag gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.4.3.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.5)	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob137	136	4.11.2.4.3.1 Geben Sie an, mit was dieser sonstige Belag gestrichen ist	Scale
tob138	137	4.11.2.5 Wand ist ohne Belag (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.5.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12)	Scale
tob139	138	4.11.2.5.1 Die Wand ist ohne Belag. Sie ist ...	Scale
tob140	139	4.11.2.5.1.1 Geben Sie bitte an, um was es sich dabei handelt	Nominal
tob141	140	4.12 Decke des Arbeitsplatzes	Scale
tob142	141	4.12.1 Der Untergrund der Decke besteht aus (Falls SONSTIGES zutreffend, dann weitere Angabe unter Frage 4.12.1.1 Ansonsten Frage 4.12.2)	Scale
tob143	142	4.12.1.1 Welcher sonstige Untergrund	Nominal
tob144	143	4.12.2 Welchen Deckenbelag hat der Arbeitsraum	Scale
tob145	144	4.12.2.1 Tapete (Papier-, Kunststofftapete etc.) (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.1.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.2)	Scale
tob146	145	4.12.2.1.1 Aus welchem Material besteht die Tapete	Nominal
tob147	146	4.12.2.1.2 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob148	147	4.12.2.1.3 Tapete ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.1.3.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.2)	Scale
tob149	148	4.12.2.1.3.1 Tapete ist gestrichen mit ...	Scale
tob150	149	4.12.2.1.3.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Tapete gestrichen ist	Scale
tob151	150	4.12.2.2 Holzverkleidung (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.3)	Scale
tob152	151	4.12.2.2.1 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob153	152	4.12.2.2.2 Holzverkleidung ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.2.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.3)	Scale
tob154	153	4.12.2.2.2.1 Holzverkleidung ist gestrichen mit ...	Scale
tob155	154	4.12.2.2.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Holzverkleidung gestrichen ist	Scale
tob156	155	4.12.2.3 Spanplattenverkleidung (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.3.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.4)	Scale
tob157	156	4.12.2.3.1 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob158	157	4.12.2.3.2 Spanplattenverkleidung ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.3.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.4)	Scale
tob159	158	4.12.2.3.2.1 Spanplattenverkleidung ist gestrichen mit ...	Scale
tob160	159	4.12.2.3.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Spanplattenverkleidung gestrichen ist	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob161	160	4.12.2.4 Sonstiger Belag z.B. Styropor etc. (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.4.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.5)	Scale
tob162	161	4.12.2.4.1 Geben Sie bitte an, um welchen Belag es sich dabei handelt	Nominal
tob163	162	4.12.2.4.2 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob164	163	4.12.2.4.3 Ist dieser Belag gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.4.3.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.12.2.5)	Scale
tob165	164	4.12.2.4.3.1 Geben Sie an, mit was dieser sonstige Belag gestrichen ist	Nominal
tob166	165	4.12.2.5 Wand ist ohne Belag (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.12.2.5.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.13)	Scale
tob167	166	4.12.2.5.1 Die Wand ist ohne Belag. Sie ist ...	Scale
tob168	167	4.12.2.5.1.1 Geben Sie bitte an, um was es sich dabei handelt	Nominal
tob169	168	4.12.2.5.2 Angabe der Quadratmetergrösse	Nominal
tob170	169	4.13 Fenster des Arbeitsplatzes	Scale
tob171	170	4.13.1 Bei den Fenstern handelt es sich um ...	Scale
tob172	171	4.13.1.1 Isolierverglasung (Wenn JA zutreffend, dann Angabe zu Frage 4.13.1.1.1)	Scale
tob173	172	4.13.1.1.1 Dies sind gut dichtende Fenster	Scale
tob174	173	4.13.1.2 Kasten-Doppelfenster (Wenn JA zutreffend, dann Angabe zu Frage 4.13.1.2.1)	Scale
tob175	174	4.13.1.2.1 Dies sind gut dichtende Fenster	Scale
tob176	175	4.13.1.3 Kasten-Doppelfenster (Wenn JA zutreffend, dann Angabe zu Frage 4.13.1.3.1)	Scale
tob177	176	4.13.1.3.1 Dies sind gut dichtende Fenster	Scale
tob178	177	4.13.1.4 Einfachfenster (Wenn JA zutreffend, dann Angabe zu Frage 4.13.1.4.1)	Scale
tob179	178	4.13.1.4.1 Dies sind gut dichtende Fenster	Scale
tob180	179	4.13.2 Spanplattenverkleidung ist gestrichen (Falls JA zutreffend, dann weiter mit Frage 4.11.2.3.2.1. Ansonsten weiter mit Frage 4.11.2.4)	Scale
tob181	180	4.13.2.1 Spanplattenverkleidung ist gestrichen mit ...	Scale
tob182	181	4.13.2.1.1 Geben Sie bitte an mit was die Spanplattenverkleidung gestrichen ist	Scale
tob183	182	4.13.3 Anzahl der Fenster am Arbeitsplatz	Nominal
tob184	183	4.14 Ist der Raum mit einer Klimaanlage ausgestattet?	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob185	184	4.14.1 Anzahl der durchschnittlich geöffneten Fenster	Nominal
tob186	185	4.14.2 Besteht die Möglichkeit zur/ zum Querlüftung/ Durchzug	Scale
tob187	186	4.14.3 Wie häufig wird am Arbeitsplatz gelüftet	Scale
tob188	187	4.14.4 Wie lange dauert dabei die einzelne Lüftungsperiode (Angabe in min)	Nominal
tob189	188	4.15 Angaben zu Kunstlichtquellen	Scale
tob190	189	4.15.1 Welche sonstige Art von Kunstlichtquellen	Nominal
tob191	190	4.16 Einrichtung des Arbeitsraumes	Scale
tob192	191	4.16.1 Kurzbeschreibung der Einrichtung im Arbeitsraum	Nominal
tob193	192	4.16.2 Aus welchem Material besteht die Einrichtung	Scale
tob194	193	4.16.2.1 Holz	Scale
tob195	194	4.16.2.2 Metall	Scale
tob196	195	4.16.2.3 Plastik/ Kunststoff	Scale
tob197	196	4.16.2.4 Glas	Scale
tob198	197	4.16.2.5 Leder	Scale
tob199	198	4.16.2.6 Sonstiges (Falls SONSTIGES zutreffend, dann weiter zu 4.16.2.6.1)	Scale
tob200	199	4.16.2.6.1 Aus welchem sonstigen Material besteht die Einrichtung	Nominal
tob201	200	4.17 Sonstige Einrichtungsgegenstände. Im Raum steht ...	Scale
tob202	201	4.17.1 eine mobile Klimaanlage	Scale
tob203	202	4.17.2 ein Raumluftheuchter	Scale
tob204	203	4.17.3 sonstiges (Falls SONSTIGES zutreffend, dann weiter zu 4.17.3.1)	Scale
tob205	204	4.17.3.1 Geben Sie bitte an, welche sonstigen Einrichtungsgegenstände im Raum stehen	Nominal
tob206	205	4.18 Raumpflanzen (Falls NEIN zutreffend, dann weiter zu 4.19. Ansonsten weiter zu Frage 4.18.1)	Scale
tob207	206	4.18.1 Welche Pflanzen stehen im Raum	Nominal
tob208	207	4.18.2 Die Pflanzen sind eingepflanzt in ...	Scale
tob209	208	4.18.2.1 Hydro	Scale
tob210	209	4.18.2.2 Erde	Scale
tob211	210	4.18.3 An den Pflanzen ist Schimmelbildung zu beobachten:	Scale
tob212	211	4.19 Auffälligkeiten im Raum	Nominal
tob213	212	4.20 Raumbelegung	Nominal
tob214	213	4.20.1 Wie viele Arbeitsplätze hat der Arbeitsraum	Nominal
tob215	214	4.20.2 Wie viele dieser Arbeitsplätze sind mit Mitarbeitern besetzt	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob216	215	4.20.3 Wie viele Personen macht der Publikumsverkehr pro 8 Stunden aus	Nominal
tob217	216	4.21 Angaben zur Reinigung	Scale
tob218	217	4.21.1 Reinigung der Möbel	Nominal
tob219	218	4.21.1.1 Wie werden die Möbel gereinigt	Scale
tob220	219	4.21.1.1.1 poliert	Scale
tob221	220	4.21.1.1.2 abgesaugt	Scale
tob222	221	4.21.1.1.3 feucht gewischt	Scale
tob223	222	4.21.1.1.4 trocken gewischt	Scale
tob224	223	4.21.1.1.5 sonstiges Reinigungsart(Falls SONSTIGE REINIGUNGSART zutreffend, dann weiter zu 4.21.1.1.5.1)	Scale
tob225	224	4.21.1.1.5.1 Welche sonstige Reinigungsart	Scale
tob226	225	4.21.1.1.6 gar nicht (Falls JA zutreffend, weiter mit Frage 4.21.2)	Scale
tob227	226	4.21.1.2 Werden dabei Reinigungsmittel genutzt	Scale
tob228	227	4.21.1.3 Welche Reinigungsmittel werden genutzt. Geben Sie bitte den Produktnamen an	Nominal
tob229	228	4.21.1.4 Wie ist der Reinigungsintervall der Möbel	Nominal
tob230	229	4.21.2 Reinigung des Fussbodens	Scale
tob231	230	4.21.2.1 Wie wird der Fußboden gereinigt	Scale
tob232	231	4.21.2.1.1 poliert	Scale
tob233	232	4.21.2.1.2 abgesaugt	Scale
tob234	233	4.21.2.1.3 feucht gewischt	Scale
tob235	234	4.21.2.1.4 trocken gewischt	Scale
tob236	235	4.21.2.1.5 chemische Reinigung	Nominal
tob237	236	4.21.2.1.6 sonstiges Reinigungsart (Falls SONSTIGE REINIGUNGSART zutreffend, dann weiter zu 4.21.1.1.5.1)	Scale
tob238	237	4.21.2.1.6.1 Welche sonstige Reinigungsart	Nominal
tob239	238	4.21.2.1.7 gar nicht (Falls JA zutreffend, weiter mit Frage 4.21.3)	Scale
tob240	239	4.21.2.2 Werden dabei Reinigungsmittel genutzt	Scale
tob241	240	4.21.2.3 Welche Reinigungsmittel werden genutzt. Geben Sie bitte den Produktnamen an	Nominal
tob242	241	4.21.2.4 Wie ist der Reinigungsintervall des Fußbodens	Nominal
tob243	242	4.21.3 Wann wird der Arbeitsraum gereinigt	Scale
tob244	243	4.21.3.1 Zu welchem sonstigen Zeitpunkt wird der Arbeitsraum gereinigt	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob245	244	4.21.4 Wer führt die Reinigung in der Regel durch	Nominal
tob246	245	4.22 Weiter Raumlufthaltstoffe	Scale
tob247	246	4.22.1 Chemische Raumsprays	Scale
tob248	247	4.22.1.1 Werden chemische Raumsprays genutzt	Scale
tob249	248	4.22.1.1.1 Welche chemischen Raumsprays werden genutzt (Produktname)	Nominal
tob250	249	4.23 Bürogeräte	Scale
tob251	250	4.23.1 Anzahl der Geräte mit Tonerverwendung	Nominal
tob252	251	4.23.1.1 Geben Sie bitte an, um welche Geräte es sich dabei handelt (Marke, Modell, Baujahr)	Nominal
tob253	252	4.23.1.2 Wo wurde dieses Gerät erworben?	Scale
tob254	253	4.23.1.3 Handelt es sich dabei?	Scale
tob255	254	4.23.1.4 Angaben zu Ausfallzeiten?	Scale
tob256	255	4.23.1.5 Zufriedenheit mit dem Gerät.	Scale
tob257	256	4.23.2 Druck-/ Kopiervorgänge	Nominal
tob258	257	4.23.2.1 Wie viele Kopien werden pro Tag im Durchschnitt gemacht	Nominal
tob259	258	4.23.2.2 Wie viele Kopien werden zu Spitzenzeiten angefertigt	Nominal
tob260	259	4.23.2.3 Welches Papier wird bei den Kopien benutzt. Geben Sie bitte die Marke und den Typ ???? an	Nominal
tob261	260	4.23.2.4 Wie viele Ausdrücke werden pro Tag im Durchschnitt gemacht	Nominal
tob262	261	4.23.2.5 Wie viele Ausdrücke werden zu Spitzenzeiten angefertigt	Nominal
tob263	262	4.23.2.6 Anzahl der Geräte ohne Tonerverwendung	Nominal
tob264	263	4.23.2.6.1 Geben Sie bitte an, um welche Geräte es sich dabei handelt (Marke, Modell, Baujahr)	Nominal
tob265	264	4.24 Wartung der Bürogeräte	Scale
tob266	265	4.24.1 Wartungsintervall	Nominal
tob267	266	4.24.2 Wer führt diese Wartung in der Regel durch??. (Wenn HAUSTECHNIK zutreffend, dann bitte weiter mit Frage 4.24.2.1. Ansonsten weiter mit 4.24.3)	Scale
tob268	267	4.24.2.1 Angaben zur Zufriedenheit mit dem technischen Service	Scale
tob269	268	4.24.3 Wer führt die Wechsel von Tonerpatronen durch?. (Wenn HAUSTECHNIK zutreffend, dann bitte weiter mit Frage 4.24.3.1. Ansonsten weiter mit 4.24.4)	Scale
tob270	269	4.24.3.1 Angaben zur Zufriedenheit mit dem technischen Service	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
tob271	270	4.24.4 Welche Tonerkartuschen wird benutzt	Scale
tob272	271	4.24.4.1 Original (Wenn JA zutreffend, dann weiter zu Frage 4.24.4.1.1)	Scale
tob273	272	4.24.4.1.1 Geben Sie bitte Markenname und Seriennummer an	Nominal
tob274	273	4.24.4.2 Alternativprodukt (Wenn JA zutreffend, dann weiter zu Frage 4.24.4.2.1)	Scale
tob275	274	4.24.4.2.1 Geben Sie bitte Markenname und Seriennummer an	Nominal
tob276	275	4.25 Haben Sie in letzter Zeit ein neues Bürogerät bekommen (Wenn Antwort NEIN, dann ENDE)	Scale
tob277	276	4.25.1 Geben Sie bitte Markenname und Seriennummer dieses Gerätes an	Nominal
tob278	277	4.25.2 Seit wann wird dieses neue Gerät verwendet (Angabe in Monaten bzw. Jahren)	Nominal
q01	278	Case source is_Ortsbeg_roh.sav	Scale
<b>MODUL 2</b>			
t2001	279	<none>	Ordinal
t2002	280	Nr 0.1	Nominal
t2003	281	Nr 0.2	Nominal
t2004	282	Nr 0.3	Ordinal
t2005	283	Nr 0.4	Nominal
t2006	284	1. Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre üblichen Schlafgewohnheiten. Bitte beantworten Sie die Fragen möglichst genau. Die Antworten sollen sich auf die Mehrzahl der Tage und Nächte während des letzten Monats beziehen. Bitte beantworten Sie alle Fr	Ordinal
t2007	285	1.1 Wann sind Sie während des letzten Monats gewöhnlich abends zu Bett gegangen?	Nominal
t2008	286	1.2 Wie lange hat es während des letzten Monats gewöhnlich gedauert bis Sie abends eingeschlafen sind?	Nominal
t2009	287	1.3 Wann sind Sie während des letzten Monats gewöhnlich morgens aufgestanden?	Nominal
t2010	288	1.4 Wie viele Stunden haben Sie während des letzten Monats pro Nacht tatsächlich geschlafen?	Nominal
t2011	289	1.5 Wie oft haben Sie während des letzten Monats schlecht geschlafen, weil...	Ordinal
t2012	290	1.5.1 ... Sie nicht innerhalb von 30 min einschlafen konnten?	Ordinal
t2013	291	1.5.2 ... Sie mitten in der Nacht oder früh morgens aufgewacht sind?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t2014	292	1.5.3 ... Sie aufstehen mussten, um zur Toilette zu gehen?	Ordinal
t2015	293	1.5.4 ... Sie Beschwerden beim Atmen hatten?	Ordinal
t2016	294	1.5.5 ... Sie Husten mussten oder laut geschnarcht haben?	Ordinal
t2017	295	1.5.6 ... Ihnen zu kalt war?	Ordinal
t2018	296	1.5.7 ... Ihnen zu warm war?	Ordinal
t2019	297	1.5.8 ... Sie schlecht geträumt hatten?	Ordinal
t2020	298	1.5.9 ... Sie Schmerzen hatten?	Ordinal
t2021	299	1.5.10 ... andere Gründe?	Nominal
t2022	300	1.6 Wie würden Sie insgesamt die Qualität Ihres Schlafes während des letzten Monats Wochen beurteilen?	Ordinal
t2023	301	1.7 Wie oft haben Sie während des letzten Monats Schlafmittel eingenommen (vom Arzt verschrieben oder frei verkäufliche)?	Ordinal
t2024	302	1.8 Wie oft hatten Sie während des letzten Monats Schwierigkeiten, wach zu bleiben, etwa beim Autofahren, beim Essen oder bei gesellschaftlichen Anlässen?	Ordinal
t2025	303	1.9 Hatten Sie während des letzten Monats Probleme, mit genügend Schwung die üblichen Alltagsaufgaben zu erledigen?	Ordinal
t2026	304	1.10 Schlafen Sie alleine im Zimmer?	Ordinal
t2027	305	1.11 Falls Sie einen Mitbewohner oder Partner haben, fragen Sie sie / ihn bitte, ob und wie oft er / sie bei Ihnen folgendes bemerkt hat:	Ordinal
t2028	306	1.11.1 Lautes Schnarchen	Ordinal
t2029	307	1.11.2 Lange Atempausen während des Schlafes	Ordinal
t2030	308	1.11.3 Zucken oder ruckartige Bewegungen der Beine während des Schlafes	Ordinal
t2031	309	1.11.4 nächtliche Phasen der Verwirrung oder Desorientierung während des Schlafes	Ordinal
t2032	310	1.11.5 Andere Formen der Unruhe während des Schlafes (bitte beschreiben)	Ordinal
SOMS			
t2033	311	2. Anleitung: Im Folgenden finden Sie eine Liste von körperliche Beschwerden. Bitte geben Sie an, ob Sie im Laufe der vergangenen 2 Jahre unter diesen Beschwerden über kürzere oder längere Zeit gelitten haben oder im Leiden. Geben Sie nur solche Beschwerd	Ordinal
anleit	312	2.1 Haben Sie die Anleitung gelesen ?	Ordinal
sex	313	2.2 Geschlecht	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t2036	314	2.3 -->	Ordinal
soms01	315	1 Kopf-/ Gesichtsschmerzen	Ordinal
soms02	316	2 Bauch-/ Magenschmerzen	Ordinal
soms03	317	3 Rückenschmerzen	Ordinal
soms04	318	4 Gelenkschmerzen	Ordinal
soms05	319	5 Schmerzen in Armen/ Beinen	Ordinal
soms06	320	6 Brustschmerzen	Ordinal
soms07	321	7 Schmerzen im Enddarm	Ordinal
soms08	322	8 Schmerzen beim Geschlechtsv.	Ordinal
soms09	323	9 Schmerzen beim Wasserl.	Ordinal
soms10	324	10 Übelkeit	Ordinal
soms11	325	11 Völlegefühl	Ordinal
soms12	326	12 Druckgefühl, Kribbeln, Unruhe im Bauch	Ordinal
soms13	327	13 Erbrechen	Ordinal
soms14	328	14 Verm. Aufstoßen	Ordinal
soms15	329	15 Schluckauf oder Brennen in Brust oder Magen	Ordinal
soms16	330	16 Speisunenverträglichkeit	Ordinal
soms17	331	17 Appetitverlust	Ordinal
soms18	332	18 Schlechter Geschmack im Mund	Ordinal
soms19	333	19 Mundtrockenheit	Ordinal
soms20	334	20 Häufiger Durchfall	Ordinal
soms21	335	21 Flüssigkeitsaustritt aus dem Darm	Ordinal
soms22	336	22 Häufiges Wasserlassen	Ordinal
soms23	337	23 Häufiger Stuhldrang	Ordinal
soms24	338	24 Herzrasen oder Herzstolpern	Ordinal
soms25	339	25 Druckgefühl in der Herzgegend	Ordinal
soms26	340	26 Schweißausbrüche	Ordinal
soms27	341	27 Hitzewallungen oder Erröten	Ordinal
soms28	342	28 Atemnot	Ordinal
soms29	343	29 Übermäßig schnelles Ein- und Ausatmen	Ordinal
soms30	344	30 außergewöhnliche Müdigkeit bei leichter Anstr.	Ordinal
soms31	345	31 Flecken oder Farbänderungen der Haut	Ordinal
soms32	346	32 Sexuelle Gleichgültigkeit	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
soms33	347	33 Unangenehme Empfindungen am Genitalbereich	Ordinal
soms34	348	34 Koordinations- oder Gleichgewichtsstörungen	Ordinal
soms35	349	35 Lähmung oder Muskelschwäche	Ordinal
soms36	350	36 Schwierigkeit beim Schlucken oder Kloßgefühl	Ordinal
soms37	351	37 Flüsterstimme oder Stimmverlust	Ordinal
soms38	352	38 Harnverhaltung	Ordinal
soms39	353	39 Sinnestäuschung	Ordinal
soms40	354	40 Verlust von Berührungs- oder Schmerzempf.	Ordinal
soms41	355	41 Unangenehme Kribbelempfindungen	Ordinal
soms42	356	42 Sehen von Doppelbildern	Ordinal
soms43	357	43 Blindheit	Ordinal
soms44	358	44 Verlust des Hörvermögens	Ordinal
soms45	359	45 Krampfanfälle	Ordinal
soms46	360	46 Gedächtnisverlust	Ordinal
soms47	361	47 Bewußtlosigkeit	Ordinal
t2084	362	2.3.48 Wurde eine der Beschwerdefragen mit 'Ja' beantwortet?	Ordinal
soms48	363	48 Schmerzhaftes Regelblutungen	Ordinal
soms49	364	49 Unregelmäßige R.	Ordinal
soms50	365	50 Übermäßige R.	Ordinal
soms51	366	51 Erbrechen während ges. Schwangerschaft	Ordinal
soms52	367	52 Ungewönl. starker Ausfluß	Ordinal
soms53	368	53 Impotenz oder Störungen der Ejakulation	Ordinal
soms54	369	54 Wie oft beim Arzt	Ordinal
soms55	370	55 Ärztliche Ursache	Ordinal
soms56	371	56 Akzeptanz	Ordinal
soms57	372	57 Beeinträchtigung des Wohlbefindens stark	Ordinal
soms58	373	58 Beeinträchtigung Alltagsleben	Ordinal
soms59	374	59 Medikamente	Ordinal
soms60	375	60 Panikattacken	Ordinal
soms61	376	61 Beschwerden bei Panikattacken?	Ordinal
soms62	377	62 Beginn vor 30. Lj.	Ordinal
soms63	378	63 Beschwerdedauer	Ordinal
soms64	379	64 Angst/ Überzeugung, schwer erkrankt zu sein	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
soms65	380	65 Dauer dieser Überzeugung > 6 Mon.	Ordinal
soms66	381	66 Schmerzen, die stark beschäftigen	Ordinal
soms67	382	67 Problem seit mind 6 Mon.	Ordinal
soms68	383	68 Körperteile nach eigenem Empfinden mißgestaltet	Ordinal
SF-36			
t2106	384	3. Zum Gesundheitszustand	Ordinal
ghp1	385	SF-36 1	Ordinal
hchange1	386	SF-36 2 -FEHLT!!!!	Ordinal
pfi01	387	SF-36 3a	Ordinal
pfi02	388	SF-36 3b	Ordinal
pfi03	389	SF-36 3c	Ordinal
pfi04	390	SF-36 3d	Ordinal
pfi05	391	SF-36 3e	Ordinal
pfi06	392	SF-36 3f	Ordinal
pfi07	393	SF-36 3g	Ordinal
pfi08	394	SF-36 3h	Ordinal
pfi09	395	SF-36 3i	Ordinal
pfi10	396	SF-36 3j	Ordinal
t2119	397	3.3 Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ordinal
rolph1	398	SF-36 4a	Ordinal
rolph2	399	SF-36 4b	Ordinal
rolph3	400	SF-36 4c	Ordinal
rolph4	401	SF-36 4d	Ordinal
t2124	402	3.4 Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ordinal
rolem1	403	SF-36 5a	Ordinal
rolem2	404	SF-36 5b	Ordinal
rolem3	405	SF-36 5c	Ordinal
soc1	406	SF-36 6	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
pain1	407	SF-36 7	Ordinal
pain2	408	SF-36 8	Ordinal
t2131	409	< none >	Ordinal
vital1	410	SF-36 9a	Ordinal
mhi1	411	SF-36 9b	Ordinal
mhi2	412	SF-36 9c	Ordinal
mhi3	413	SF-36 9d	Ordinal
vital2	414	SF-36 9e	Ordinal
mhi4	415	SF-36 9f	Ordinal
vital3	416	SF-36 9g	Ordinal
mhi5	417	SF-36 9h	Ordinal
vital4	418	SF-36 9i	Ordinal
soc2	419	SF-36 10	Ordinal
t2142	420	3.10 Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen zu?	Ordinal
ghp2	421	SF-36 11a	Ordinal
ghp3	422	SF-36 11b	Ordinal
ghp4	423	SF-36 11c	Ordinal
ghp5	424	SF-36 11d	Ordinal
<b>UMWELTBESORGNIS</b>			
t2147	425	4. Im Folgenden finden eine Reihe von Feststellungen, in denen verschiedene Einstellungen zur Umwelt beschrieben werden. Lesen Sie bitte jeden Satz und überprüfen Sie, ob diese Aussage für Sie zutrifft. Wählen Sie bitte die Antwortstufe aus, die Ihrer Mei	Ordinal
t2148	426	4.1 Mich regt es auf, wenn ich an all die Schadstoffe um mich herum denke.	Ordinal
t2149	427	4.2 Ich denke oft darüber nach, dass ich Schadstoffe in meinen Körper aufnehme.	Ordinal
t2150	428	4.3 Ich mache mir Sorgen, dass Umweltgifte meine geistigen Fähigkeiten beeinträchtigen.	Ordinal
t2151	429	4.4 Ich frage mich, ob in meiner Wohnung oder in meinem Haus Asbest oder andere gesundheitsgefährdende Stoffe verwendet wurden.	Ordinal
t2152	430	4.5 Es macht mir Angst, wenn ich daran denke, wie überall Giftmüll gelagert wird.	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t2153	431	4.6 Ich befürchte, dass es in absehbarer Zeit zu einem schweren Atomreaktorunfall kommen könnte.	Ordinal
t2154	432	4.7 Ein schlechtes Gedächtnis könnte auch von zu viel Chemikalien in unserer Umwelt herrühren.	Ordinal
t2155	433	4.8 Die meisten Chemikalien führen bei längerer Berührung mit dem Organismus zu schweren Erkrankungen.	Ordinal
t2156	434	4.9 Menschen, die viel mit Chemikalien zu tun haben, sind einem erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt.	Ordinal
t2157	435	4.10 Wenn ich daran denke, wie belastet unsere Nahrung ist, verliere ich den Appetit.	Ordinal
t2158	436	4.11 Ich fürchte, mein Organismus ist bereits durch gefährliche Umweltstoffe geschädigt.	Ordinal
t2159	437	4.12 Wenn ich verreise, überlege ich mir vorher, wo ich am wenigsten den Schadstoffen im Wasser oder in der Luft ausgesetzt bin.	Ordinal
t2160	438	4.13 Je mehr Informationen ich über die Umweltbelastungen bekomme, desto unsicherer fühle ich mich.	Ordinal
t2161	439	4.14 Unsere Nachkommen werden für die Folgen der Umweltbelastung büßen müssen.	Ordinal
t2162	440	4.15 Ich habe Angst vor der Zukunft, wenn ich an unsere Umwelt denke.	Ordinal
t2163	441	4.16 Die Menschen haben die Kontrolle über die Auswirkungen der Technik auf die Umwelt verloren.	Ordinal
t2164	442	4.17 Ich habe Angst, dass durch das Ozonloch und die Ultraviolette (UV) Strahlung der ungeschützte Aufenthalt in der Sonne bald nicht mehr ohne gesundheitliche Folgen möglich sein wird.	Ordinal
t2165	443	4.18 Ich denke oft darüber nach, dass ich elektromagnetische Felder mit meinen Sinnen (Körper) nicht wahrnehmen kann.	Ordinal
t2166	444	4.19 Ich mache mir Sorgen, dass mich elektromagnetische Felder in meiner Leistungsfähigkeit und Vitalität beeinträchtigen.	Ordinal
t2167	445	4.20 Ich frage mich, ob ich in meiner Wohnung oder in meinem Haus einer gesundheitsgefährdenden Strahlungsmenge ausgesetzt bin.	Ordinal
t2168	446	4.21 Ein schlechtes Gedächtnis könnte auch von zu viel 'Elektrostress' in unserer Umwelt herrühren.	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t2169	447	4.22 Wenn ich daran denke, dass die Elektrosmogintensität immer mehr zunimmt, werde ich wütend.	Ordinal
t2170	448	4.23 Wenn ich verreise, überlege ich mir vorher, wo mein natürliches Gleichgewicht am wenigsten durch künstlich erzeugte elektromagnetische Felder beeinträchtigt wird.	Ordinal
t2171	449	4.24 Unsere Nachkommen werden unter unserem leichtfertigen Umgang mit künstlichen Umweltbelastungen leiden müssen.	Ordinal
t2172	450	4.25 Menschen, die viel mit Elektrizität zu tun haben oder an Hochspannungsleitungen arbeiten, haben ein erhöhtes Krankheitsrisiko.	Ordinal
t2173	451	4.26 Schlafstörungen können auch durch elektromagnetische Felder verursacht sein.	Ordinal
t2174	452	4.27 Die meisten Elektrogeräte können bei regelmäßiger Benutzung im Organismus zu schweren Erkrankungen führen.	Ordinal
t2175	453	4.28 Die Abgase der chemischen Industrie haben die vielen Allergien erzeugt, jetzt bleibt abzuwarten, welche Folgen die Zunahme der Elektrosmogbelastung hat.	Ordinal
t2176	454	4.29 Mobiltelefone (Handys) führen zu einem erhöhten Risiko für den Benutzer, an einem Gehirntumor zu erkranken.	Ordinal
t2177	455	4.30 Die dauernde Lärmbelästigung durch unsere Zivilisationsgesellschaft hat bestimmt große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.	Ordinal
t2178	456	4.31 Lärm kann starke Auswirkungen auf zwischenmenschliche Beziehungen haben.	Ordinal
t2179	457	4.32 Wenn belästigende Gerüche in meinem Wohngebiet auftreten, mache ich mir Sorgen um meine Gesundheit.	Ordinal
t2180	458	4.33 Belästigende Gerüche im Wohngebiet beeinträchtigen nachbarschaftliche und private Aktivitäten.	Ordinal
t2181	459	5. Belästigung	Ordinal
t2182	460	5.1 Würden Sie sich in Bezug auf Umwelteinflüsse als empfindlich bezeichnen?	Ordinal
t2183	461	5.2 Würden Sie sich als elektrosensibel bezeichnen?	Ordinal
t2184	462	5.3 Wurde Ihnen jemals von einem Arzt gesagt, dass Sie eine Umweltkrankheit haben?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t2185	463	5.4 Wurde Ihnen jemals vom Arzt gesagt, dass Sie MCS (Multiple Chemical Sensitivity) haben?	Ordinal
t2186	464	5.5 Nehmen Sie an, dass Sie eine Allergie haben oder dass Sie ungewöhnlich empfindlich gegenüber Alltagschemikalien sind, wie sie in Haushaltsreinigungsmitteln, Farben, Seifen, Pflanzenschutzmitteln oder ähnlichen Dingen vorkommen?	Ordinal
t2187	465	5.6 Sind Sie gegenüber einer bestimmten Chemikalie, einem bestimmten Chemikaliertyp, einigen unterschiedlichen Chemikalien oder vielen verschiedenen Chemikalien ungewöhnlich empfindlich?	Ordinal
t2188	466	5.7 Wie stark fühlen Sie sich gestört oder belastigt? Bitte stufen Sie die Belästigung anhand der Skala ein.	Ordinal
t2189	467	5.7.1 Belästigung durch Gerüche:	Ordinal
t2190	468	5.7.2 Belästigung durch Verkehrslärm:	Ordinal
t2191	469	5.7.3 Belästigung durch Fluglärm:	Ordinal
t2192	470	6. Kreuzen Sie bitte bei jeder der Feststellungen auf den folgenden Seiten jeweils jene Zahl an, die am ehesten Ihrer Zufriedenheit in Bezug auf die betreffende Feststellung entspricht	Ordinal
<b>LEBENSZUFRIEDENHEIT</b>			
t2193	471	6.1 GESUNDHEIT	Ordinal
flz01	472	6.1.1 Mit meinem körperlichen Gesundheitszustand bin ich...	Ordinal
flz02	473	6.1.2 Mit meiner seelischen Verfassung bin ich...	Ordinal
flz03	474	6.1.3 Mit meiner körperlichen Verfassung bin ich...	Ordinal
flz04	475	6.1.4 Mit meiner geistigen Leistungsfähigkeit bin ich...	Ordinal
flz05	476	6.1.5 Mit meiner Widerstandskraft gegen Krankheit bin ich...	Ordinal
flz06	477	6.1.6 Wenn ich daran denke, wie häufig ich Schmerzen habe, dann bin ich...	Ordinal
flz07	478	6.1.7 Wenn ich daran denke, wie oft ich bisher krank gewesen bin, dann bin ich...	Ordinal
t2201	479	6.2 ARBEIT UND BERUF (Personen im Ruhestand: bitte ehemaligen Beruf bewerten)	Ordinal
flz08	480	6.2.1 Mit der Position an meiner Arbeitsstelle bin ich...	Ordinal
flz09	481	6.2.2 Wenn ich daran denke, wie sicher mir meine berufliche Zukunft ist, dann bin ich...	Ordinal
flz10	482	6.2.3 Mit den Erfolgen, die ich in meinem Beruf habe, bin ich...	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
flz11	483	6.2.4 Mit den Aufstiegsmöglichkeiten, die ich an meinem Arbeitsplatz habe, bin ich...	Ordinal
flz12	484	6.2.5 Mit dem Betriebsklima an meinem Arbeitsplatz bin ich...	Ordinal
flz13	485	6.2.6 Was das Ausmaß meiner beruflichen Anforderungen und Belastungen betrifft, bin ich...	Ordinal
flz14	486	6.2.7 Mit der Abwechslung, die mir mein Beruf bietet, bin ich...	Ordinal
t2209	487	6.3 FINANZIELLE LAGE	Ordinal
flz15	488	6.3.1 Mit meinem Einkommen/Lohn bin ich...	Ordinal
flz16	489	6.3.2 Mit dem, was ich besitze bin ich...	Ordinal
flz17	490	6.3.3 Mit meinem Lebensstandard bin ich...	Ordinal
flz18	491	6.3.4 Mit der Sicherung meiner wirtschaftlichen Existenz bin ich...	Ordinal
flz19	492	6.3.5 Mit meinen zukünftigen Verdienstmöglichkeiten bin ich...	Ordinal
flz20	493	6.3.6 Mit den Möglichkeiten, die ich meiner Familie aufgrund meiner finanziellen Lage bieten kann, bin ich...	Ordinal
flz21	494	6.3.7 Mit meiner voraussichtlichen (finanziellen) Alterssicherung bin ich...	Ordinal
t2217	495	6.4 FREIZEIT	Ordinal
flz22	496	6.4.1 Mit der Länge meines Jahresurlaubs bin ich...	Ordinal
flz23	497	6.4.2 Mit der Länge meines Feierabends und meiner Wochenenden bin ich...	Ordinal
flz24	498	6.4.3 Mit dem Erholungswert meines Jahresurlaubs bin ich...	Ordinal
flz25	499	6.4.4 Mit dem Erholungswert meiner Feierabende und meiner Wochenenden bin ich...	Ordinal
flz26	500	6.4.5 Mit der Mengen der Zeit, die ich für meine Hobbies zur Verfügung habe, bin ich...	Ordinal
flz27	501	6.4.6 Mit der Zeit, die ich den mir nahestehenden Personen widmen kann, bin ich...	Ordinal
flz28	502	6.4.7 Mit der Abwechslung in meiner Freizeit bin ich...	Ordinal
t2225	503	6.5 EHE UND PARTNERSCHAFT (Bitte nur ausfüllen, wenn Sie eine(n) feste(n) Partner(in) haben)	Ordinal
flz29	504	6.5.1 Mit den Anforderungen, die meine Ehe/Partnerschaft an mich stellt, bin ich...	Ordinal
flz30	505	6.5.2 Mit unseren gemeinsamen Unternehmungen bin ich...	Ordinal
flz31	506	6.5.3 Mit der Ehrlichkeit und Offenheit meines/meiner (Ehe-) Partners/Partnerin bin ich...	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
flz32	507	6.5.4 Mit der Zärtlichkeit und Zuwendung, die mir mein(e) (Ehe-) Partner(in) gibt, bin ich...	Ordinal
flz33	508	6.5.5 Mit der Geborgenheit, die mir mein(e) (Ehe-) Partner(in) entgegenbringt, bin ich...	Ordinal
flz34	509	6.5.6 Mit der Hilfsbereitschaft, die mir mein(e) (Ehe-) Partner(in) entgegenbringt, bin ich...	Ordinal
flz35	510	6.5.7 Mit dem Verständnis, das mir mein(e) (Ehe-) Partner(in) entgegenbringt, bin ich...	Ordinal
t2233	511	6.6 BEZIEHUNG ZU DEN EIGENEN KINDERN (Nur dann ausfüllen, wenn sie eigene Kinder haben)	Ordinal
flz36	512	6.6.1 Wenn ich daran denke, wie meine Kinder und ich miteinander auskommen, bin ich...	Ordinal
flz37	513	6.6.2 Wenn ich an das schulische und berufliche Fortkommen meiner Kinder denke, bin ich...	Ordinal
flz38	514	6.6.3 Wenn ich daran denke, wie viel Freude ich mit meinen Kindern habe, bin ich...	Ordinal
flz39	515	6.6.4 Wenn ich an die Mühen und Kosten denke, die mich meine Kinder gekostet haben, bin ich...	Ordinal
flz40	516	6.6.5 Mit dem Einfluss, den ich auf meine Kinder habe bin ich...	Ordinal
flz41	517	6.6.6 Mit der Anerkennung, die mir meine Kinder entgegenbringen, bin ich...	Ordinal
flz42	518	6.6.7 Mit den gemeinsamen Unternehmungen bin ich...	Ordinal
t2241	519	6.7 EIGENE PERSON	Ordinal
flz43	520	6.7.1 Mit meinen Fähigkeiten und Fertigkeiten bin ich...	Ordinal
flz44	521	6.7.2 Mit der Art, wie ich mein Leben bisher gelebt habe, bin ich...	Ordinal
flz45	522	6.7.3 Mit meiner äußeren Erscheinung bin ich...	Ordinal
flz46	523	6.7.4 Mit meinem Selbstvertrauen und meiner Selbstsicherheit bin ich...	Ordinal
flz47	524	6.7.5 Mit meiner charakterlichen Eigenart/meinem Wesen bin ich...	Ordinal
flz48	525	6.7.6 Mit meiner Vitalität (d.h. Lebensfreude und Lebenskraft)bin ich...	Ordinal
flz49	526	6.7.7 Wenn ich daran denke, wie ich mit anderen Menschen auskomme, bin ich...	Ordinal
t2249	527	6.8 SEXUALITÄT	Ordinal
flz50	528	6.8.1 Mit meiner körperlichen Attraktivität bin ich...	Ordinal
flz51	529	6.8.2 Mit meiner sexuellen Leistungsfähigkeit bin ich...	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
flz52	530	6.8.3 Mit der Häufigkeit meiner sexuellen Kontakte bin ich...	Ordinal
flz53	531	6.8.4 Mit der Häufigkeit, mit der mein(e) (Ehe-) Partner(in) sich mir körperlich zuwendet (streichelt, berührt) bin ich...	Ordinal
flz54	532	6.8.5 Mit meinen sexuellen Reaktionen bin ich...	Ordinal
flz55	533	6.8.6 Wenn ich daran denke, wie unbefangen ich über den sexuellen Bereich spreche kann, bin ich...	Ordinal
flz56	534	6.8.7 Wenn ich daran denke, inwiefern mein Partner und ich in der Sexualität harmonieren, bin ich...	Ordinal
t2257	535	6.9 FREUNDE, BEKANNTE UND VERWANDTE	Ordinal
flz57	536	6.9.1 Wenn ich an meinen Freundes- und Bekanntenkreis denke, bin ich...	Ordinal
flz58	537	6.9.2 Mit dem Kontakt zu meinen Verwandten bin ich...	Ordinal
flz59	538	6.9.3 Mit dem Kontakt zu meinen Nachbarn bin ich...	Ordinal
flz60	539	6.9.4 Mit der Hilfe und Unterstützung durch Freunde und Bekannte bin ich...	Ordinal
flz61	540	6.9.5 Mit meinen Außen- und gemeinschaftlichen Aktivitäten (Verein,Kirche, etc.) bin ich...	Ordinal
flz62	541	6.9.6 Mit meinem gesellschaftlichen Engagement bin ich...	Ordinal
flz63	542	6.9.7 Wenn ich daran denke, wie oft ich unter die Leute komme, bin ich...	Ordinal
t2265	543	6.10 WOHNUNG	Ordinal
flz64	544	6.10.1 Mit der Größe meiner Wohnung bin ich...	Ordinal
flz65	545	6.10.2 Mit dem Zustand meiner Wohnung bin ich...	Ordinal
flz66	546	6.10.3 Mit den Ausgaben (Miete bzw. Abzahlung) für meine Wohnung bin ich...	Ordinal
flz67	547	6.10.4 Mit der Lage meiner Wohnung bin ich...	Ordinal
flz68	548	6.10.5 Wenn ich an den Grad der Lärmbelästigung denke, bin ich mit meiner Wohnung ...	Ordinal
flz69	549	6.10.6 Mit der Anbindung an Verkehrsmittel bin ich...	Ordinal
flz70	550	6.10.7 Mit dem Standard meiner Wohnung bin ich...	Ordinal
t2tclose	551	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Ordinal
t2tend	552	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Nominal
t2tstart	553	VERWALTUNGSVARIABLE ARXEPI	Nominal
<b>BERECHNETE INDIIZES MODUL 2</b>			
indwei	554	Gesamtbeschwerdeindex Frauen (SOMS)	Scale
indmae	555	Gesamtbeschwerdeindex Maenner (SOMS)	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
soms4_5	556	IF (soms04 = 1   soms05 = 1) soms4_5 = 1 (COMPUTE)	Scale
som13_14	557	IF (soms13 = 1   soms14 = 1) som13_14 = 1 (COMPUTE)	Scale
som20_21	558	< none >	Scale
som92239	559	< none >	Scale
som40_41	560	< none >	Scale
addicd10	561	< none >	Scale
somicd10	562	< none >	Scale
som6_25	563	< none >	Scale
som28_29	564	< none >	Scale
sadicd10	565	SAD Index ICD 10	Scale
sad	566	Somatoforme autonome Funktionsstoerung	Scale
adddsm4	567	Summenindex DSM IV	Scale
somdsm4	568	Somatisierungsstoerung DSM IV	Scale
pssindex	569	Polysymptomatic Somatization Index	Scale
pssdiso	570	Polysymptomatic Disorder	Scale
pfi	571	SF-36 Koerperl. Funktionsf. (0-100)	Scale
rolph	572	SF-36 Koerperl. Rollenfunktion (0-100)	Scale
pain	573	SF-36 Koerperliche Schmerzen (0-100)	Scale
ghp	574	SF-36 Allg. Gesundheitswahrnehmung (0-100)	Scale
vital	575	SF-36 Vitalitaet (0-100)	Scale
social	576	SF-36 Soziale Funktionsf. (0-100)	Scale
rolem	577	SF-36 Emotionale Rollenfunkt. (0-100)	Scale
mhi	578	SF-36 Psychisches Wohlbefinden(0-100)	Scale
rawhtran	579	ROH SF-36 Gesundheitsveraenderung	Scale
pf_z	580	< none >	Scale
rp_z	581	< none >	Scale
bp_z	582	< none >	Scale
gh_z	583	< none >	Scale
vt_z	584	< none >	Scale
sf_z	585	< none >	Scale
re_z	586	< none >	Scale
mh_z	587	< none >	Scale
kroh	588	< none >	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
proh	589	<none>	Scale
q03	590	Case source is_t2_Toner_Modul2_work.sav	Scale
<b>FRAGEBOGEN MODUL 1 (SELBSTBERICHTETE GESUNDHEIT, TONERBEZUG ETC.)</b>			
t1001	591	0.	Ordinal
t1002	592	1. Heutiges Datum (TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1003	593	2. Uhrzeit:	Nominal
t1004	594	3. Heutiger Arbeitsbeginn (Uhrzeit):	Nominal
t1005	595	4. Beruf:	Nominal
t1006	596	5. Beschäftigung (Büroarbeit, hauptsächlich Außendienst usw.):	Nominal
t1007	597	6. Wie viele Stunden verbringen Sie ungefähr durchschnittlich pro Arbeitstag mit Bildschirmarbeit:	Nominal
t1008	598	7. Sind Sie momentan erkältet?	Ordinal
t1009	599	8. Sind Sie Raucher/ -in?	Ordinal
t1010	600	9. Seit wieviel Jahren arbeiten Sie in diesem Gebäude?	Nominal
t1011	601	10. Seit wieviel Jahren arbeiten Sie in diesem Raum?	Nominal
t1012	602	11. In welcher Etage befindet sich Ihr Büro?	Nominal
t1013	603	12. Raumnummer (Angabe freiwillig):	Scale
t1014	604	13. Im Großen und Ganzen fühle ich mich in diesem Gebäude wohl.	Ordinal
t1015	605	14. Wenn ich mich an meinem Arbeitsplatz befinde, stört mich auf die Dauer auch der leiseste Luftzug.	Ordinal
t1016	606	14.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1017	607	15. Abgesehen von den Arbeitspausen habe ich auch während der Arbeit das Bedürfnis, Kaffee oder Tee zu trinken.	Ordinal
t1018	608	15.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1019	609	16. Wenn ich das Gebäude nach der Arbeit verlasse, fühle ich mich noch eine Weile benommen.	Ordinal
t1020	610	16.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1021	611	17. Wenn ich von der Arbeit heimkomme, habe ich das Bedürfnis, mich hinzulegen.	Ordinal
t1022	612	17.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1023	613	18. Wenn ich gut erholt (nach dem Urlaub oder Wochenende) an meinen Arbeitsplatz zurückkehre, läßt meine volle Leistungsfähigkeit bereits nach wenigen Stunden wieder nach.	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1024	614	18.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1025	615	19. Meine Kollegen klagen über Störungen des Wohlbefindens am Arbeitsplatz.	Ordinal
t1026	616	19.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1027	617	20. Ich fühle mich jetzt:	Ordinal
t1028	618	20.1 unkonzentriert \% konzentriert	Ordinal
t1029	619	20.2 nervös \% ausgeglichen	Ordinal
t1030	620	20.3 müde \% frisch	Ordinal
t1031	621	20.4 deprimiert \% gut gelaunt	Ordinal
t1032	622	20.5 gereizt \% friedlich	Ordinal
t1033	623	20.6 benommen \% klar	Ordinal
t1034	624	21. Die Luft an meinem Arbeitsplatz empfinde ich jetzt als:	Ordinal
t1035	625	21.1 zu kalt \% zu warm	Ordinal
t1036	626	21.2 zu trocken \% zu feucht	Ordinal
t1037	627	21.3 zu zugig \% zu unbewegt	Ordinal
t1038	628	21.4 verbraucht \% frisch	Ordinal
t1039	629	21.5 geruchsbelastet \% geruchsneutral	Ordinal
t1040	630	21.6 unbehaglich \% behaglich	Ordinal
t1041	631	22. Leerzeile	Ordinal
t1042	632	23. Konzentrationsschwäche	Ordinal
t1043	633	23.1 Konzentrationsschwäche - Arb_gen	Ordinal
t1044	634	23.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1045	635	23.3 Konzentrationsschwäche - TonBez	Ordinal
t1046	636	23.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1047	637	24. Energielosigkeit oder Müdigkeit	Ordinal
t1048	638	24.1 Energielosigkeit oder Müdigkeit - Arb_gen	Ordinal
t1049	639	24.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1050	640	24.3 Energielosigkeit oder Müdigkeit - TonBez	Ordinal
t1051	641	24.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1052	642	25. Benommenheit	Ordinal
t1053	643	25.1 Benommenheit - Arb_gen	Ordinal
t1054	644	25.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1055	645	25.3 Benommenheit - TonBez	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1056	646	25.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1057	647	26. Reizbarkeit	Ordinal
t1058	648	26.1 Reizbarkeit - Arb_gen	Ordinal
t1059	649	26.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1060	650	26.3 Reizbarkeit - TonBez	Ordinal
t1061	651	26.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1062	652	27. Kopfschmerzen	Ordinal
t1063	653	27.1 Kopfschmerzen - Arb_gen	Ordinal
t1064	654	27.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1065	655	27.3 Kopfschmerzen - TonBez	Ordinal
t1066	656	27.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1067	657	28. Schwindel oder Kreislaufschwäche	Ordinal
t1068	658	28.1 Schwindel oder Kreislaufschwäche - Arb_gen	Ordinal
t1069	659	28.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1070	660	28.3 Schwindel oder Kreislaufschwäche - TonBez	Ordinal
t1071	661	28.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1072	662	29. Magenkrämpfe	Ordinal
t1073	663	29.1 Magenkrämpfe - Arb_gen	Ordinal
t1074	664	29.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1075	665	29.3 Magenkrämpfe - TonBez	Ordinal
t1076	666	29.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1077	667	30. Luftnot	Ordinal
t1078	668	30.1 Luftnot - Arb_gen	Ordinal
t1079	669	30.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1080	670	30.3 Luftnot - TonBez	Ordinal
t1081	671	30.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1082	672	31. Enge im Brustkorb oder Giemen	Ordinal
t1083	673	31.1 Enge im Brustkorb oder Giemen - Arb_gen	Ordinal
t1084	674	31.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1085	675	31.3 Enge im Brustkorb oder Giemen - TonBez	Ordinal
t1086	676	31.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1087	677	32. Übelkeit	Ordinal
t1088	678	32.1 Übelkeit - Arb_gen	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
schwuebel	679	Schwindel od. Uebelkeit (28_u_32) - Arb_gen	Scale
t1089	680	32.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1090	681	32.3 Übelkeit - TonBez	Ordinal
schwuebel2	682	Schwindel od. Uebelkeit (28_u_32) - TonBez	Scale
t1091	683	32.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Ordinal
t1092	684	33. rheumatische Beschwerden	Ordinal
t1093	685	33.1 rheumatische Beschwerden - Arb_gen	Ordinal
t1094	686	33.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1095	687	33.3 rheumatische Beschwerden - TonBez	Ordinal
t1096	688	33.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1097	689	34. Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe	Ordinal
t1098	690	34.1 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - Arb_gen	Ordinal
t1099	691	34.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1100	692	34.3 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - TonBez	Ordinal
t1101	693	34.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1102	694	35. Krankheits- oder Grippegefühl	Ordinal
t1103	695	35.1 Krankheits- oder Grippegefühl - Arb_gen	Ordinal
t1104	696	35.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1105	697	35.3 Krankheits- oder Grippegefühl - TonBez	Ordinal
t1106	698	35.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1107	699	36. erhöhte Temperatur oder Fieber	Ordinal
t1108	700	36.1 erhöhte Temperatur oder Fieber - Arb_gen	Ordinal
t1109	701	36.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1110	702	36.3 erhöhte Temperatur oder Fieber - TonBez	Ordinal
t1111	703	36.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Ordinal
t1112	704	37. Leerzeile	Ordinal
t1113	705	38. trockene, juckende oder brennende Augen	Ordinal
t1114	706	38.1 trockene, juckende oder brennende Augen - Arb_gen	Ordinal
t1115	707	38.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1116	708	38.3 trockene, juckende oder brennende Augen - TonBez	Ordinal
t1117	709	38.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1118	710	39. Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1119	711	39.1 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - Arb_gen	Ordinal
t1120	712	39.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1121	713	39.3 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - TonBez	Ordinal
t1122	714	39.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1123	715	40. Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum	Ordinal
t1124	716	40.1 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - Arb_gen	Ordinal
t1125	717	40.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1126	718	40.3 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - TonBez	Ordinal
t1127	719	40.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1128	720	41. gereizte, verstopfte oder laufende Nase	Ordinal
t1129	721	41.1 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - Arb_gen	Ordinal
t1130	722	41.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1131	723	41.3 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - TonBez	Ordinal
t1132	724	41.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1133	725	42. gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen	Ordinal
t1134	726	42.1 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - Arb_gen	Ordinal
t1135	727	42.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1136	728	42.3 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - TonBez	Ordinal
t1137	729	42.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1138	730	43. Husten oder Reizhusten	Ordinal
t1139	731	43.1 Husten oder Reizhusten - Arb_gen	Ordinal
t1140	732	43.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1141	733	43.3 Husten oder Reizhusten - TonBez	Ordinal
t1142	734	43.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1143	735	44. Halsschmerzen	Ordinal
t1144	736	44.1 Halsschmerzen - Arb_gen	Ordinal
t1145	737	44.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1146	738	44.3 Halsschmerzen - TonBez	Ordinal
t1147	739	44.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1148	740	45. Schluckbeschwerden	Ordinal
t1149	741	45.1 Schluckbeschwerden - Arb_gen	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1150	742	45.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1151	743	45.3 Schluckbeschwerden - TonBez	Ordinal
t1152	744	45.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1153	745	46. veränderter Geschmack	Ordinal
t1154	746	46.1 veränderter Geschmack - Arb_gen	Ordinal
t1155	747	46.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1156	748	46.3 veränderter Geschmack - TonBez	Ordinal
t1157	749	46.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1158	750	47. offene oder blutende Hautstellen	Ordinal
t1159	751	47.1 offene oder blutende Hautstellen - Arb_gen	Ordinal
t1160	752	47.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1161	753	47.3 offene oder blutende Hautstellen - TonBez	Ordinal
t1162	754	47.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1163	755	48. trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut	Ordinal
t1164	756	48.1 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - Arb_gen	Ordinal
t1165	757	48.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1166	758	48.3 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - TonBez	Ordinal
t1167	759	48.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1168	760	49. trockene oder juckende Gesichtshaut	Ordinal
t1169	761	49.1 trockene oder juckende Gesichtshaut - Arb_gen	Ordinal
t1170	762	49.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1171	763	49.3 trockene oder juckende Gesichtshaut - TonBez	Ordinal
t1172	764	49.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1173	765	50. trockene oder juckende Hände	Ordinal
t1174	766	50.1 trockene oder juckende Hände - Arb_gen	Ordinal
t1175	767	50.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1176	768	50.3 trockene oder juckende Hände - TonBez	Ordinal
t1177	769	50.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1178	770	51. Durchfall	Ordinal
t1179	771	51.1 Durchfall - Arb_gen	Ordinal
t1180	772	51.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1181	773	51.3 Durchfall - TonBez	Ordinal
t1182	774	51.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1183	775	52. Juckreiz am After	Ordinal
t1184	776	52.1 Juckreiz am After - Arb_gen	Ordinal
t1185	777	52.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1186	778	52.3 Juckreiz am After - TonBez	Ordinal
t1187	779	52.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1188	780	53. Unfruchtbarkeit	Ordinal
t1189	781	53.1 Unfruchtbarkeit - Arb_gen	Ordinal
t1190	782	53.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Ordinal
t1191	783	53.3 Unfruchtbarkeit - TonBez	Ordinal
t1192	784	53.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Ordinal
t1193	785	54. Libidoverlust	Ordinal
t1194	786	54.1 Arbeitsplatz generell	Ordinal
t1195	787	54.2 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1196	788	54.3 Tonerbezogen	Ordinal
t1197	789	54.4 Seit wann haben sie die Beschwerden ?	Nominal
t1198	790	55. Ausbleiben der Regel der Regelblutung	Ordinal
t1199	791	55.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1200	792	55.2 Erektile Dysfunktion	Ordinal
t1201	793	55.2.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Ordinal
t1202	794	56. Ich fühle mich an meinem Arbeitsplatz durch folgende Bedingungen beeinträchtigt:	Ordinal
t1203	795	56.1 Unbefriedigende Tätigkeit	Ordinal
t1204	796	56.1.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1205	797	56.2 Zu viel Arbeit	Ordinal
t1206	798	56.2.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1207	799	56.3 Lärm, Dauergeräusche	Ordinal
t1208	800	56.3.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1209	801	56.4 Beleuchtungsverhältnisse	Ordinal
t1210	802	56.4.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1211	803	56.5 Räumliche Verhältnisse	Ordinal
t1212	804	56.5.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1213	805	56.6 Schwierigkeiten mit Kollegen	Ordinal
t1214	806	56.6.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1215	807	56.7 Zu warme Raumtemperaturen	Ordinal
t1216	808	56.7.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1217	809	56.8 Zu kühle Raumtemperaturen	Ordinal
t1218	810	56.8.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1219	811	56.9 Zu wechselhafte Raumtemperaturen	Ordinal
t1220	812	56.9.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1221	813	56.10 Trockene Luft	Ordinal
t1222	814	56.10.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1223	815	56.11 Verbrauchte Luft	Ordinal
t1224	816	56.11.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1225	817	56.12 Zegerscheinungen	Ordinal
t1226	818	56.12.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1227	819	56.13 Fehlende Fensterlüftung	Ordinal
t1228	820	56.13.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1229	821	56.14 Staub und Schmutz	Ordinal
t1230	822	56.14.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1231	823	56.15 Passivrauchen	Ordinal
t1232	824	56.15.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1233	825	56.16 Statische Aufladung	Ordinal
t1234	826	56.16.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1235	827	57. Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz machen sich bemerkbar:	Ordinal
t1236	828	57.1 Zu Beginn der Arbeitswoche	Ordinal
t1237	829	57.2 Zu Beginn des Arbeitstages	Ordinal
t1238	830	57.3 Innerhalb 3 Stunden nach Arbeitsbeginn	Ordinal
t1239	831	57.4 Innerhalb 6 Stunden nach Arbeitsbeginn	Ordinal
t1240	832	57.5 Gegen Arbeitsende	Ordinal
t1241	833	57.6 Täglich	Ordinal
t1242	834	57.7 Am nächsten Tag	Ordinal
t1243	835	57.8 2-4 Tage später	Ordinal
t1244	836	57.9 Verstärkt im Winter	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1245	837	57.10 Zu anderen Zeiten (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage)	Ordinal
t1246	838	57.10.1 Geben Sie an zu welchen anderen Zeiten sie sich bemerkbar machen	Nominal
t1247	839	58. Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz nehmen ab oder verschwinden:	Ordinal
t1248	840	58.1 Durch verstärkte Lüftung	Ordinal
t1249	841	58.2 Nach Dienstschluss	Ordinal
t1250	842	58.3 Am nächsten Tag	Ordinal
t1251	843	58.4 2-4 Tage später	Ordinal
t1252	844	58.5 Am Wochenende	Ordinal
t1253	845	58.6 Im Urlaub	Ordinal
t1254	846	58.7 Mögliche Störungen Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz nehmen nicht ab oder verschwinden.	Ordinal
t1255	847	59. Nehmen Sie auf Grund der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz Medikamente ein? (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden	Ordinal
t1256	848	59.1 Geben Sie bitte den (die) Produktnamen an:	Nominal
t1257	849	59.2 Seit wann nehmen Sie diese ein (Datum angeben TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1258	850	60. Waren Sie auf Grund dieser Beeinträchtigung schon einmal in Behandlung?	Ordinal
t1259	851	60.1 Nein, ich war deswegen nicht in Behandlung (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 59.)	Ordinal
t1260	852	60.2 Ja, beim Hausarzt	Ordinal
t1261	853	60.3 Ja, beim Facharzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1262	854	60.3.1 Bei welchem Facharzt:	Nominal
t1263	855	60.4 Ja, in sonstiger Behandlung (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.) (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1264	856	60.4.1 Geben Sie bitte an, wen Sie aufgesucht haben (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.)	Nominal
t1265	857	61. Waren Sie deshalb schon einmal krank geschrieben? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 59.)	Ordinal
t1266	858	61.1 Wann waren Sie deshalb krank geschrieben (Geben Sie bitte das Datum an TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1267	859	61.2 Für wieviele Tage waren Sie deshalb krank geschrieben?	Nominal
t1268	860	62. Wurden Sie wegen der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz innerhalb Ihrer Firma umgesetzt? (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nach	Ordinal
t1269	861	62.1 Seit wann haben Sie diesen neuen Arbeitsplatz (Datumangabe TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1270	862	63. Tragen Sie sich mit dem Gedanken eines Arbeitsstellenwechsels auf Grund Ihrer Beeinträchtigung?	Ordinal
t1271	863	64. Ich fühle mich an meinem Arbeitsplatz durch folgende Bedingungen/ Tätigkeiten beeinträchtigt (Falls Sie in den Unterfragen GAR NICHT ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage. Sollte eine der anderen Antwortalternativen zutreffen, beant	Ordinal
t1272	864	64.1 Wartungsarbeit an Laserdruckern, Kopier- oder Laserfaxgeräten	Ordinal
t1273	865	64.1.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1274	866	64.2 Arbeit (Drucken) mit Laserdrucker/n, Kopier- oder Laserfaxgerät/en	Ordinal
t1275	867	64.2.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1276	868	64.3 Kontakt zu Laserdrucker/n, Kopier- oder Laserfaxgerät/en	Ordinal
t1277	869	64.3.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1278	870	64.4 Arbeit mit Papieren, die auf Laserdrucker gedruckt sind.	Ordinal
t1279	871	64.4.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1280	872	64.5 Bildschirmarbeit	Ordinal
t1281	873	64.5.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1282	874	64.6 Fehlende Fensterlüftung	Ordinal
t1283	875	64.6.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1284	876	64.7 Klimaanlage	Ordinal
t1285	877	64.7.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1286	878	64.8 Passivrauchen	Ordinal
t1287	879	64.8.1 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1288	880	64.9 Sonstiges	Ordinal
t1289	881	64.9.1 Durch welche sonstigen Bedingungen/ Tätigkeiten fühlen Sie sich an Ihrem Arbeitsplatz beeinträchtigt?	Nominal
t1290	882	64.9.2 Geben Sie bitte an, seit wann dies so ist:	Nominal
t1291	883	65. Haben Sie im Zusammenhang mit tonerbasierten Bürogeräten:	Ordinal
t1292	884	65.1 Körperliche Beschwerden (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 62.2. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen)	Ordinal
t1293	885	65.1.1 Welche körperlichen Beschwerden sind das:	Nominal
t1294	886	65.1.2 Seit wann bestehen diese körperlichen Beschwerden(Datumangabe TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1295	887	65.1.3 Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:	Nominal
t1296	888	65.1.4 Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:	Nominal
t1297	889	65.1.5 Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:	Nominal
t1298	890	65.2 Nicht- körperliche Beschwerden (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 63. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1299	891	65.2.1 Welche nicht- körperlichen Beschwerden sind das:	Nominal
t1300	892	65.2.2 Seit wann bestehen diese nicht- körperlichen Beschwerden (Datumangabe TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1301	893	65.2.3 Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:	Nominal
t1302	894	65.2.4 Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:	Nominal
t1303	895	65.2.5 Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1304	896	66. Sind Sie tonergeschädigt? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 65. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1305	897	66.1 Beschreiben Sie die Tonerschädigung:	Nominal
t1306	898	66.2 Seit wann besteht diese Tonerschädigung?(Datumangabe TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1307	899	66.3 Geben Sie bitte den Markennamen und den Produktnamen des Gerätes an:	Nominal
t1308	900	66.4 Geben Sie bitte den Markenname und die Seriennummer der Tonerkartusche an:	Nominal
t1309	901	66.5 Geben Sie bitte Markenname und Produktbezeichnung des verwendeten Papiers an:	Nominal
t1310	902	67. Nehmen Sie auf Grund Ihrer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Toner Medikamente ein? (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden nachfo	Ordinal
t1311	903	67.1 Geben Sie bitte den (die) Produktnamen an:	Nominal
t1312	904	67.2 Seit wann nehmen Sie diese ein (Datum angeben TT.MM.JJJJ)	Ordinal
t1313	905	68. Waren Sie auf Grund dieser gesundheitlichen Beeinträchtigung schon einmal in Behandlung?	Ordinal
t1314	906	68.1 Nein, ich war deswegen nicht in Behandlung (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 67.)	Ordinal
t1315	907	68.2 Ja, beim Hausarzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 65.3. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.)	Ordinal
t1316	908	68.2.1 Wann war das? (Geben Sie bitte das Datum an)	Nominal
t1317	909	68.2.2 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Hausarztes	Nominal
t1318	910	68.3 Ja, beim Facharzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 65.4. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.)	Ordinal
t1319	911	68.3.1 Bei welchem Facharzt:	Nominal
t1320	912	68.3.2 Wann war das? (Geben Sie bitte das Datum an)	Nominal
t1321	913	68.3.3 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Facharztes:	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1322	914	68.4 Ja, in sonstiger Behandlung (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.) (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, weiter mit Frage 66. Falls Sie TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgenden Fragen.)	Ordinal
t1323	915	68.4.1 Geben Sie bitte an, wen Sie aufgesucht haben (z.B. Heilpraktiker, Therapeut o.ä.)	Nominal
t1324	916	68.4.2 Wann war das? (Geben Sie bitte das Datum an)	Nominal
t1325	917	68.4.3 Nennen Sie bitte den Namen und die Anschrift des Behandelnden:	Nominal
t1326	918	69. Waren Sie deshalb schon einmal krank geschrieben? (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die beiden nachfolgenden Fragen.)	Ordinal
t1327	919	69.1 Wann waren Sie deshalb krank geschrieben (Geben Sie bitte das Datum an TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1328	920	69.2 Für wieviele Tage waren Sie deshalb krank geschrieben?	Nominal
t1329	921	70. Wurden Sie wegen der Beeinträchtigung Ihres Wohlbefindens am Arbeitsplatz innerhalb Ihrer Firma umgesetzt? (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nach	Ordinal
t1330	922	70.1 Seit wann haben Sie diesen neuen Arbeitsplatz (Datumangabe TT.MM.JJJJ):	Nominal
t1331	923	71. Tragen Sie sich mit dem Gedanken eines Arbeitsstellenwechsels auf Grund Ihrer Beeinträchtigung?	Ordinal
t1332	924	72. Leerzeile	Ordinal
t1333	925	73. Leerzeile	Ordinal
t1334	926	74. Leerzeile	Ordinal
t1335	927	75. Haben Sie jemals in den letzten 12 Monaten ein pfeifendes oder brummendes Geräusch in Ihrem Brustkorb gehört? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 73.)	Ordinal
t1336	928	75.1 Hatten Sie dieses Pfeifen oder Brummen, wenn Sie nicht erkältet waren?	Ordinal
t1337	929	76. Sind Sie irgendwann in den letzten 12 Monaten wegen einen Anfall von Luftnot aufgewacht?	Ordinal
t1338	930	77. Sind Sie irgendwann in den letzten 12 Monaten wegen eines Hustenanfalls aufgewacht?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1339	931	78. Husten Sie gewöhnlich im Winter als erstes nach dem Schlafen?	Ordinal
t1340	932	79. Husten Sie gewöhnlich im Winter während des Tages oder in der Nacht?	Ordinal
t1341	933	80. Husten Sie derart mindestens drei Monate jährlich?	Ordinal
t1342	934	81. Haben Sie im Winter gewöhnlich als erstes am Morgen Auswurf?	Ordinal
t1343	935	82. Haben Sie solchen Auswurf an den meisten Tagen für mindestens 3 Monate jährlich?	Ordinal
t1344	936	83. Haben Sie jemals Asthma gehabt?	Ordinal
t1345	937	83.1 Wurde dies durch einen Arzt bestätigt?	Ordinal
t1346	938	83.2 Wie alt waren Sie, als Sie Ihren ersten Asthmaanfall hatten?	Nominal
t1347	939	83.3 Wie alt waren Sie, als Sie Ihren letzten Asthmaanfall hatten?	Nominal
t1348	940	83.4 Nehmen Sie gegenwärtig Medikamente gegen Asthma ein (einschließlich Inhalationen, Dosieraerosolen, Sprays, Inhalierpulver, Diskus oder Tabletten)?	Ordinal
t1349	941	84. Haben Sie allergischen Schnupfen, zum Beispiel sogenannter Heuschnupfen?	Ordinal
t1350	942	85. Haben Sie jemals Ekzeme oder irgendwelche Arten von Hautallergien gehabt?	Ordinal
t1351	943	86. Hatten Sie jemals einen juckenden Hautausschlag, der für mindestens 6 Monate immer wieder schlimmer und besser geworden ist?	Ordinal
t1352	944	87. Haben Sie mindestens einmal pro Woche:	Ordinal
t1353	945	87.1 Eine gereizte Nase	Ordinal
t1354	946	87.2 Gereizte oder gerötete Augen	Ordinal
t1355	947	87.3 Einen gereizten Rachen oder ein Kratzen im Hals, auch wenn Sie nicht erkältet sind	Ordinal
t1356	948	88. Hatten Sie jemals eine Nasennebenhöhlenentzündung (Stirnhöhlenentzündung, Kieferhöhlenentzündung)?	Ordinal
t1357	949	89. Hatten Sie jemals eine Operation zur Entfernung von Nasenpolypen?	Ordinal
t1358	950	90. Wurden Sie schon einmal an den Nasennebenhöhlen (Stirnhöhlen, Kieferhöhlen) operiert?	Ordinal
t1359	951	91. Haben Sie eine Nahrungsmittelunverträglichkeit?(Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 89. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1360	952	91.1 Geben Sie bitte an gegenüber welchen Nahrungsmitteln diese Unverträglichkeit besteht:	Nominal
t1361	953	91.2 Geben Sie bitte an, seit wann diese Nahrungsmittelunverträglichkeit besteht (TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1362	954	91.3 Wurde diese Nahrungsmittelunverträglichkeit durch eine der folgenden Personen bestätigt?	Ordinal
t1363	955	91.3.1 Nein. Diese Nahrungsmittelunverträglichkeit wurde nicht bestätigt. (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 89. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1364	956	91.3.2 Hausarzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage).	Ordinal
t1365	957	91.3.2.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse Ihres Hausarztes an:	Nominal
t1366	958	91.3.3 Facharzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1367	959	91.3.3.1 Geben Sie bitte den Namen, Facharztbezeichnung und die Adresse dieses Arztes an:	Nominal
t1368	960	91.3.4 Sonstige Therapeuten (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1369	961	91.3.4.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse dieses Therapeuten an:	Nominal
t1370	962	92. Haben Sie eine Chemikalienunverträglichkeit/-sensitivität? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 90. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1371	963	92.1 Geben Sie bitte an gegenüber welchen Chemikalien diese Unverträglichkeit besteht:	Nominal
t1372	964	92.2 Geben Sie bitte an, seit wann diese Chemikalienunverträglichkeit besteht (TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1373	965	92.3 Wurde diese Chemikalienunverträglichkeit/-sensitivität durch eine der folgenden Personen bestätigt?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1374	966	92.3.1 Nein. Diese Chemikalienunverträglichkeit wurde nicht bestätigt. (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 90. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1375	967	92.3.2 Hausarzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, dann beantworten Sie die bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die folgende Frage).	Ordinal
t1376	968	92.3.2.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse Ihres Hausarztes an:	Nominal
t1377	969	92.3.3 Facharzt (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1378	970	92.3.3.1 Geben Sie bitte den Namen, Facharztbezeichnung und die Adresse dieses Arztes an:	Nominal
t1379	971	92.3.4 Sonstige Therapeuten (Falls Sie bei dieser Frage TRIFFT ZU ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie TRIFFT NICHT ZU ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1380	972	92.3.4.1 Geben Sie bitte den Namen und die Adresse dieses Therapeuten an:	Nominal
t1381	973	93. Von welchen der folgenden Krankheiten waren Sie bzw. sind Sie betroffen?	Ordinal
t1382	974	93.1 Bluthochdruck (Hypertonie)	Ordinal
t1383	975	93.2 Durchblutungsstörungen am Herzen, Verengung der Herzkranzgefäße (Angina pectoris)	Ordinal
t1384	976	93.3 Herzinfarkt	Ordinal
t1385	977	93.4 Herzschwäche (Herzinsuffizienz)	Ordinal
t1386	978	93.5 Schlaganfall (Apoplex)	Ordinal
t1387	979	93.6 Durchblutungsstörungen des Gehirns (nur wenn sie bei Ihnen mit Lähmungen, Gefühlsstörungen oder Sprachstörungen einhergingen und nicht durch Migräne bedingt waren)	Ordinal
t1388	980	93.7 Durchblutungsstörungen an den Beinen, arterielle Verschlusskrankheit, sogenannte Schaufensterkrankheit	Ordinal
t1389	981	93.8 Krampfadern (Varizen, mit oder ohne sogenannten offenen Beinen= Ulcus cruris)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1390	982	93.9 Venenthrombose	Ordinal
t1391	983	93.10 Asthma bronchiale (Bronchialasthma, Lungenasthma, allergisches Asthma)	Ordinal
t1392	984	93.11 Chronische Bronchitis (d. h. Husten nachts ohne Erkältung und mit morgendlichem Auswurf an den meisten Tagen, mindestens 3 Monate im Jahr in 2 aufeinander folgenden Jahren)	Ordinal
t1393	985	93.12 Magenschleimhautentzündung (Gastritis)	Ordinal
t1394	986	93.13 Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwür (Ulcuskrankheit)	Ordinal
t1395	987	93.14 Gallenblasenentzündung oder Gallensteine	Ordinal
t1396	988	93.15 Leberschrumpfung (Leberzirrhose)	Ordinal
t1397	989	93.16 Leberentzündung, Gelbsucht (Hepatitis)	Ordinal
t1398	990	93.17 Schilddrüsenkrankheiten	Ordinal
t1399	991	93.18 Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) ohne Insulinbehandlung	Ordinal
t1400	992	93.19 Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) ohne Insulinbehandlung	Ordinal
t1401	993	93.20 Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin (Hypercholesterinämie)	Ordinal
t1402	994	93.21 Harnsäureerhöhung (Gicht)	Ordinal
t1403	995	93.22 Blutarmut (Anämie), Eisenmangel	Ordinal
t1404	996	93.23 Nierenbeckenentzündung (Pyelonephritis)	Ordinal
t1405	997	93.24 Nierenkolik, Nierensteine	Ordinal
t1406	998	93.25 Gelenkverschleiß, Arthrose der Hüft- oder Kniegelenke bzw. der Wirbelsäule	Ordinal
t1407	999	93.26 Entzündliche Gelenk- oder Wirbelsäulenerkrankung (z. B. chronische Polyarthritits, Rheumatoidarthritis, Morbus Bechterew)	Ordinal
t1408	1000	93.27 Osteoporose	Ordinal
t1409	1001	93.28 Migräne (d. h. anfallartige Kopfschmerzen, die wiederholt und meist halbseitig auftreten, in den frühen Morgenstunden beginnen und Stunden bis Tage andauern können)	Ordinal
t1410	1002	93.29 Epilepsie (Krampfanfälle, zerebrale Anfälle)	Ordinal
t1411	1003	93.30 Parkinson	Ordinal
t1412	1004	93.31 Multiple Sklerose	Ordinal
t1413	1005	93.32 Hirnhautentzündung	Ordinal
t1414	1006	93.33 Psychische Erkrankung (z. B. Angstzustände, Depression, Psychose)	Ordinal
t1415	1007	93.34 Essstörung (Bulimie, Anorexia nervosa)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1416	1008	93.35 Sucht- oder Abhängigkeitserkrankung (Medikamente, Drogen, Alkohol)	Ordinal
t1417	1009	93.36 Heuschnupfen, allergische Bindehautentzündung (allergische Rhinitis, allergische Konjunktivitis)	Ordinal
t1418	1010	93.37 Allergisches Kontaktekzem (Hautausschlag durch Waschmittel, Kosmetika, Nickel, Unverträglichkeit anderer Metalle u. a.)	Ordinal
t1419	1011	93.38 Neurodermitis (juckendes Ekzem, besonders in den Ellenbeugen und Kniekehlen, endogenes Ekzem, atopisches Ekzem)	Ordinal
t1420	1012	93.39 Nahrungsmittelallergie	Ordinal
t1421	1013	93.40 Allergische Hautquaddeln (flüchtige, stark juckende, schubweise aufschießende Quaddeln, Nesselsucht, Urtikaria)	Ordinal
t1422	1014	93.41 Krankheiten von Gebärmutter, Eierstöcken oder Eileitern (außer Krebskrankheiten)	Ordinal
t1423	1015	94. Haben Sie sonstige Krankheiten, die hier nicht genannt wurden? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 92. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgende Frage.)	Ordinal
t1424	1016	94.1 Welche sonstige Krankheiten, die hier nicht genannt wurden, haben Sie?	Nominal
t1425	1017	95. Haben Sie sonstige Allergien, die hier nicht genannt wurden? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 93. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1426	1018	95.1 Welche sonstige Allergien, die hier nicht genannt wurden, haben Sie?	Nominal
t1427	1019	96. Nehmen Sie Medikamente ein? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 94. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1428	1020	96.1 Nennen Sie bitte den Produktnamen des bzw. der Medikamente	Nominal
t1429	1021	96.2 Geben Sie bitte an, seit wann Sie dieses bzw. diese Medikamente einnehmen. (TT.MM.JJJJ)	Nominal
t1430	1022	97. Haben Sie schon einmal ein Jahr lang geraucht? (JA bedeutet mindestens 20 Päckchen Zigaretten im Leben oder 360 g Tabak in Ihrem Leben oder ein Jahr lang mindestens eine Zigarette pro Tag oder eine Zigarre pro Woche) (Falls Sie bei dieser Frage NEIN a	Ordinal
t1431	1023	98. Wie alt waren Sie, als Sie anfangen zu rauchen?	Nominal
t1432	1024	99. Rauchen Sie jetzt (bzw. bis vor einem Monat)?	Ordinal
t1433	1025	99.1 In welchem Jahr haben Sie mit dem Rauchen aufgehört?	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1434	1026	100. Wie viel rauchen Sie zurzeit durchschnittlich am Tag bzw. wie viel haben Sie früher durchschnittlich am Tag geraucht? (Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die folgende Frage.)	Ordinal
t1435	1027	100.1 Zigaretten	Ordinal
t1436	1028	100.1.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Nominal
t1437	1029	100.2 Zigarren	Ordinal
t1438	1030	100.2.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1439	1031	100.3 Zigarillos	Ordinal
t1440	1032	100.3.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Nominal
t1441	1033	100.4 Pfeifen	Ordinal
t1442	1034	100.4.1 Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1443	1035	101. Rauchen Sie an Ihrem Arbeitsplatz? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 99. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1444	1036	101.1 Wie viel rauchen Sie zurzeit durchschnittlich pro Arbeitstag an Ihrem Arbeitsplatz? (Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die folgende Frage.)	Ordinal
t1445	1037	101.1.1 Zigaretten	Ordinal
t1446	1038	101.1.1.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Nominal
t1447	1039	101.1.2 Zigarren	Ordinal
t1448	1040	101.1.2.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1449	1041	101.1.3 Zigarillos	Ordinal
t1450	1042	101.1.3.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1451	1043	101.1.4 Pfeifen	Ordinal
t1452	1044	101.1.4.1 Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1453	1045	102. Sind Sie regelmäßig in den letzten 12 Monaten Tabakrauch anderer ausgesetzt gewesen? (Regelmäßig bedeutet an den meisten Tagen oder Nächten) (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 100. Falls Sie JA ankreuzen, beantwor	Ordinal
t1454	1046	102.1 Wie viele Stunden pro Tag sind Sie dem Tabakrauch anderer Leute ausgesetzt?	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1455	1047	103. Rauchen andere Personen im Bereich Ihres Arbeitsplatzes? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 101. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1456	1048	103.1 Geben Sie bitte an, welche Rauchwaren zur Zeit durchschnittlich pro Tag an Ihrem Arbeitsplatz konsumiert werden. (Falls Sie bei der aufgeführten Rauchware mit NEIN antworten, überspringen Sie bitte die folgende Frage.)	Ordinal
t1457	1049	103.1.1 Zigaretten	Ordinal
t1458	1050	103.1.1.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Nominal
t1459	1051	103.1.2 Zigarren	Ordinal
t1460	1052	103.1.2.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1461	1053	103.1.3 Zigarillos	Ordinal
t1462	1054	103.1.3.1 Wenn JA, wie viele durchschnittlich pro Tag	Ordinal
t1463	1055	103.1.4 Pfeifen	Ordinal
t1464	1056	103.1.4.1 Wenn JA, wieviele durchschnittlich pro Tag	Nominal
t1465	1057	104. Haben Sie in Ihrem Leben schon mehrmals die nachfolgend genannten Drogen eingenommen?	Ordinal
t1466	1058	104.1 Cannabis, Marihuana oder Haschisch	Ordinal
t1467	1059	104.2 Ecstasy (XTC, MDM, MDMA, ADAM)	Ordinal
t1468	1060	104.3 Sonstige Designerdrogen (100X, Love Drug, Eve, STP, DOM). (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1469	1061	104.3.1 Welche SONSTIGE Designerdroge(n)?	Ordinal
t1470	1062	104.4 Drogen natürlichen Ursprungs (PYOTE) (Falls Sie bei dieser Frage JA ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Falls Sie NEIN ankreuzen, überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1471	1063	104.4.1 Welche Drogen natürlichen Ursprungs?	Ordinal
t1472	1064	105. Geben Sie bitte Ihr Geburtsdatum an (TT.MM.JJJJ).	Nominal
t1473	1065	106. In welchem Land wurden Sie geboren?	Ordinal
t1474	1066	106.1 In welchem anderen Land wurden Sie geboren?	Nominal
t1475	1067	107. Ihr Geschlecht	Ordinal
t1476	1068	108. Geben Sie bitte Ihre Körpergrösse an(Angabe in cm):	Nominal
t1477	1069	109. Geben Sie bitte Ihr Körpergewicht an (Angabe in kg):	Scale
t1478	1070	110. Wie ist Ihr momentaner Familienstand?	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1479	1071	110.1 Ledig, ohne Partner	Ordinal
t1480	1072	110.2 Ledig, mit Partner	Ordinal
t1481	1073	110.3 Verheiratet, mit Ehepartner zusammen lebend	Ordinal
t1482	1074	110.4 verheiratet, vom Ehepartner getrennt lebend	Ordinal
t1483	1075	110.5 Geschieden	Ordinal
t1484	1076	110.6 Verwitwet	Ordinal
t1485	1077	111. Haben bzw. hatten Sie Geschwister? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 109. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1486	1078	111.1 Haben bzw. hatten Sie einen oder mehrere Brüder?(Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 108.2. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1487	1079	111.1.1 Nennen Sie die Anzahl Ihrer Brüder	Nominal
t1488	1080	111.1.2 Wieviele Ihrer Brüder leben heute noch?	Ordinal
t1489	1081	111.1.3 Geben Sie bitte an wieviele Ihrer Brüder jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen hatten?	Nominal
t1490	1082	111.2 Haben bzw. hatten Sie eine oder mehrere Schwestern? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 109. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal
t1491	1083	111.2.1 Nennen Sie die Anzahl Ihrer Schwestern	Nominal
t1492	1084	111.2.2 Wieviele Ihrer Schwestern leben heute noch?	Ordinal
t1493	1085	111.2.3 Geben Sie bitte an wieviele Ihrer Schwestern jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen hatten?	Nominal
t1494	1086	112. Hatte Ihr Vater jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	Ordinal
t1495	1087	113. Hatte Ihre Mutter jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	Ordinal
t1496	1088	114. Haben bzw. hatten Sie Kinder? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 113. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen.)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1497	1089	115. Hatte Ihr Kind/eines Ihrer Kinder jemals Asthma, Ekzeme, Hautallergien, allergischen Schnupfen oder sogenannten Heuschnupfen?	Ordinal
t1498	1090	116. Angaben zum Rauchverhalten Ihrer Eltern während Ihrer Kindheit (bis zum 14. Lebensjahr)	Ordinal
t1499	1091	116.1 Rauchte Ihr Vater jemals regelmäßig während Ihrer Kindheit (bis 14. Lebensjahr)?	Ordinal
t1500	1092	116.2 Rauchte Ihre Mutter jemals regelmäßig während Ihrer Kindheit (bis 14. Lebensjahr)?	Ordinal
t1501	1093	117. Besuchten Sie gemeinsam mit anderen Kindern eine Kinderkrippe oder einen Kindergarten oder eine Kindertagesstätte oder eine Tagesmutter, als Sie jünger als fünf Jahre waren?	Ordinal
t1502	1094	118. Angaben zur Schulbildung	Ordinal
t1503	1095	118.1 Sind Sie Schüler oder Student (Sollten Sie BERUFSSCHÜLER sein, so antworten Sie bitte mit NEIN)	Ordinal
t1504	1096	118.2 Welchen höchsten Schulabschluss haben Sie? (Falls Sie bei dieser Frage ANDERER SCHULABSCHLUSS ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1505	1097	118.2.1 Welcher ANDERE Schulabschluss:	Ordinal
t1506	1098	119. Angaben zu Berufs- bzw. Erwerbstätigkeit	Ordinal
t1507	1099	119.1 Welche Angabe zur Berufs- bzw. Erwerbstätigkeit trifft auf Sie zu? (Falls Sie bei dieser Frage NICHT BERUFSTÄTIG ankreuzen, bearbeiten Sie bitte die nachfolgende Frage. Ansonsten überspringen Sie bitte die nachfolgende Frage.)	Ordinal
t1508	1100	119.1.1 Geben Sie bitte an, seit wann Sie nicht mehr berufstätig sind (MM.JJJJ):	Ordinal
t1509	1101	119.2 Angaben zur aktuellen bzw. letzten Anstellung	Ordinal
t1510	1102	119.2.1 Was ist oder war Ihr jetziger oder letzter Beruf bzw. Ihre jetzige oder letzte Tätigkeit (Bitte beschreiben Sie so genau wie möglich)?:	Nominal
t1511	1103	119.2.2 In welcher Branche sind Sie derzeit bzw. waren Sie zuletzt beschäftigt (Bitte beschreiben Sie so genau wie möglich)?:	Nominal
t1512	1104	119.2.3 Wann haben Sie mit Ihrer derzeitigen bzw. letzten Arbeitsstelle begonnen? Nennen Sie bitte Monat und Jahr (MM.JJJJ)	Nominal

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1513	1105	119.2.4 Arbeitszeiten	Ordinal
t1514	1106	119.2.4.1 Wie viele Stunden arbeiten bzw. haben Sie pro Tag gearbeitet?	Nominal
t1515	1107	119.2.4.2 Wie viele Stunden arbeiten Sie pro Woche bzw. haben Sie gearbeitet?	Nominal
t1516	1108	120. Haben Sie jemals Ihren Arbeitsplatz wechseln oder aufgeben müssen, weil er Ihre Gesundheit beeinträchtigte? (Falls Sie bei dieser Frage NEIN ankreuzen, dann bitte weiter mit Frage 118. Falls Sie JA ankreuzen, beantworten Sie bitte die folgenden Frage	Ordinal
t1517	1109	120.1 Wenn JA, was war dies für eine berufliche Tätigkeit ?(Bitte beschreiben Sie diese Tätigkeit und die damit verbundenen gesundheitlichen Beschwerden so genau wie möglich)	Nominal
t1518	1110	121. Haben Sie jemals an einem Arbeitsplatz gearbeitet, der einer Schadstoffverordnung unterlag bzw. an dem Sie Schutzkleidung tragen mussten. (Falls Sie bei dieser Frage JA ,DAS WAR AN MEINEM FRÜHEREN ARBEITSPLATZ DER FALL ankreuzen, bearbeiten Sie bitte	Ordinal
t1519	1111	121.1 Seit wann arbeite Sie nicht mehr an diesem Arbeitsplatz, der einer Schadstoffverordnung unterlag bzw. an dem Sie Schutzkleidung tragen mussten. (Angabe bitte im Format MM.JJJJ)	Nominal
t1520	1112	122. Leerzeile	Ordinal
t1tclose	1113	< none >	Ordinal
t1tend	1114	< none >	Nominal
t1tstart	1115	< none >	Nominal
t1k043	1116	23.1 Konzentrationsschwäche am AP (d)	Scale
t1k048	1117	24.1 Energielosigkeit oder Müdigkeit am AP (d)	Scale
t1k053	1118	25.1 Benommenheit am AP (d)	Scale
t1k063	1119	27.1 Kopfschmerzen am AP (d)	Scale
t1k088	1120	32.1 Übelkeit am AP (d)	Scale
t1k114	1121	38.1 Trockene, juckende od. brennende Augen am AP (d)	Scale
t1k124	1122	40.1 Heiserkeit od. trockener Nasen-/ Rachenraum am AP (d)	Scale
t1k139	1123	41.1 gereizte, verstopfte od. laufende Nase am AP (d)	Scale
t1k164	1124	43.1 Husten od. Reizhusten am AP (d)	Scale
t1k169	1125	48.1 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut am AP (d)	Scale
sbssum	1126	Anzahl SBS-Beschwerden am AP	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
sbsind	1127	Index SBS-Beschwerden am AP	Scale
to_bes2	1128	Index tonerbezogener Beschwerden (#23-#54)	Scale
q04	1129	Case source is_t1_Toner_Modul1.sav	Scale
tla001	1130	0. Erste Messung NO (in ppb)	Scale
tla002	1131	1. Zweite Messung NO (in ppb)	Scale
tla0021	1132	Differenz NO (tla002-tla001)	Scale
tla009	1133	8. BKS (mm)	Nominal
tla010	1134	9. Leuko (10 <sup>3</sup> /yl)	Scale
tla011	1135	10. Ery (10 <sup>6</sup> /yl)	Scale
tla012	1136	11. Hb (g/dl)	Scale
tla013	1137	12. Hk (VOL.%)	Ordinal
tla014	1138	13. MCV (FL)	Ordinal
tla015	1139	14. MCH (PG)	Scale
tla016	1140	15. MCHC (G/DL)	Scale
tla017	1141	16. Thrombo (10 <sup>3</sup> /yl)	Scale
tla018	1142	17. EOS	Ordinal
tla019	1143	18. MONZ	Scale
tla020	1144	19. LYMZ	Scale
tla021	1145	20. BASO	Ordinal
tla022	1146	21. Neutros	Scale
tla023	1147	21.1 Stab	Ordinal
tla024	1148	21.2 Segm	Ordinal
tla026	1149	23. EiwG (g/l)	Ordinal
tlatclos	1150	<none>	Ordinal
tlatend	1151	<none>	Nominal
tlatstar	1152	<none>	Nominal
q05	1153	Case source is_tla_Labor.sav	Scale
FPI-R			
geschl	1154	GESCHLECHT (FPI_codiert)	Ordinal
alter_f	1155	LEBENSALTER IN JAHREN (FPI)	Scale
schule	1156	SCHULABSCHLUSS (FPI)	Ordinal
famst	1157	FAMILIENSTAND (FPI)	Ordinal
haush	1158	HAUSHALT (FPI)	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
bertaet	1159	SIND SIE BERUFSTAETIG? (FPI)	Ordinal
beruf	1160	BERUFSSTELLUNG (FPI)	Ordinal
it1	1161	0. Ich habe die Anleitung gelesen und bin bereit, jeden Satz offen zu beantworten	Ordinal
it2	1162	1. Ich gehe abends gerne aus	Ordinal
it3	1163	2. Ich habe (hatte) einen Beruf, der mich voll befriedigt	Ordinal
it4	1164	3. Ich habe fast immer eine schlagfertige Antwort bereit	Ordinal
it5	1165	4. Ich glaube, dass ich mir beim Arbeiten mehr Mühe gebe als die meisten anderen Menschen	Ordinal
it6	1166	5. Ich scheue mich, allein in einen Raum zu gehen, in dem andere Leute bereits zusammensitzen und sich unterhalten	Ordinal
it7	1167	6. Manchmal bin ich zu spät zu einer Verabredung oder zur Schule gekommen	Ordinal
it8	1168	7. Ich würde mich beim Kellner oder beim Geschäftsführer beschweren, wenn ein schlechtes Essen serviert wird	Ordinal
it9	1169	8. Ich habe manchmal häßliche Bemerkungen über andere Menschen gemacht	Ordinal
it10	1170	9. Im Krankheitsfall möchte ich Befund und Behandlung eigentlich von einem zweiten Arzt überprüfen lassen	Ordinal
it11	1171	10. Ich bin ungern mit Menschen zusammen, die ich noch nicht kenne	Ordinal
it12	1172	11. Wenn jemand meinem Freund etwas Böses tut, bin ich dabei, wenn es heimgezahlt wird	Ordinal
it13	1173	12. Meine Bekannten halten mich für einen energischen Menschen	Ordinal
it14	1174	13. Ich würde kaum zögern, auch alte und schwerbehinderte Menschen zu pflegen	Ordinal
it15	1175	14. Ich kann mich erinnern, mal so zornig gewesen zu sein, daß ich das nächstbeste Ding nahm und es zerriß oder zerschlug	Ordinal
it16	1176	15. Ich habe häufig Kopfschmerzen	Ordinal
it17	1177	16. Ich bin unternehmungslustiger als die meisten meiner Bekannten	Ordinal
it18	1178	17. Ich achte aus gesundheitlichen Gründen auf regelmäßige Mahlzeiten und reichlichen Schlaf	Ordinal
it19	1179	18. Ich habe manchmal ein Gefühl der Teilnahmslosigkeit und inneren Leere	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
it20	1180	19. Sind wir in ausgelassener Runde, so überkommt mich oft eine große Lust zu groben Streichen	Ordinal
it21	1181	20. Ich bin leicht beim Ehrgeiz zu packen	Ordinal
it22	1182	21. Ich bin der Ansicht, die Menschen in den Entwicklungsländern sollten sich zuerst einmal selbst helfen	Ordinal
it23	1183	22. Ich lebe mit mir selbst in Frieden und ohne innere Konflikte	Ordinal
it24	1184	23. Ich male mir manchmal aus, wie übel es denen eigentlich ergehen müßte, die mir Unrecht tun	Ordinal
it25	1185	24. In einer vergnügten Gesellschaft kann ich mich meistens ungezwungen und unbeschwert auslassen	Ordinal
it26	1186	25. Ich fühle mich auch über meine Familie hinaus für andere Menschen verantwortlich	Ordinal
it27	1187	26. Ich neige dazu, bei Auseinandersetzungen lauter zu sprechen als sonst	Ordinal
it28	1188	27. Ich bin oft nervös, weil zu viel auf mich einströmt	Ordinal
it29	1189	28. Wenn ich noch einmal geboren würde, dann würde ich nicht anders leben wollen	Ordinal
it30	1190	29. Wenn mir einmal etwas schiefgeht, regt mich das nicht weiter auf	Ordinal
it31	1191	30. Ich habe mich über die häufigsten Krankheiten und ihre ersten Anzeichen informiert	Ordinal
it32	1192	31. Ich übernehme bei gemeinsamen Unternehmungen gern die Führung	Ordinal
it33	1193	32. Ich habe selbst bei warmem Wetter häufiger kalte Hände und Füße	Ordinal
it34	1194	33. Ich finde, jeder Mensch soll sehen, wie er zurecht kommt	Ordinal
it35	1195	34. Die täglichen Belastungen sind so groß, daß ich davon oft müde und erschöpft bin	Ordinal
it36	1196	35. Ich denke oft, daß ich meinen Konsum einschränken müßte, um dann an benachteiligte Menschen abzugeben	Ordinal
it37	1197	36. Als Kind habe ich manchmal ganz gerne anderen die Arme umgedreht, an den Haaren gezogen, ein Bein gestellt usw.	Ordinal
it38	1198	37. Um gesund zu bleiben, achte ich auf ein ruhiges Leben	Ordinal
it39	1199	38. Ich habe gern mit Aufgaben zu tun, die schnelles Handeln verlangen	Ordinal
it40	1200	39. Es macht mir Spass, anderen Fehler nachzuweisen	Ordinal
it41	1201	40. Wenn jemand weint, möchte ich ihn am liebsten umarmen und trösten	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
it42	1202	41. Meine Familie und meine Bekannten können mich im Grunde kaum richtig verstehen	Ordinal
it43	1203	42. Es gibt für mich noch eine Menge sinnvoller Aufgaben, die ich in der Zukunft anpacken werde	Ordinal
it44	1204	43. Ich pflege schnell und sicher zu handeln	Ordinal
it45	1205	44. Ich fühle mich oft wie ein Pulverfaß kurz vor der Explosion	Ordinal
it46	1206	45. Ich hätte gern mehr Zeit für mich ohne so viele Verpflichtungen	Ordinal
it47	1207	46. Ich habe manchmal das Gefühl, einen Kloß im Hals zu haben	Ordinal
it48	1208	47. Mit anderen zu wetteifern, macht mir Spaß	Ordinal
it49	1209	48. Termindruck und Hektik lösen bei mir körperliche Beschwerden aus	Ordinal
it50	1210	49. Wenn ich Zuflucht zu körperlicher Gewalt nehmen muß, um meine Rechte zu verteidigen, so tue ich es	Ordinal
it51	1211	50. Ich habe manchmal Hitzewallungen und Blutandrang zum Kopf	Ordinal
it52	1212	51. Auch wenn es eher zu viel zu tun gibt, lasse ich mich nicht hetzen	Ordinal
it53	1213	52. Ich kann in eine ziemlich langweilige Gesellschaft schnell Leben bringen	Ordinal
it54	1214	53. Bei wichtigen Dingen bin ich bereit, mit anderen energisch zu konkurrieren	Ordinal
it55	1215	54. Ich mache mir oft Sorgen um meine Gesundheit	Ordinal
it56	1216	55. Wenn mich jemand anschreit, schreie ich zurück	Ordinal
it57	1217	56. Mein Herz beginnt manchmal zu jagen oder unregelmäßig zu schlagen	Ordinal
it58	1218	57. In meinem bisherigem Leben habe ich kaum das verwirklichen können, was in mir steckt	Ordinal
it59	1219	58. Ich würde mich selbst als eher <u>gesprächig</u> bezeichnen	Ordinal
it60	1220	59. Auch wenn mich etwas sehr aus der Fassung bringt, beruhige ich mich meistens wieder rasch	Ordinal
it61	1221	60. Die beruflichen Aufgaben sind mir oft wichtiger als viel Freizeit oder interessante Hobbies	Ordinal
it62	1222	61. Ich vermeide es, ungewaschenes Obst zu essen	Ordinal
it63	1223	62. Es fällt mir schwer, vor einer großen Gruppe von Menschen zu sprechen oder vorzutragen	Ordinal
it64	1224	63. Auch an Wochenenden bin ich stark eingespannt	Ordinal
it65	1225	64. Ich vermeide Zugluft, weil man sich zu leicht erkälten kann	Ordinal
it66	1226	65. Manchmal schiebe ich etwas auf, was ich sofort tun sollte	Ordinal
it67	1227	66. Ich habe häufiger Verstopfung	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
it68	1228	67. Wenn jemand in meine Richtung hustet oder niest, versuche ich mich abzuwenden	Ordinal
it69	1229	68. Ich bin hin und wieder ein wenig schadenfroh	Ordinal
it70	1230	69. Ich hole sicherheitshalber ärztlichen Rat ein, wenn ich länger als zwei Tage erhöhte Temperatur (leichtes Fieber) habe	Ordinal
it71	1231	70. Hin und wieder gebe ich ein bißchen an	Ordinal
it72	1232	71. Ich bemerke häufiger ein unwillkürliches Zucken, z.B. um meine Augen	Ordinal
it73	1233	72. Ich bin im Grunde eher ein ängstlicher Mensch	Ordinal
it74	1234	73. Ich habe Spass an schwierigen Aufgaben, die mich herausfordern	Ordinal
it75	1235	74. Ich habe Schwierigkeiten einzuschlafen oder durchzuschlafen	Ordinal
it76	1236	75. Ich bin ziemlich lebhaft	Ordinal
it77	1237	76. Manchmal bin ich beleidigt, wenn es nicht nach meinem Willen geht	Ordinal
it78	1238	77. Ich spreche oft Drohungen aus, die ich gar nicht ernst meine	Ordinal
it79	1239	78. Ich bin häufiger abgespannt, matt und erschöpft	Ordinal
it80	1240	79. Ich bekomme häufig ein schlechtes Gewissen, wenn ich sehe, wie schlecht es anderen Menschen geht	Ordinal
it81	1241	80. Ich schließe nur langsam Freundschaften	Ordinal
it82	1242	81. Manchmal habe ich ohne eigentlichen Grund ein Gefühl unbestimmter Gefahr oder Angst	Ordinal
it83	1243	82. Meine Tischmanieren sind zu Hause schlechter als im Restaurant	Ordinal
it84	1244	83. Weil man sich so leicht anstecken kann, wasche ich mir zu Hause gleich die Hände	Ordinal
it85	1245	84. Ich werde ziemlich leicht verlegen	Ordinal
it86	1246	85. Mein Blut kocht, wenn man mich zum Narren hält	Ordinal
it87	1247	86. Wenn mich ein Fremder um eine kleine Geldspende bittet, ist mir das ziemlich lästig	Ordinal
it88	1248	87. Ich bin immer guter Laune	Ordinal
it89	1249	88. Ich passe auf, dass ich nicht zuviel Autoabgase und Staub einatme	Ordinal
it90	1250	89. Wenn ich wirklich wütend werde, bin ich in der Lage, jemandem eine reinzuhauen	Ordinal
it91	1251	90. Ich spiele anderen Leuten gern einen harmlosen Streich	Ordinal
it92	1252	91. Ich habe einen empfindlichen Magen	Ordinal
it93	1253	92. Es gibt nur wenige Dinge, die mich leicht erregen oder ärgern	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
it94	1254	93. Oft habe ich alles gründlich satt	Ordinal
it95	1255	94. Manchmal habe ich Gedanken, über die ich mich schämen muss	Ordinal
it96	1256	95. Nur selten kann ich richtig anschalten	Ordinal
it97	1257	96. Ich erröte leicht	Ordinal
it98	1258	97. Einem Menschen, der mich schlecht behandelt oder beleidigt hat, wünsche ich eine harte Strafe	Ordinal
it99	1259	98. Meine Hände sind häufiger zittrig, z.B. beim Anzünden einer Zigarette oder Halten einer Tasse	Ordinal
it100	1260	99. Ich bin selten in bedrückter, unglücklicher Stimmung	Ordinal
it101	1261	100. Ich ziehe das Handeln dem Pläneschmieden vor	Ordinal
it102	1262	101. Im allgemeinen bin ich ruhig und nicht leicht aufzuregen	Ordinal
it103	1263	102. Vor lauter Aufgaben und Zeitdruck bin ich manchmal ganz durcheinander	Ordinal
it104	1264	103. Wenn ich irgendwo zu Gast bin, ist mein Benehmen meistens besser als zu Hause	Ordinal
it105	1265	104. Ich kann oft meinen Ärger und meine Wut nicht beherrschen	Ordinal
it106	1266	105. Es gibt Zeiten, in denen ich ganz traurig und niedergedrückt bin	Ordinal
it107	1267	106. Ab und zu erzähle ich auch mal eine Lüge	Ordinal
it108	1268	107. Ich lasse mich durch eine Vielzahl von kleinen Störungen nicht aus der Ruhe bringen	Ordinal
it109	1269	108. Bei Geselligkeiten und öffentlichen Veranstaltungen bleibe ich lieber im Hintergrund	Ordinal
it110	1270	109. Ich träume tagsüber oft von Dingen, die doch nicht verwirklicht werden können	Ordinal
it111	1271	110. Ich gebe gelegentlich Geld und Spenden für Katastrophenhilfe, Caritas, Brot für die Welt und andere Sammlungen	Ordinal
it112	1272	111. Ich grübele viel über mein bisheriges Leben nach	Ordinal
it113	1273	112. Ich neige oft zu Hast und Eile, auch wenn es überhaupt nicht notwendig ist	Ordinal
it114	1274	113. Ich spreche manchmal über Dinge, von denen ich nichts verstehe	Ordinal
it115	1275	114. Oft rege ich mich zu rasch über jemanden auf	Ordinal
it116	1276	115. Ich denke manchmal, daß ich mich mehr schonen sollte	Ordinal

Variable	Position	Label	Measurement Level
it117	1277	116. Handtücher in viel benutzten Waschräumen sind mir wegen der Ansteckungsgefahr unangenehm	Ordinal
it118	1278	117. Ich arbeite oft unter Zeitdruck	Ordinal
it119	1279	118. Ich bin mit meinen gegenwärtigen Lebensbedingungen oft unzufrieden	Ordinal
it120	1280	119. Beim Reisen schaue ich lieber auf die Landschaft als mich mit den Mitreisenden zu unterhalten	Ordinal
it121	1281	120. Da der Staat schon für Sozialhilfe sorgt, brauche ich im einzelnen nicht zu helfen	Ordinal
it122	1282	121. Die Anforderungen, die an mich gestellt werden, sind oft zu hoch	Ordinal
it123	1283	122. Mein Körper reagiert deutlich auf Wetteränderung	Ordinal
it124	1284	123. Es fällt mir schwer, den richtigen Gesprächsstoff zu finden, wenn ich jemanden kennenlernen will	Ordinal
it125	1285	124. Ich denke manchmal, daß ich zu viel arbeite	Ordinal
it126	1286	125. Meine Laune wechselt ziemlich oft	Ordinal
it127	1287	126. Auch ohne ernste Beschwerden gehe ich regelmäßig zum Arzt, nur zur Vorsicht	Ordinal
it128	1288	127. Alles in allem bin ich ausgesprochen zufrieden mit meinem bisherigen Leben	Ordinal
it129	1289	128. Bei meiner Arbeit bin ich meist schneller als andere	Ordinal
it130	1290	129. Ich habe häufig das Gefühl, im Stress zu sein	Ordinal
it131	1291	130. Meine Partnerbeziehung (Ehe) ist gut	Ordinal
it132	1292	131. Lieber bis zum Äußersten gehen als feige sein	Ordinal
it133	1293	132. Ich habe manchmal ein Gefühl erstickender Enge in der Brust	Ordinal
it134	1294	133. Ich habe schon unbezahlt beim Roten Kreuz, in meiner Gemeinde oder in anderen sozialen Einrichtungen geholfen	Ordinal
it135	1295	134. Ich bin leicht aus der Ruhe gebracht, wenn ich angegriffen werde	Ordinal
it136	1296	135. Ich nehme mir viel Zeit, anderen Menschen geduldig zuzuhören, wenn sie von ihren Sorgen erzählen	Ordinal
it137	1297	136. Es gab Leute, die mich so ärgerten, daß es zu einer handfesten Auseinandersetzung kam	Ordinal
it138	1298	137. Meistens blicke ich voller Zuversicht in die Zukunft	Ordinal
leb	1299	FPIR1 - LEBENSZUFRIEDENHEIT	Scale
soz	1300	FPIR2 - SOZIALE ORIENTIERUNG	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
lei	1301	FPIR3 - LEISTUNGSORIENTIERUNG	Scale
geh	1302	FPIR4 - GEHEMMTHEIT	Scale
err	1303	FPIR5 - ERREGBARKEIT	Scale
aggr	1304	FPIR6 - AGGRESSIVITAET	Scale
bean	1305	FPIR7 - BEANSPRUCHUNG	Scale
koerp	1306	FPIR8 - KOERPERLICHE BESCHWERDEN	Scale
ges	1307	FPIR9 - GESUNDHEITSSORGEN	Scale
off	1308	FPIR10 - OFFENHEIT	Scale
extr	1309	FPIRE - EXTRAVERSION	Scale
emot	1310	FPIRN - EMOTIONALITAET	Scale
tfptclos	1311	<none>	Ordinal
tfptend	1312	<none>	Nominal
tfptstar	1313	<none>	Nominal
q06	1314	Case source is_tfp_Toner_FPI.sav	Scale
FÜR WEITERE BERCHNUNGEN DURCH KATEGORIESIERUNG BEARBEITETE VARIABLEN			
filter_\$	1315		Scale
Schwindel	1316	28.1 Arbeitsplatz generell	Ordinal
Uebelkeit	1317	32.1 Arbeitsplatz generell	Ordinal
Schwindel2Sch	1318	28.3 Tonerbezogen	Ordinal
Uebelkeit2	1319	32.3 Tonerbezogen	Ordinal
t1203_k	1320	56.1 Unbefriedigende Tätigkeit_k	Scale
t1205_k	1321	56.2 Zu viel Arbeit_k	Scale
t1207_k	1322	56.3 Lärm, Dauergeräusche_k	Scale
t1209_k	1323	56.4 Beleuchtungsverhältnisse_k	Scale
t1211_k	1324	56.5 Räumliche Verhältnisse_k	Scale
t1213_k	1325	56.6 Schwierigkeiten mit Kollegen_k	Scale
t1215_k	1326	56.7 Zu warme Raumtemperaturen_k	Scale
t1217_k	1327	56.8 Zu kühle Raumtemperaturen_k	Scale
t1219_k	1328	56.9 Zu wechselhafte Raumtemperaturen_k	Scale
t1221_k	1329	56.10 Trockene Luft_k	Scale
t1223_k	1330	56.11 Verbrauchte Luft_k	Scale
t1225_k	1331	56.12 Zugerscheinungen_k	Scale
t1227_k	1332	56.13 Fehlende Fensterlüftung_k	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1229_k	1333	56.14 Staub und Schmutz_k	Scale
t1231_k	1334	56.15 Passivrauchen_k	Scale
t1233_k	1335	56.16 Statische Aufladung_k	Scale
t1043_k	1336	23.1 Konzentrationsschwäche - Arb_gen_k	Scale
t1045_k	1337	23.3 Konzentrationsschwäche - TonBez_k	Scale
t1048_k	1338	24.1 Energielosigkeit oder Müdigkeit - Arb_gen_k	Scale
t1050_k	1339	24.3 Energielosigkeit oder Müdigkeit - TonBez_k	Scale
t1053_k	1340	25.1 Benommenheit - Arb_gen_k	Scale
t1055_k	1341	25.3 Benommenheit - TonBez_k	Scale
t1058_k	1342	26.1 Reizbarkeit - Arb_gen_k	Scale
t1060_k	1343	26.3 Reizbarkeit - TonBez_k	Scale
t1063_k	1344	27.1 Kopfschmerzen - Arb_gen_k	Scale
t1065_k	1345	27.3 Kopfschmerzen - TonBez_k	Scale
t1068_k	1346	28.1 Schwindel oder Kreislaufschwäche - Arb_gen_k	Scale
t1070_k	1347	28.3 Schwindel oder Kreislaufschwäche - TonBez_k	Scale
t1073_k	1348	29.1 Magenkrämpfe - Arb_gen_k	Scale
t1075_k	1349	29.3 Magenkrämpfe - TonBez_k	Scale
t1078_k	1350	30.1 Luftnot - Arb_gen_k	Scale
t1080_k	1351	30.3 Luftnot - TonBez_k	Scale
t1083_k	1352	31.1 Enge im Brustkorb oder Giemen - Arb_gen_k	Scale
t1085_k	1353	31.3 Enge im Brustkorb oder Giemen - TonBez_k	Scale
t1088_k	1354	32.1 Übelkeit - Arb_gen_k	Scale
t1090_k	1355	32.3 Übelkeit - TonBez_k	Scale
t1093_k	1356	33.1 rheumatische Beschwerden - Arb_gen_k	Scale
t1095_k	1357	33.3 rheumatische Beschwerden - TonBez_k	Scale
t1098_k	1358	34.1 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - Arb_gen_k	Scale
t1100_k	1359	34.3 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - TonBez_k	Scale
t1103_k	1360	35.1 Krankheits- oder Grippegefühl - Arb_gen_k	Scale
t1105_k	1361	35.3 Krankheits- oder Grippegefühl - TonBez_k	Scale
t1108_k	1362	36.1 erhöhte Temperatur oder Fieber - Arb_gen_k	Scale
t1110_k	1363	36.3 erhöhte Temperatur oder Fieber - TonBez_k	Scale
t1112_k	1364	37. Leerzeile_k	Scale
t1114_k	1365	38.1 trockene, juckende oder brennende Augen - Arb_gen_k	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1116_k	1366	38.3 trockene, juckende oder brennende Augen - TonBez_k	Scale
t1119_k	1367	39.1 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - Arb_gen_k	Scale
t1121_k	1368	39.3 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - TonBez_k	Scale
t1124_k	1369	40.1 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - Arb_gen_k	Scale
t1126_k	1370	40.3 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - TonBez_k	Scale
t1129_k	1371	41.1 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - Arb_gen_k	Scale
t1131_k	1372	41.3 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - TonBez_k	Scale
t1134_k	1373	42.1 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - Arb_gen_k	Scale
t1136_k	1374	42.3 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - TonBez_k	Scale
t1139_k	1375	43.1 Husten oder Reizhusten - Arb_gen_k	Scale
t1141_k	1376	43.3 Husten oder Reizhusten - TonBez_k	Scale
t1144_k	1377	44.1 Halsschmerzen - Arb_gen_k	Scale
t1146_k	1378	44.3 Halsschmerzen - TonBez_k	Scale
t1149_k	1379	45.1 Schluckbeschwerden - Arb_gen_k	Scale
t1151_k	1380	45.3 Schluckbeschwerden - TonBez_k	Scale
t1154_k	1381	46.1 veränderter Geschmack - Arb_gen_k	Scale
t1156_k	1382	46.3 veränderter Geschmack - TonBez_k	Scale
t1159_k	1383	47.1 offene oder blutende Hautstellen - Arb_gen_k	Scale
t1161_k	1384	47.3 offene oder blutende Hautstellen - TonBez_k	Scale
t1164_k	1385	48.1 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - Arb_gen_k	Scale
t1166_k	1386	48.3 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - TonBez_k	Scale
t1169_k	1387	49.1 trockene oder juckende Gesichtshaut - Arb_gen_k	Scale
t1171_k	1388	49.3 trockene oder juckende Gesichtshaut - TonBez_k	Scale
t1174_k	1389	50.1 trockene oder juckende Hände - Arb_gen_k	Scale
t1176_k	1390	50.3 trockene oder juckende Hände - TonBez_k	Scale
t1179_k	1391	51.1 Durchfall - Arb_gen_k	Scale
t1181_k	1392	51.3 Durchfall - TonBez_k	Scale
t1184_k	1393	52.1 Juckreiz am After - Arb_gen_k	Scale
t1186_k	1394	52.3 Juckreiz am After - TonBez_k	Scale
t1189_k	1395	53.1 Unfruchtbarkeit - Arb_gen_k	Scale
t1191_k	1396	53.3 Unfruchtbarkeit - TonBez_k	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1043k	1397	23.1 Konzentrationsschwäche - Arb_gen_k	Scale
t1045k	1398	23.3 Konzentrationsschwäche - TonBez_k	Scale
t1048k	1399	24.1 Energielosigkeit oder Müdigkeit - Arb_gen_k	Scale
t1050k	1400	24.3 Energielosigkeit oder Müdigkeit - TonBez_k	Scale
t1053k	1401	25.1 Benommenheit - Arb_gen_k	Scale
t1055k	1402	25.3 Benommenheit - TonBez_k	Scale
t1058k	1403	26.1 Reizbarkeit - Arb_gen_k	Scale
t1060k	1404	26.3 Reizbarkeit - TonBez_k	Scale
t1063k	1405	27.1 Kopfschmerzen - Arb_gen_k	Scale
t1065k	1406	27.3 Kopfschmerzen - TonBez_k	Scale
t1068k	1407	28.1 Schwindel oder Kreislaufschwäche - Arb_gen_k	Scale
t1070k	1408	28.3 Schwindel oder Kreislaufschwäche - TonBez_k	Scale
t1073k	1409	29.1 Magenkrämpfe - Arb_gen_k	Scale
t1075k	1410	29.3 Magenkrämpfe - TonBez_k	Scale
t1078k	1411	30.1 Luftnot - Arb_gen_k	Scale
t1080k	1412	30.3 Luftnot - TonBez_k	Scale
t1083k	1413	31.1 Enge im Brustkorb oder Giemen - Arb_gen_k	Scale
t1085k	1414	31.3 Enge im Brustkorb oder Giemen - TonBez_k	Scale
t1088k	1415	32.1 Übelkeit - Arb_gen_k	Scale
t1090k	1416	32.3 Übelkeit - TonBez_k	Scale
t1093k	1417	33.1 rheumatische Beschwerden - Arb_gen_k	Scale
t1095k	1418	33.3 rheumatische Beschwerden - TonBez_k	Scale
t1098k	1419	34.1 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - Arb_gen_k	Scale
t1100k	1420	34.3 Schmerzen in den Muskeln oder Muskelkrämpfe - TonBez_k	Scale
t1103k	1421	35.1 Krankheits- oder Grippegefühl - Arb_gen_k	Scale
t1105k	1422	35.3 Krankheits- oder Grippegefühl - TonBez_k	Scale
t1108k	1423	36.1 erhöhte Temperatur oder Fieber - Arb_gen_k	Scale
t1110k	1424	36.3 erhöhte Temperatur oder Fieber - TonBez_k	Scale
t1112k	1425	37. Leerzeile_k	Scale
t1114k	1426	38.1 trockene, juckende oder brennende Augen - Arb_gen_k	Scale
t1116k	1427	38.3 trockene, juckende oder brennende Augen - TonBez_k	Scale
t1119k	1428	39.1 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - Arb_gen_k	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1121k	1429	39.3 Spannungs- oder Druckgefühl im Bereich der Zähne oder der Nasennebenhöhlen - TonBez_k	Scale
t1124k	1430	40.1 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - Arb_gen_k	Scale
t1126k	1431	40.3 Heiserkeit oder trockener Nasen- Rachenraum - TonBez_k	Scale
t1129k	1432	41.1 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - Arb_gen_k	Scale
t1131k	1433	41.3 gereizte, verstopfte oder laufende Nase - TonBez_k	Scale
t1134k	1434	42.1 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - Arb_gen_k	Scale
t1136k	1435	42.3 gestörte oder belästigende Geruchswahrnehmungen - TonBez_k	Scale
t1139k	1436	43.1 Husten oder Reizhusten - Arb_gen_k	Scale
t1141k	1437	43.3 Husten oder Reizhusten - TonBez_k	Scale
t1144k	1438	44.1 Halsschmerzen - Arb_gen_k	Scale
t1146k	1439	44.3 Halsschmerzen - TonBez_k	Scale
t1149k	1440	45.1 Schluckbeschwerden - Arb_gen_k	Scale
t1151k	1441	45.3 Schluckbeschwerden - TonBez_k	Scale
t1154k	1442	46.1 veränderter Geschmack - Arb_gen_k	Scale
t1156k	1443	46.3 veränderter Geschmack - TonBez_k	Scale
t1159k	1444	47.1 offene oder blutende Hautstellen - Arb_gen_k	Scale
t1161k	1445	47.3 offene oder blutende Hautstellen - TonBez_k	Scale
t1164k	1446	48.1 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - Arb_gen_k	Scale
t1166k	1447	48.3 trockene, juckende oder gerötete Kopfhaut - TonBez_k	Scale
t1169k	1448	49.1 trockene oder juckende Gesichtshaut - Arb_gen_k	Scale
t1171k	1449	49.3 trockene oder juckende Gesichtshaut - TonBez_k	Scale
t1174k	1450	50.1 trockene oder juckende Hände - Arb_gen_k	Scale
t1176k	1451	50.3 trockene oder juckende Hände - TonBez_k	Scale
t1179k	1452	51.1 Durchfall - Arb_gen_k	Scale
t1181k	1453	51.3 Durchfall - TonBez_k	Scale
t1184k	1454	52.1 Juckreiz am After - Arb_gen_k	Scale
t1186k	1455	52.3 Juckreiz am After - TonBez_k	Scale
t1189k	1456	53.1 Unfruchtbarkeit - Arb_gen_k	Scale
t1191k	1457	53.3 Unfruchtbarkeit - TonBez_k	Scale
t1203k	1458	56.1 Unbefriedigende Tätigkeit_k	Scale
t1205k	1459	56.2 Zu viel Arbeit_k	Scale
t1207k	1460	56.3 Lärm, Dauergeräusche_k	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
t1209k	1461	56.4 Beleuchtungsverhältnisse_k	Scale
t1211k	1462	56.5 Räumliche Verhältnisse_k	Scale
t1213k	1463	56.6 Schwierigkeiten mit Kollegen_k	Scale
t1215k	1464	56.7 Zu warme Raumtemperaturen_k	Scale
t1217k	1465	56.8 Zu kühle Raumtemperaturen_k	Scale
t1219k	1466	56.9 Zu wechselhafte Raumtemperaturen_k	Scale
t1221k	1467	56.10 Trockene Luft_k	Scale
t1223k	1468	56.11 Verbrauchte Luft_k	Scale
t1225k	1469	56.12 Zegerscheinungen_k	Scale
t1227k	1470	56.13 Fehlende Fensterlüftung_k	Scale
t1229k	1471	56.14 Staub und Schmutz_k	Scale
t1231k	1472	56.15 Passivrauchen_k	Scale
t1233k	1473	56.16 Statische Aufladung_k	Scale
<b>WEITERE LABORERGBNISSE UND BERECHNETE INDIZES</b>			
d2_001	1474	GZ (Bearbeitungstempo)	Scale
d2_002	1475	1. PR (Q) Prozentrangwert (Quantilwert) fuer GZ	Ordinal
d2_003	1476	2. SW (Standardwert) fuer GZ	Ordinal
d2_004	1477	3. F (Fehlerrohwert, Summe aus Auslassungsfehlern F1 und Verwechslungsfehlern F2)	Scale
d2_005	1478	F% (Sorgfalt)	Scale
d2_006	1479	5. PR (Q) fuer F%	Ordinal
d2_007	1480	GZ-F (Gesamtleistungswert)	Scale
d2_008	1481	KL (Konzentrationsleistungswert)	Scale
d2_009	1482	8. PR (Q) fuer KL	Ordinal
d2_010	1483	9. SW fuer KL	Ordinal
d2_011	1484	10. SB (Schwankungsbreite) GZmax. minus GZmin.	Ordinal
d2_012	1485	11. Fazit	Ordinal
d2_tclos	1486	<none>	Ordinal
d2_tend	1487	<none>	Nominal
d2_tstar	1488	<none>	Nominal
d2_file	1489	Case source is ...sers: AzNG5: Documents: AzN_Tonerbericht Kopie: DatenBericht03052007: D2_Toner03052007.sav	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
FamL	1490	Ledig	Scale
FamV	1491	Verheiratet	Scale
FamG	1492	Geschieden/ Getrennt	Scale
SmokeStat	1493	Rauchstatus	Scale
indtot	1494	Gesamtbeschwerdeindex	Scale
ksk	1495	STANDARD. KOERPERLICHE SUMMENSKALA	Scale
psk	1496	STANDARD. PSYCHISCHE SUMMENSKALA	Scale
flzges	1497	FLZ Gesundheit	Scale
flzarb	1498	FLZ Arbeit und Beruf	Scale
flzfin	1499	FLZ Finanzielle Lage	Scale
flzfre	1500	FLZ Freizeit	Scale
flzehe	1501	FLZ Ehe und Partnerschaft	Scale
flzkin	1502	FLZ Bez. zu eigenen Kindern	Scale
flzper	1503	FLZ Eigene Person	Scale
flzsex	1504	FLZ Sexualitaet	Scale
flzbek	1505	FLZ Freunde, Bekannte, Verwandte	Scale
flzwoh	1506	FLZ Wohnung	Scale
flzsum	1507	FLZ Allgemeine Lebenszufriedenheit	Scale
uwb_tot	1508	Allgemeiner UWB-Index: Summe 1- 16	Scale
uwb_alb	1509	Allgemeine UWB, Summe 5, 13, 14, 15, 16	Scale
uwb_ind	1510	Individuelle UWB, Summe 2, 3, 7, 11, 12	Scale
uwb_qai	1511	Quotient allgem./ ind. UWB	Scale
tla027	1512	24. CrP (mg/l)	Scale
IgEe	1513	IgE > 100	Scale
tla025	1514	IgE [U/ml]	Scale
alter_k	1515	Altersklasse	Scale
tla003	1516	2. FEV 1 Messung morgens (l)	Scale
tla004	1517	3. FEV 1 Messung mittags (l)	Scale
tla005	1518	4. FEV 1 Messung abends (l)	Scale
tla006	1519	5. VK Messung morgens (l)	Scale
tla007	1520	6. VK Messung mittags (l)	Scale
tla008	1521	7. VK Messung abends (l)	Scale
FEVck1	1522	FEV1 morgens = 80% der VK morgens	Scale

Variable	Position	Label	Measurement Level
FEVck2	1523	FEV1 mittags = 80% der VK mittags	Scale
FEVck3	1524	FEV1 abends = 80% der VK abends	Scale
stleb	1525	FPIR_Stanine 1 - LEBENSZUFRIEDENHEIT	Scale
stsoz	1526	FPIR_Stanine 2 - SOZIALE ORIENTIERUNG	Scale
stlei	1527	FPIR_Stanine 3 - LEISTUNGSORIENTIERUNG	Scale
stgeh	1528	FPIR_Stanine 4 - GEHEMMTHEIT	Scale
sterr	1529	FPIR_Stanine 5 - ERREGBARKEIT	Scale
staggr	1530	FPIR_Stanine 6 - AGGRESSIVITAET	Scale
stbean	1531	BEANSPRUCHUNG (FPI-R 7, Stanine)	Scale
stkoerp	1532	FPIR_Stanine 8 - KOERPERLICHE BESCHWERDEN	Scale
stges	1533	FPIR_Stanine 9 - GESUNDHEITSSORGEN	Scale
stoff	1534	FPIR_Stanine 10 - OFFENHEIT	Scale
stextr	1535	FPIR_Stanine E- EXTRAVERSION	Scale
stemot	1536	FPIR_Stanine N - EMOTIONALITAET	Scale

## 8.9 Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung im Rahmen der vorliegenden Studie wurden eine Reihe von unterschiedlichen Maßnahmen eingesetzt, die sich sowohl auf den administrativen als auch auf technischen Bereich inklusive der Schulung des Messpersonals beziehen.

Folgende Punkte fanden Berücksichtigung:

- a. Beschreibung des vollständigen Probennahmeverfahrens sowie der verwendeten Geräte (SOP, Standardarbeitsanweisung und Arbeitsvorschriften)
- b. Schulung des Messpersonals (Studienteil A)
- c. Qualitätssicherung bei der VOC-Bestimmung (Studienteil A)
- d. Qualitätssicherung bei der Elektronenmikroskopie (REM/TEM)(Studienteil A)
- e. Qualitätssicherung zu Studienteil B
- f. Qualitätssicherung bei der Bestimmung der Metalle im Urin (Studienteil C)
- g. Qualitätssicherung der Lungenfunktionsanalyse ausgewählter Probanden (Studienteil C)
- h. Qualitätssicherungsbeauftragte und Qualitätsmanagementplan

*a. Beschreibung des vollständigen Probennahmeverfahrens sowie der verwendeten Geräte (SOP, Standardarbeitsanweisung).* Für die Messungen von Temperatur, Feuchte sowie für die Probennahme zur Bestimmung der Konzentrationen an anorganischen Gasen, Formaldehyd, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Stäuben lagen Standardarbeitsanweisungen vor. In ihr sind alle Schritte Probennahme beschrieben. Im Hinblick auf die Inbetriebnahme und Messvorgang der Geräte lagen die jeweiligen Gerätehandbücher der Hersteller zugrunde. Diese enthalten die Gerätebeschreibungen, Angaben zur Inbetriebnahme, Störungen und Wartungsarbeiten. Die Messgeräte wurden vor der Studie vom jeweiligen Gerätehersteller kalibriert (siehe auch Material und Methoden). Die Details der Messvorgänge wurden in einem Messprotokoll festgehalten, das für jede Messung Informationen über Ort, Datum und Zeitpunkt der Probennahme sowie den Probennehmern und die Bedingungen der Probennahme enthält. Die jeweiligen Arbeitsvorschriften, die zugehörigen Protokollblätter sowie Auswerteprotokolle finden sich in der Daten-DVD zum Bericht.

*b. Schulung des Messpersonals.* Die Probennahmeprotokolle und Messprotokolle wurden von qualifiziertem Personal der Messtechnik und Analytik (Chemiker) verfasst. Das Messpersonal, das vor Ort in die Büroräumen die Innenraumluftmessungen übernahmen (Biologen, Chemiker, Pharmazeuten), wurden durch erfahrene Wissenschaftler des IIUT auf dem Gebiet der entsprechenden Probennahmetechnik und Analytik geschult und eingearbeitet. Weiterhin nahmen sie an Weiterbildungsveranstaltungen und Qualitätssicherungsmaßnahmen (z.B. Workshop Thermodesorption/GC-MS) teil.

*c. Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der VOC-Bestimmung.* Die Qualitätssicherung der Probenahme bestand aus der regelmäßigen Prüfung des Volumenstromes der zur Probenahme eingesetzten Pumpen. Die Flussrate der Probenahmepumpe wurde vor und nach jeder Messung mit einem elektronischen Kalibrator Optiflow 650 (Seifenblasen-Gasvolumendurchflussmessgerät) der Firma Agilent Technologies überprüft. Die Qualitätssicherung des GC-MSD erfolgte durch das Vermessen einer Toluol-Standardlösung innerhalb eines Analysenzyklus. Abweichungen in der Quantifizierung der Toluol-Standardlösung sind Hinweise auf Störungen oder Veränderungen der Gerätefunktion. Weiterhin wurde das Tuning des Massenspektrometers überprüft und Tunefilereports erstellt. Änderungen der Intensität des Signals sind Anzeichen für Veränderungen am MS-Gerät (s. auch Kap. 1.1.4.3).

*d. Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Elektronenmikroskopie (REM/TEM).* Gemäß seinem Leistungsspektrum nimmt das IPAS an folgenden Maßnahmen zur Qualitätssicherung teil: Von der Akkreditierungsstelle der Länder für Mess- und Prüfstellen AKMP gemäß § 18 Abs. 2 GefStoffV Akkreditiertes Prüflabor: Geltungsbereich Analytik von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz. Gruppe 2 Faserstäube (einschließlich Asbest in mineralischen Rohstoffen). Teilnahme (auch als Ausrichter) an Ringversuchen zur elektronenmikroskopischen Analyse anorganischer Fasern in der Luft und in der menschlichen Lunge. Weiterhin fand Teilnahmen an Ringversuchen statt: ZH 1/120.31 BIA, 1. Ringversuch VDI 3492 als Teilnehmer, 2. Ringversuch VDI 3492 im Rahmen der Teilnahme als Referenzlabor, Lungenstaubfaseranalytik IOM Edinburgh, UK, sowie Lungenstaubfaseranalytik: EU-Projekt zur Herstellung von zertifizierten Referenzmaterial.

Im Rahmen der hier vorliegenden Pilotstudie wurden weiterhin folgende Qualitätssicherungsmaßnahmen durchgeführt: Die Wägungen beaufschlagter Filter erfolgten zusammen mit Referenzfiltern (Null und Endmessungen) mit einer Mettlerwaage ME30 mit Wartungsvertrag und jährlicher Kontrolle. Die Elementanalysen im REM und TEM wurden mittels energiedispersiver Röntgenmikroanalyse der Firma Getac (KeveX) durchgeführt, deren

Überprüfung und Einstellung erfolgte wöchentlich mit einem Cu-Standard und monatlich am REM mit einem zertifizierten Elementstandard (Kristalle mit geeichter Elementzusammensetzung). Für die Kontrolle und Einstellung der Vergrößerungen an beiden Elektronenmikroskopen dienen entsprechende Vergrößerungsstandards mit Gitterabständen von 9,87 µm (REM) und 0,463 µm (TEM); werden vierteljährlich durchgeführt.

*e. Qualitätssicherung für Studienteil B:* vgl.hierzu die Ausführungen zur Qualitätssicherung in Kap. 2 sowie die im Anhang unter den Punkte 8.6 - 8.9 dargestellten Studienprotokolle sowie die vollständige Frage- und Itemliste und der umweltmedizinische Fragebogen des IfHU und HZKUM.

*f. Qualitätssicherung bei der Bestimmung der Metalle im Urin (Studienteil C):* vgl. hierzu Kap. 3.1.

*g. Qualitätssicherung der Lungenfunktionsanalyse ausgewählter Probanden (Studienteil C):* Die Lungenfunktionsprüfungen an ausgewählten Probanden wurden nach den Leitlinien der Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM 2004, <http://www-dgaum.med.uni-rostock.de/leitlinien/lungfunk.htm>) durchgeführt. Für diese Studie sind außer der Difussionskapazität und der Blutgasanalyse alle qualitätssichernden Massnahmen zur Anwendung gekommen.

*h. Qualitätssicherungsbeauftragte und Qualitätsmanagementplan.* Da es sich bei dieser Studie um eine Pilotstudie handelte wurde kein Qualitätssicherungsbeauftragter benannt und kein Qualitätsmanagementplan erstellt.

## Impressum

Bis 30.09.2007

Univ.-Professor Dr. med. Volker H. Mersch-Sundermann  
Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie (IIUT)  
Fachbereich Medizin der  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen  
Aulweg 123  
D-35392 Gießen

Tel.: 0621 99 41400

Fax.: 0621 99 41409

Email: [inge.bechtum@uniklinikum-giessen.de](mailto:inge.bechtum@uniklinikum-giessen.de)

Homepage: <http://www.uniklinikum-giessen.de/toxi>

Ab 01.10.2007

Univ.-Professor Dr. med. Volker H. Mersch-Sundermann  
Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene (IUK)  
Department of Environmental Health Sciences  
Medizinische Fakultät der  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Universitätsklinikum Freiburg  
Breisacher Strasse 115b  
D-79106 Freiburg

Tel.: 0761 270 8205

Fax.: 0761 270 8213

Email: [volker.mersch-sundermann@uniklinik-freiburg.de](mailto:volker.mersch-sundermann@uniklinik-freiburg.de)

Homepage: [www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/index.html](http://www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/index.html)