

**Gefährdung von
Zahntechnikern durch lungengängige Stäube
bei der Bearbeitung von Verblendkomposits
in der Zahnmedizin**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Jacqueline Göhler
geboren am 09. Juli 1978 in Gera

Gutachter 1 _____

Gutachter 2 _____

Gutachter 3 _____

Tag der öffentlichen Verteidigung:

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Verzeichnis der Abkürzungen	
2	Zusammenfassung	1
3	Einleitung	3
4	Problemstellung	4
4.1	Einführung in die Staubproblematik – Staubentstehung, Vorkommen und Staubarten	4
4.2	Staub als Gesundheitsproblem	6
4.2.1	Wirkung von Stäuben auf das broncho-pulmonale System	6
4.2.2	Erkrankungsformen durch Staubkontamination	8
4.2.3	MAK-, TRK- und Staub-Grenzwerte	9
4.3	Staubbelastung von Zahntechnikern – ein arbeitsmedizinisches Problem	10
4.3.1	Staubintensive zahntechnische Arbeiten	10
4.3.2	Potentielle gesundheitliche Risiken zahnmedizinischer Werkstoffe	11
4.3.3	Staubbedingte Erkrankungsformen bei Zahntechnikern	16
4.3.4	Kasuistiken und Reihenuntersuchungen von Zahntechnikern mit Atemwegserkrankungen	17
4.3.5	Messung von Stäuben am Arbeitsplatz	20
4.3.6	Mitteilungen zu Staubmessungen in Dentallaboratorien	22
4.4	Verblendkunststoffe in der Zahnmedizin – eine Gesundheitsgefahr für Zahntechniker?	26
4.4.1	Geschichte der Verblendkomposite	26
4.4.2	Bedeutung der Verblendkomposits	26
4.4.3	Derzeitige Verblendwerkstoffe	27
4.4.4	Relevanz von Stäuben aus Verblendkompositmaterial	27
5	Ziel der Arbeit	28
6	Material und Methode	29
6.1	Werkstoffe	29
6.1.1	Sinfony® (Fa. Espe)	29

6.1.2	Artglass® (Fa. Heraeus Kulzer)	29
6.1.3	Targis®/Vectris® (Fa. Ivoclar-Vivadent)	30
6.2	Instrumente	31
6.2.1	Rotierende Werkzeuge für den Werkzeugvergleich	32
6.2.2	Rotierende Werkzeuge für morphologische Untersuchung am Rasterelektronenmikroskop	34
6.3	Angewandte Untersuchungsmethoden	37
6.3.1	Gravimetrische Staubmessung mit zweistufigem Staubprobenahmegerät SPG 210	37
6.3.2	Numerische Staubmessung mit Konimeter Modell 10 des VEB Carl Zeiss Jena	38
6.4	Durchführung der Staubmessung	39
6.4.1	Auswahl und Beschreibung der Messorte	39
6.4.2	Versuchsaufbau	40
6.4.3	Laufzeit des gravimetrischen Staubprobenahmegerätes	41
6.4.4	Berechnung der Gesamt-, Grob- und Feinstaubkonzentration	44
6.4.4	Statistische Auswertung der gravimetrischen Messergebnisse	45
6.5	Untersuchung der Raumluft auf organisch-chemische Stoffe	45
6.6	Bestimmung der Pulvermorphologie mit dem Rasterelektronenmikroskop	46
6.6.1	Morphologische Analyse der Grobstäube	46
6.6.2	Morphologische Analyse des Gesamtstaubes aus verschiedenen Bearbeitungen des Werkstoffs Sinfony®	46
6.7	Fragebogenerhebung bei Zahntechnikerkollektiv	47
6.7.1	Beschreibung des Probandengutes	48
6.8	Lungenfunktionsprüfung bei Zahntechnikerkollektiv	49
7	Ergebnisse	50
7.1	Ergebnisse der gravimetrischen Staubmessung im Dentallabor	50
7.2	Ergebnisse der gravimetrischen Staubprobenahmen am Modellarbeitsplatz	51
7.2.1	Ergebnisse der Pilotstudie	51
7.2.2	Hauptuntersuchung	52
7.3	Ergebnisse der konimetrischen Staubmessung	58
7.4	Ergebnisse der Passivsammlung	58

7.5	Ergebnisse der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung	60
7.6	Fragebogenauswertung	67
7.7	Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung	74
8	Diskussion	77
8.1	Vergleichbarkeit der Messergebnisse	77
8.2	Einflussfaktoren während der Probenahmen	77
8.2.1	Schleifmitteleigenschaften	78
8.2.2	Drehzahl	78
8.2.3	Druck	79
8.2.4	Schnittgeschwindigkeit	80
8.2.5	Schneidleistung	80
8.2.6	Weitere mögliche Störgrößen	80
8.3	Erörterung der Staubmessung und ihrer Ergebnisse	81
8.3.1	Staubmenge/Staubkonzentration am Modellarbeitsplatz	82
8.3.2	Staubmenge/Staubkonzentration im Dentallabor	84
8.3.3	Erörterung der Passivsammlermessung	85
8.3.4	Erörterung von Absaugeinrichtungen und weiteren Schutzmaßnahmen	86
8.4	Erörterung der Rasterelektronenmikroskopischen-Untersuchung	88
8.5	Erörterung der Fragebogen- und Lungenfunktionsuntersuchung	90
8.5.1	Auswertung der Fragebögen	90
8.5.2	Beurteilung der Befunde der Lungenfunktionsprüfung	93
8.6	Schlussfolgerung und Arbeitshinweise für Zahntechniker und Zahnarzt	95
9	Literaturverzeichnis	
10	Umweltmedizinischer Fragebogen	
11	Anhang	
	Lebenslauf	
	Danksagung	
	Ehrenwörtliche Erklärung	

Tab. 1:	Staubarten	5
Tab. 2:	Allgemeine internationale Staubgrenzwerte	10
Tab. 3:	Bearbeitungsinstrumente für Verblendkomposite	33
Tab. 4:	Erläuterungen zu weiteren rotierenden Werkzeugen	34
Tab. 5:	Bearbeitungsinstrumente für Verblendkomposite	36
Tab. 6:	Altersverteilung beider Geschlechter	48
Tab. 7:	Verteilung der Berufsjahre im Kollektiv	49
Tab. 8:	Staubmessung im Dentallabor	50
Tab. 9:	Messergebnisse der Pilotstudie zum Werkstoffvergleich mit Hartmetallfräse FX bei 10.000 U/min	51
Tab. 10:	Messergebnisse zum Werkzeugvergleich anhand Sinfony	51
Tab. 11:	Werkstoffvergleich anhand Hartmetallfräser bei 10.000 U/min	53
Tab. 12:	Werkzeugvergleich anhand Sinfony®	56
Tab. 13:	Konzentration flüchtiger organischer Verbindungen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in der Zahntechnik	59
Tab. 14:	Messergebnisse der Lungefunktionprüfung	75
Tab. 15:	Nicht pathologische Befunde	76
Tab. 16:	Pathologische Befunde	76
Abb. 1:	Hartmetallfräser FX 040 (12-facher Vergrößerung)	32
Abb. 2:	Diamantschleifer Busch 014 (15-facher Vergrößerung)	32
Abb. 3:	Hartmetallfräser FFX 016 (16-fache Vergrößerung)	35
Abb. 4:	Hartmetallfräser R 012 (24-fache Vergrößerung)	35
Abb. 5:	Diamant gesintert (13-facher Vergrößerung)	35
Abb. 6:	Werkzeugvergleich ohne Absaugung	53
Abb. 7:	Werkstoffvergleich mit Absaugung	54
Abb. 8:	Gegenüberstellung Gesamtstäube mit und ohne Absaugung im Werkstoffvergleich	54
Abb. 9:	Boxplotdarstellung der Grob- und Feinstäube ohne Absaugung im Werkstoffvergleich	55
Abb. 10:	Werkzeugvergleich ohne Absaugung	57
Abb. 11:	Werkzeugvergleich mit Absaugung	57
Abb. 12:	Gegenüberstellung Grobstäube mit und ohne Absaugung im Werkzeugvergleich	58
Abb. 13:	Gegenüberstellung Feinstäube mit und ohne Absaugung im Werkzeugvergleich	58

Abb. 14: Summarische Darstellung der in Gruppen zusammengefassten Substanzen in den Untersuchungsräumen	59
Abb. 15: Summarische Angaben der organisch-chemischen Substanzen in den untersuchten Räumen	60
Abb. 16: Grobstaub als Vehikel für Feinstäube am Beispiel des Silico-Silikonpolierers (1000-fache Vergrößerung)	61
Abb. 17: Darstellung verbackener, verschmolzener Stäube (3000-fache Vergrößerung)	61
Abb. 18: Sinfony-Span der HMF 040 (300-fache Vergrößerung)	62
Abb. 19: Artglasspan der HMF 040 (300-fache Vergrößerung)	62
Abb. 20: Targis-Span der HMF 040 (300-fache Vergrößerung)	62
Abb. 21: Targis/Vectris-Span der HMF 040 (300-fache Vergrößerung)	62
Abb. 22: Lungengängige Partikel aus dem mit Compo Site Fine bearbeitetem Sinfony® (3000-fache Vergrößerung)	63
Abb. 23: Lungengängige Partikel aus dem mit Soft Cut Silikonpolierer bearbeitetem Sinfony® (3000-fache Vergrößerung)	63
Abb. 24: Hartmetallfräser FFX (300-fache Vergrößerung)	64
Abb. 25: Hartmetallfräser FX (300-fache Vergrößerung)	64
Abb. 26: Hartmetallfräser R (300-fache Vergrößerung)	64
Abb. 27: Metallspan aus der Bearbeitung mit Diamant (1740-fache Vergrößerung)	65
Abb. 28: Polierkörper aus Compo Master (3000-fache Vergrößerung)	65
Abb. 29: Abrieb aus Keramikpolierer (1000-fache Vergrößerung)	66
Abb. 30: Adhäsion feinsten Staubteilchen auf Schleifkorn aus Korundstein (1000-fache Vergrößerung)	66
Abb. 31: Umgang mit Kunststoffen	67
Abb. 32: Metall- und Legierungsgebrauch	68
Abb. 33: Anzahl der Zahntechniker in der jeweiligen Technologie	69
Abb. 34: Derzeitige Beschwerden der Zahntechniker	71
Abb. 35: Anlässe für Beschwerden	71
Abb. 36: Anzahl der Krankheitstage im untersuchten Zahntechnikerkollektiv	73
Abb. 37: Boxplot der Lungenfunktionsparameter Ist-Zustand	75
Abb. 38: Boxplot der Lungenfunktionsparameter Ist/Soll-Wert	75

1 Verzeichnis der Abkürzungen

ACGIH:	American Conference of Government Industrial Hygienists
Al ₂ O ₃ :	Aluminiumoxid, Elektrokorund
BIA:	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
Co, Cr, Mo	Cobalt, Chrom, Molybdän
DFG:	Deutsche Forschungsgemeinschaft
EGKS:	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
FEV 1 % VC IN (%):	relative Sekundenkapazität; Tiffeneau-Index
FEV 1:	absolute Sekundenkapazität; forciertes expiratorisches Volumen
HM-Fräser:	Hartmetall-Fräser
ITGV:	intrathorakales Gasvolumen
Ni, Au, Ag, Pt:	Nickel, Gold, Silber, Platin
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration
REM:	Rasterelektronenmikroskop
R tot:	totale Resistance
RV:	Residualvolumen
SiC:	Siliziumcarbid
SiO ₂ :	Siliziumoxid
SR tot:	spezifische Resistance (Resistance=Atemwegswiderstand)
TLC:	totale Lungenkapazität
TRGS:	technischen Regeln für Gefahrenstoffe
U/min:	Umdrehungen pro Minute
VBG:	Unfallverhütungsvorschrift im Gesundheitsdienst (seit 1987)
VC:	Vitalkapazität
WS-Fräser:	Werkzeugstahl-Fräser

2 Zusammenfassung

Beim Bearbeiten von Zahnersatzmaterialien kommt es zur Entstehung von Stäuben, Dämpfen und Gasen in der Raumluft. Veröffentlichungen der 80er Jahre, insbesondere der Arbeitsgruppe von KRONENBERGER et al. (1980a), verdeutlichen die Gefahr, hierdurch an einer berufsbedingten „Zahntechniker-Pneumokoniose“ durch NEM-Stäube zu erkranken.

Trotz eines steigenden Angebotes an Dentalwerkstoffen wurde das Arbeitsumfeld des Zahn-technikers seither wenig nach gesundheitlichen Gefahren untersucht. Die folgende Studie zeigt auf, wie hoch die Gefährdung von Zahn Technikern durch lungengängige Stäube bei der Bearbeitung von Verblendkomposits sein kann unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren, wie Werkstoff, Werkzeug, Absaugung oder Drehzahl.

In den Jahren 2000/2001 wurden zweistufige gravimetrische Staubmessungen mit dem Staubprobennahmegerät SPG 210 durchgeführt. Eine Messserie setzte sich aus vier Einzelmessungen zusammen. Dabei wurde nach Beendigung des 45-minütigen Schleifvorgangs die Einzelmessung um weitere 15 Minuten fortgesetzt. An einem Modellarbeitsplatz konnten bei gleicher Bearbeitungsmethode in einem Werkstoffvergleich Gesamt-, Grob- und Feinstaub von Prüfkörpern aus Sinfony®, Artglass® und Targis®/Vectris® mit und ohne Absaugschublade (Fa. Wassermann) gemessen und die Staubkonzentration in mg/m^3 berechnet werden. Die ausgewählten Verblendkunststoffe wiesen dabei ein gestaffeltes Staubmengenbildungsverhalten auf (z. B. mit Absaugung: Artglass® < Targis® < Sinfony® < Targis®/Vectris®). Dennoch kam es während der Staubmessungen mit Absaugung zu keinen nennenswerten Staubbelastungen durch Verblendkomposits, denn eine Reduktion der Grob- und Feinstaubmengen bis nahezu 100 % wurde teils unter Absaugung erzielt. Ohne Absaugung hingegen machten die höheren Gesamtstaubdosen die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Nutzung von Staubschutzanlagen deutlich, da es sonst zu Überschreitungen der Allgemeinen Staubgrenzwerte kommen kann.

Ein am Werkstoff Sinfony® durchgeführter Werkzeugvergleich mit Hartmetallfräser, Diamantschleifer, Silikonrad, Gummipolierer, Keramik-Silikonpolierer, Korundstein und einer Ziegenhaarbürste ließ eine Abhängigkeit der Staubmengenbildung vom Bearbeitungsinstrument erkennen. Beim Bearbeiten zahnmedizinischer Verblendwerkstoffe entstehen alveolengängige Stäube, die aus dem Werkstoff- und Materialabrieb des Bearbeitungsinstrumentes resultieren. Vor allem Poliergummis führen durch einen starken Abrieb zu hohen Grobstaub-

mengen. Die Auswertung einer einmonatigen Passivsammlermessung ergab Hinweise auf volatile Substanzen aus der Kunststoffverarbeitung, welche in Zukunft Gegenstand weiterer Studien sein sollten.

Die in einem Dentallabor durchgeführten gravimetrischen Schichtmessungen über zwölf Stunden an den Technikerarbeitsplätzen, im Gipsbereich, an einem Drei-Kammer Strahler und einem Trennschleifer zeigten für die Grenzwerte der „A-Fraktion“ keine Überschreitungen. Die Grenzwerte für die „E-Fraktion“ konnten jedoch nicht in jedem Fall eingehalten werden.

Die Mischstäube verschiedener Schleif- und Polierarbeiten offenbarten bei der rasterelektronenmikroskopischen Betrachtung lungen- und alveolengängige Partikel, die sowohl vom Werkstoff als auch Werkzeug stammen können. Grobstaubpartikel dienen dabei häufig als Vehikel für den Feinstaub. Spitze Kunststoffspäne aus der Bearbeitung mit Fräsern sind von kantigen, scharfen Schleifkörnern aus dem Polierinstrument zu unterscheiden. Beide stellen Gefahren für Verletzungen der Schleimhäute des Atemtraktes oder der Haut und Augen des Anwenders dar. Deshalb erfordern Schleifvorgänge Schutzmaßnahmen in Form von Schutzbrillen, Mundschutz, Handschuhen und Absauganlagen. Dass diese Hilfsmittel nicht von jedem Zahntechniker, bisweilen sogar nie in Anspruch genommen werden, ergab eine arbeitsmedizinisch orientierte Befragung an freiwilligen Zahntechnikern (n = 14, Alter 45,7 Jahre, 29 ± 8 Berufsjahre) mittels eigens erstelltem Fragebogen. In den Laboratorien befinden sich unterschiedliche Staubschutzeinrichtungen. Obwohl jeder Arbeitsplatz über eine Platzabsaugung verfügt, berichten einige Befragte über Beschwerden des Atemtraktes, welche im Zusammenhang mit den Arbeitsmaterialien bzw. dem Nichtgebrauch der Absaugungen stehen können. Bodyplethysmographische Lungenfunktionprüfungen ergaben bei drei Probanden Hinweise auf relevante obstruktive bzw. restriktive Einschränkungen der Lungenfunktion, jedoch nicht im Sinne einer Pneumokoniose. Nach KRONENBERGER (1987) jedoch eignet sich dieses Verfahren nicht zur Erfassung der Auswirkungen beruflicher Stäube auf die Lungenfunktion, so dass diese Befunde mit Hilfe von Radiologie und Morphologie zu prüfen sind.

Insgesamt ist trotz Nachweis lungengängiger Stäube bei der Kunststoffverarbeitung ein Pneumokonioserisiko durch Verblendmaterialien weitgehend undenkbar. Unter heutigen Arbeitsschutzbedingungen sollte für Zahntechniker und Zahnärzte eine Risikominimierung gewährleistet sein. Ein individuell determiniertes, geringes Restrisiko kann dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden.

3 Einleitung

STAPPER berichtete 1990, dass von rund 46.000 Zahntechnikern im Bundesgebiet etwa 18.000 über gesundheitliche Probleme bei der Verarbeitung von Metallen (26 %) und Kunststoffen (63 %) klagten. Meist handelt es sich dabei um allergische Reaktionen.

Jeder Zahntechniker hat Umgang mit einer Vielzahl von Arbeitsstoffen, woraus sich sehr unterschiedliche arbeitsmedizinische Belastungen (wie z. B. Dermatosen, Pneumokoniosen) ergeben können (HOFMANN UND WALKER, 1999).

Eine nicht zu unterschätzende physikalische Belastung stellen die berufsbedingten Stäube aus der Bearbeitung von Mineralien, Metallen und Kunststoffen dar. Der Zahntechniker ist üblicherweise im Verlauf seiner Berufstätigkeit gegenüber einer Vielzahl von Stäuben exponiert. Veröffentlichungen der 80er Jahre, insbesondere aus den Arbeitsgruppen von KRONENBERGER et al. (1980a) und MORGENROTH (1983), verdeutlichen die Gefahr, durch Stäube an einer berufsbedingten „Zahntechniker-Pneumokoniose“ durch NEM-Stäube (z. B. aus Chrom-Cobalt-Legierungen) zu erkranken. Neuere Veröffentlichungen zeigen, dass diese Pneumokoniosen noch immer anzutreffen sind (SELDÉN et al., 1996; FROUDARAKIS et al., 1999; NAYEBZADEH et al., 1999).

Trotz eines steigenden Angebotes an Werkstoffen und Hilfswerkstoffen in der Dentalprothetik wurde das Arbeitsumfeld des Zahntechnikers in den letzten Jahren wenig hinsichtlich gesundheitlicher Gefahren untersucht. Besonders Verblendwerkstoffe sind bisher nicht auf ein mögliches Erkrankungsrisiko durch die bei der Ausarbeitung mit Schleif- und Polierinstrumenten entstehenden Stäube geprüft worden. Durch diesen Forschungsrückstand bleiben derzeit viele arbeitsmedizinische Fragen offen.

Zur Einschätzung der Staubbelastung im Umgang mit Verblendkomposits wurde im Zeitraum 2001/2002 ein staubmesstechnischer Werkstoff- und Materialvergleich an einem Modellarbeitsplatz durchgeführt. Ergänzt wurden diese Daten durch gravimetrische Staubkonzentrationsbestimmungen in einem Dentallabor. Parallel dazu fand eine Fragebogenerhebung und Lungenfunktionsprüfung ausgewählter Zahntechniker zur Beurteilung der Arbeitsverhältnisse und des Gesundheitszustandes statt. Die aus diesen Ergebnissen abzuleitenden Maßnahmen des arbeitsmedizinischen Gesundheitsschutzes wurden analysiert.

4 Problemstellung

4.1 Einführung in die Staubproblematik – Staubentstehung, Vorkommen und Staubarten

Staub besteht aus festen, kleinen Teilchen unterschiedlicher Größe, welche längere Zeit in der Luft schweben.

Nach DUCKE (1990) sind viele Arbeitsvorgänge in der Industrie, Landwirtschaft, im Bauwesen mit der Entstehung und Ausbreitung von Staub in der Atemluft verbunden. So rufen mechanische Zerkleinerungsprozesse fester Bestandteile wie Brechen, Bohren, Mahlen, Schneiden, Sägen, Zerstäuben, Schleifen und Polieren Staubbildungen hervor, welche nicht nur zur Verschmutzung der Umwelt beitragen, Luftverunreinigungen hervorrufen, sondern auch die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Werktätigen beeinträchtigen. Insbesondere durch die hohen Drehzahlen der Maschinen und die damit verbundenen Zentrifugalkräfte kommt es zu Aufwirbelungen der Stäube.

Wie WINKEL UND WALTER 1964 in ihrem Buch erwähnen, sind viele Industrieprodukte staubförmig, so z. B. Zement, Mineralfarben, Kunststoffe zum Verpressen, Füllstoffe für die Kautschukindustrie, Sintermetalle, keramische Grundstoffe und zahlreiche andere Materialien. Die Natur liefert auch natürliche Rohstoffe in staubförmigen Zustand wie Tone, Kieselgur, feinteilige Erze, Formsande und Kieselkreide.

MÜLLER (1964) gibt einen Überblick zu den häufigsten staubgefährdenden Arbeitsplätzen verschiedener Industrien. Neben dem Bergbau schließt er die keramische, metallurgische Industrie, den Steinbruch, Glasindustrie, Asbest- und Berylliumverarbeitung sowie Kieselgur-, Talkum- und Graphitverarbeitung, Emaille-Industrie und Schleiferberufe ein. Schon damals erwähnte MÜLLER das wenig bekannte Gefährdungspotential für die Berufsgruppe der Zahntechniker durch Quarzmehl in der Zahnprothetik.

Grundsätzlich sind in der Luft Staubteilchen in den Größenordnungen von etwa 0,1 bis 10 µm anzutreffen. Wasserunlösliche Teilchen erreichen auch Größen bis zu 500 µm. Die Literatur liefert unterschiedliche Bezeichnungen für Stäube, die in etwa der Korngröße folgen (Tab. 1). Seit in Kraft treten der DIN/EN 481 wird zwischen alveolengängigem Staub (A-Fraktion) und einatembarem Staub (E-Fraktion) unterschieden.

Der alveolengängige Feinstaub ist die Summe der Staubteilchen, die ein Abscheidersystem passieren, das in seiner Wirkung einem Sedimentationsabscheiders entspricht, der Teilchen

mit einem aerodynamischen Durchmesser von $5\ \mu\text{m}$ zu 50 % abscheidet (Empfehlung der Johannesburger Pneumokoniosekonferenz im Jahre 1959). Der Durchlassgrad solcher Abscheider beträgt für Partikel der Dichte $1\ \text{g/cm}^3$ mit einem aerodynamischen Durchmesser von $1,5\ \mu\text{m}$ 95 %, $3,5\ \mu\text{m}$ 75 %, $5,0\ \mu\text{m}$ 50 % und $7,1\ \mu\text{m}$ 0 % (MASÉK, 1979).

Tab. 1: Staubarten

sichtbarer Staub	$10,0\ \mu\text{m} < d$
mikroskopischer Staub	$0,2\ \mu\text{m} < d < 10,0\ \mu\text{m}$
submikroskopischer Staub	$d < 0,2\ \mu\text{m}$
Grobstaub	$63\ \mu\text{m} < d$
Feinstaub	$10\ \mu\text{m} < d \leq 63\ \mu\text{m}$
Schwebestaub	$d \leq 10\ \mu\text{m}$
lungen/alveolengängiger Staub	$d < 5\ \mu\text{m}$, Pneumokoniosen
atembarer/respirabler Staub	$\geq 5\ \mu\text{m}$, Staubbronchitis

BERGES machte 2002 eine Aufstellung der verschiedenen Fraktionen, die bei wirkungsbezogenen Messungen laut DIN/EN 481 wie folgt definiert sind:

- Einatembare Fraktion (inhalable):
Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Nase und Mund eingeatmet wird
- Thorakale Fraktion (thoracic):
Der Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der über den Kehlkopf hinaus vordringt
- Alveolengängige Fraktion (respirable):
Der Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der bis in die nichtcilierten Luftwege vordringt
- Extrathorakale Fraktion:
Massenanteil, der nicht über den Kehlkopf hinaus eindringt
- Tracheobronchiale Fraktion:
Massenanteil, der über Kehlkopf hinaus, aber nicht in die nichtcilierten Luftwege vordringt

4.2 Staub als Gesundheitsproblem

4.2.1 Wirkung von Stäuben auf das broncho-pulmonale System

Täglich inhalieren wir 15.000 Liter Luft, die ein heterogenes Aerosol aus Stäuben, Dämpfen, Rauchen und Gasen sowie Mikroorganismen darstellt (KRONENBERGER et al., 1983b). Die Größe der Staubpartikel ist dabei wesentlich für die Wirkung im Atemtrakt. Es dringen nur Teilchen bis zu 30 μm in die Trachea ein, die dann kanzerogene, Erbgut schädigende und Frucht schädigende, fibrogene oder allergisierende Wirkungen entfalten können (KLIFFMÜLLER, 1989). Zudem wirkt Staub mechanisch irritativ, chemisch toxisch oder infektiös. Grobstaub belastet vordergründig die oberen Atemwege, Feinstaub dagegen stellt eine Gefahr für die tiefen Atemwege dar.

Eine inhalative Aufnahme ist über die Nase, die Mundhöhle, die Bronchien und Lunge gegeben (LAMMERT, 1979). Der luftleitende Bereich besteht aus Nasen-Rachenraum, Kehlkopf, Trachea, Bronchien und Bronchiolen. Schließlich gelangt die Luft über die Bronchuli respiratorii und Ductuli alveolares in die Alveolen.

Nach SPRINGER (1979) haften an den Nasen-Rachenschleimhäuten Staubpartikel, welche größer 10 μm sind. Eine gestörte Nasenatmung verhindert die Staubreinigung durch die Flimmerhärchen und die Staubfiltration von Partikeln, welche größer als 8 μm sind. Schwebestaubpartikel zwischen 5 und 10 μm , werden beim Husten oder durch die Schleimstraße des mukoziliären Apparates aus dem Atemtrakt wieder herausbefördert (BRÄNDLI, 1996). Luftturbulenzen und die Trägheit der eingeatmeten Staubteilchen führen zum Aufprall und der Zurückhaltung der Teilchen auf den Schleimhäuten in den oberen Atemwegen (BUCKUP, 1966; KÖNN et al., 1983).

Die Gesamtabsecheidung von Stäuben liegt zwischen 80 und 95 % in den oberen und bei nur ca. 20 % in den tieferen Atemwegen (WALKENHORST, 1976). Pathophysiologische Wirkungen auf die Bronchien und das Lungengewebe durch lungengängige Stäube mit einem Partikeldurchmesser von 5 μm setzen den Kontakt der Staubpartikel mit den tieferen Atemwegen voraus. Die tiefen Atemwege, bestehend aus Tracheobronchialbaum und Trachea, sind mit flimmertragenden Schleimhäuten ausgekleidet, die Lunge mit Alveolen und Interstitium hingegen nicht, so dass dort andere Reinigungsmechanismen greifen. Teilchen um 1 μm werden in den Alveolen abgelagert, langsam und nicht immer vollständig von den Alveolardeckzellen phagozytiert und ab 0,5 μm wiederum verstärkt mundwärts zum Aushusten geführt.

Dank funktionierender pulmonaler und bronchialer Schutzmechanismen werden über 90 % des in die Atemwege gelangten Staubes wieder ausgeschieden, solange keine atrophischen Veränderungen der Schleimhäute bis hin zu den Bronchien vorliegen. Reizungen der oberen Atemwege (Nase, Mund, Rachen mit Kehlkopf) führen zu Niesen, Schnupfen, Hustenreiz und später zu Auswurf, Entzündungen und Schleimhautschwund. Die Folgen sind Ein- und Ausatemstörungen (DUCKE, 1990). Verbleiben durch ungenügende Phagozytentätigkeit Staubteilchen in den Alveolen, entstehen Staubzellen, und diese gelangen auf dem Lymphweg der Lunge in das perialveolare, peribronchiale und perivaskuläre Gewebe (KOWNAZKI, 1961). In den Alveolen manifestieren sich die Störungen z. B. in Form von Entzündungen, ungleicher Belüftung und Lungenüberblähung. Das Lungeninterstitium verhärtet durch Bindegewebsfaserbildung (Lungenfibrose) oder Alveolen werden zerstört (DUCKE, 1990). Bei Störungen des Tracheobronchialbaumes klagen die Patienten über chronischen Husten mit und ohne Auswurf und Atemwegsobstruktionen.

Die Staubart bestimmt den Wirkort und die pathogene Reaktion. Fremdstoffe wie Eisen- und Kohlepartikel werden reaktionslos inkorporiert, oder führen zu geweblichen Veränderungen. Handelt es sich um eine Vielzahl alveolengängiger Stäube mit toxischer Wirkung, gelingt es den alveolären Makrophagen nicht mehr, den Alveolarraum von Partikeln freizuhalten. Diese Partikel gelangen in das Interstitium der Lunge, sammeln sich dort an und führen schließlich zu akuten oder chronischen, grenzüberschreitenden Schädigungen des Lungengewebes.

Bei faserhaltigen Stäuben wie Asbest bestimmen Faserlänge und Durchmesser in einem bestimmten Verhältnis zueinander, wobei eine bestimmte Länge nicht überschritten werden darf, über den Ablagerungsort. Große Fasern (20-150 μm) bleiben im Lungengewebe liegen und sind nachweisbar. Kleine hingegen werden laut OLLIGES (1993) über die Alveolarmakrophagen und dann über das Lymphsystem abtransportiert.

Fibrogene Stäube, wie Asbest und Quarz, verursachen eine diffuse oder knotige Bindegewebsbildung im Lungenparenchym, was zur Silikose und Asbestose führt. Nichtfibrogene Stäube hingegen können in beträchtlichem Maße ohne pathogene Wirkung vom Lungengewebe aufgenommen werden.

Radioaktiver Staub, z. B. Uran, wirkt zusätzlich durch die Strahlung der radioaktiven Substanzen schädigend, zerstörend und verändernd auf biologische Strukturen.

Zu den allergisierenden Stäuben zählen Mehl, Chromate, Nickel, welche Asthma in Abhängigkeit von der individuellen Disposition auslösen. Kanzerogener Staub, wie Arsen-, Asbest-,

Nickel- und Faserstaub, hat eine Krebs auslösende oder Krebs fördernde Wirkung. Inerte Stäube, z. B. aus Kalkstein, Gips, Titanoxid, Magnesiumoxid, wirken weder fibrogen, toxisch noch kanzerogen (HEIDERMANNS et al., 1980).

Das gesundheitliche Risiko, an einer Pneumokoniose zu erkranken, ist nach REISNER (1968) von den Staubeigenschaften (stoffliche Zusammensetzung, Teilchengröße, Teilchenform, Dichte, sonstige physikalische Eigenschaften), der Verweilzeit des Staubes in der Lunge, der Intensität der Atmung, persönlicher Veranlagung und sonstigen Umweltfaktoren abhängig.

4.2.2 Erkrankungsformen durch Staubkontamination

Es gibt in der Literatur viele Hinweise darauf, dass die Arbeit in Staubberufen zu respiratorischen Anomalien in Form von Pneumokoniosen führt (WORTH, 1975a/b; ULMER, 1979; BECK et al., 1983; TRENDELENBURG, 1985; REICHEL, 1985; DANIELE, 1986).

Man spricht dann von Pneumokoniose, wenn sie durch fibrogene, anorganische bzw. mineralische Stäube verursacht ist. Sie gehört zu der Gruppe der Inhalationsschäden der Lunge. Pneumokoniosen entwickeln sich nur bei langjähriger Tätigkeit unter Einwirkung hoher alveolengängiger Feinstaubkonzentrationen.

Staub- oder Rauchbelastungen am Arbeitsplatz durch Barium, Eisen, Ruß und Zinn verursachen sogenannte Speicherkrankheiten (BUCHTER, 1984). Im Umgang mit Blei, Cadmium, Vanadium entsteht toxisch wirkender Staub, der zu Vergiftungen an speziellen Organen führt (z. B. Leber, Niere, Blut bildende Organe, Nervensystem).

Fibrogene Quarzstäube sind die Ursache für Silikose, Fibrose, Staubbronchitis, Lungenkrebs und eventuell auch Sklerodermie. Erkrankungsbeispiele durch nichtfibrogene Stäube ohne pathologische Reaktionen sind die Siderose, Stannose, Barytose und Anthrakose. Demgegenüber wirken nichttoxische mineralische Stäube wie Basalt, Kalkstein, Kreide, Marmor, Glasfasern, Gesteins- und Schlackenwolle, Zement und Korund aber auch Stäube ausgehärteter Kunststoffe direkt pathologisch am Ort des Kontaktes mit dem Organismus, also im Lungengewebe und führen zur Staubbronchitis.

Asbestbedingte Berufskrankheiten, wie Asbestose, Mesotheliom, Lungenkrebs, Kehlkopfkrebs und Staubbronchitis, treten bei den Beschäftigten der Asbestindustrie und den Anwendern von Asbestprodukten auf. Der Einsatz dieses Werkstoffes ist heute verboten (MÜLLER, 1964).

4.2.3 MAK-, TRK- und Staub-Grenzwerte

Für gefährliche Arbeitsstoffe wurden MAK- und TRK-Werte festgelegt, die bei Einhaltung die Gesundheit der Beschäftigten wahren.

Unter dem MAK-Wert versteht man die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz. Für die Stoffe, für die es derzeit keine MAK-Werte gibt (Krebs erzeugende Arbeitsstoffe), wurde ein TRK-Wert festgelegt (Technische Richt-Konzentration). Dieser Wert gibt die Konzentration eines Schadstoffes in der Luft an, der als Anhalt für die zu treffenden Schutzmaßnahmen und die messtechnische Überwachung am Arbeitsplatz heranzuziehen ist. Der TRK-Wert kann bei Einhaltung das Risiko einer Beeinträchtigung der Gesundheit zwar verringern, schließt es aber nicht vollständig aus. Bewertet wird zur Überprüfung der MAK- und TRK-Werte nur die Gesamtstaubkonzentration, solange keine besonderen Angaben gemacht werden (SCHWAB, 1984). Bei Mischstäuben mit Erbgut verändernden, Krebs erzeugenden, sensibilisierenden, fibrogenen oder toxischen Wirkungen sind die derzeitigen definierten MAK- und TRK-Werte der jeweiligen Teilkomponente einzuhalten.

Die DFG hat 1997 eine neue Regelung des Allgemeinen Staubgrenzwertes in Deutschland festgelegt. Dabei kam es zu einer drastischen Senkung des Allgemeinen Staubgrenzwertes für die alveolengängige Fraktion (A-Fraktion, ehemals Feinstaub) von 6 mg/m^3 auf $1,5 \text{ mg/m}^3$. Es wurde erstmalig ein Wert für die einatembare Fraktion (E-Fraktion, ehemals Gesamtstaub) von 4 mg/m^3 festgelegt (WOITOWITZ UND RÖDELSPERGER, 1998; BARIG UND BLOME, 1999). Abhängig vom biologischen Wirkmechanismus der verschiedenen Staubarten sind entweder der einatembare Gesamtstaub oder der alveolengängige Feinstaub relevant (HEIDERMANNS et al., 1980). Mit den eingeführten Staubgrenzwerten soll künftig den Pneumokoniosen, der chronischen Bronchitis und/oder dem Lungenemphysem vorgebeugt werden.

Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit (BIA) legte im Jahr 2001 abweichende Grenzwerte für die Betriebe fest, die der Berufsgenossenschaftlichen Unfallversicherung unterliegen. Derzeitige Allgemeine Staubgrenzwerte ausgewählter Gremien sind der Tabelle (Tab. 2) zu entnehmen.

Diesen Grenzwerten liegen eine Arbeitszeit von maximal acht Stunden täglich und 40 Wochenstunden zugrunde. Der Grenzwert für die Feinstaubkonzentration im Dentallabor beträgt derzeit 6 mg/m^3 bei einer Ansauggeschwindigkeit von $1,25 \text{ m/s} \pm 10 \text{ Prozent}$.

Der Allgemeine Grenzwert gilt für unlösliche Stäube ohne spezifische Wirkung auf die Atmungsorgane, sowie Stäube, die nicht anderweitig reguliert sind und Mischstäube. Lösliche Stäube, grobdisperse Stäube, Lackaerosole und Arbeitsplätze unter Tage unterliegen nicht diesen Grenzwerten (MITTEILUNG DES BIA, 2001).

Tab. 2: Allgemeine internationale Staubgrenzwerte

<i>BIA-Werte</i>	<i>ACGIH-Werte</i>	<i>OSHA-Werte</i>	<i>DFG-Werte</i>
A-Staub: 3 mg/m³ und 6 mg/m ³ für bestimmte Ausnahmebereiche	A-Staub: 3 mg/m³	A-Staub: 5 mg/m³	A-Staub: 1,5 mg/m³
E-Staub: 10 mg/m³ Überschreitungs faktor zur Begrenzung von Expositionsspitzen: 4	E-Staub: 10 mg/m³	Total dust: 15 mg/m³ entspricht mittleren Wert für E-Staub von mindestens 30 mg/m ³	E-Staub: 4 mg/m³

Im Rahmen dieser Studie wurde Bezug auf die Grenzwerte der deutschen Gremien genommen.

4.3 Staubbelastung von Zahntechnikern – ein arbeitsmedizinisches Problem

4.3.1 Staubintensive zahntechnische Arbeiten

Eine Vielzahl von Tätigkeiten in einem Zahntechniklabor sind mit Staubentwicklungen verbunden. So treten beim Bearbeiten von Metalllegierungen beispielsweise cobalt- oder chromhaltige Metallstäube und bei Polierarbeiten von Formwerkstoffen silikogene Stäube auf (BRUNE UND BELTESBREKKE, 1980a; KRONENBERGER et al., 1982; KRONENBERGER et al., 1985a; HOFMANN UND WALKER, 1999). Im Durchschnitt produziert ein Zahntechniker in Deutschland 12 kg Staub im Jahr.

Der Anfertigung von festsitzendem und herausnehmbaren Zahnersatz geht die Modellherstellung (Gipsen) voraus. Bereits hier kann es zu starken Staubbelastungen durch die Gipsverarbeitung bei Anmisch-, Einbett- und Schleifvorgängen kommen.

Weiterhin unterscheidet man Arbeitsgänge wie das Gießen, Abstrahlen, Schneiden und Trennen in der Metall- und Legierungsverarbeitung. Dabei können Aluminium, Silizium, Phosphor, Schwefel, Kalium und Kalzium aber auch Schwermetalle wie Chrom und Cobalt eingeatmet werden (MITTEILUNG DENTAL LABOR, 1983). Vorgänge wie das Fräsen, Beschleifen und

Polieren von Edeltählen und Modellgussprothesen sowie Löten bei der Herstellung prothetischer und kieferorthopädischer Apparaturen rufen toxische Metallstäube und staubförmige Aerosole, die vom Abrieb der Werkstoffe und der benutzten Schleif- und Poliermaterialien herrühren, hervor. Zusätzlich findet man auch dampf- und gasförmige Aerosole in der Atemluft, welche aus den schmelzenden Legierungen, dem Anteigen von Kunststoffen und Lötvorgängen stammen. Auch die Epithesenherstellung bringt im Umgang mit Schleifmitteln nach KEMPF UND PFEIFFER (1987) Metall-, Mineral- und Kunststoffstäube hervor.

Entscheidend für die Staubexpositionen sind der Abstand des Gesichtes von der Staubquelle, ob Schleif- und Polierarbeiten trocken oder feucht erfolgen und es zum Einsatz von Absaugungen kommt. Auch die Drehrichtung des rotierenden Werkzeuges ist von Wichtigkeit, denn sie entscheidet, wieviel Abrieb von Werkzeug und Werkstück in den Atembereich des Zahn-technikers gewirbelt wird.

4.3.2 Potentielle gesundheitliche Risiken zahnmedizinischer Werkstoffe

Zu den gefährlichen Stoffen in der Zahntechnik gehören beispielsweise Cobalt, Chrom, Nickel, Quarz, aber auch Gips, Gold und Kunststoffe.

LIEBISCH (1983) spricht von bei der Bearbeitung entstehenden toxischen und nichttoxischen Stäuben. Zu den nichttoxischen Staubarten im Dentallabor gehören Gips-, Mineral-, Plast- und Metallstäube, welche zu Atemwegserkrankungen in Form von Silikosen führen können.

Auf gefährliche Werkstoffe in der Zahnmedizin soll im Folgenden näher eingegangen werden und eine Nennung der bekannten MAK- und TRK-Werte erfolgen.

Mineralstäube

- Quarz

Silikoseverursachender Quarzstaub wird bei der Herstellung von Gussmodellen aus Einbettmasse, beim Ein- und Ausbetten der Gussobjekte und beim Strahlen der Gussstücke freigesetzt. Während des Strahlvorganges bildet sich Quarzstaub aufgrund des SiO_2 -Gehaltes der Einbettmasse. Bei langen Strahlarbeiten in der Modellgusstechnik, da eine Spezialisierung seitens des Zahn-technikers für diesen Arbeitsbereich vorliegt, reichert sich der aus den Einbettmasseresten freiwerdende Quarzstaub im Strahlmittel an, und bei Undichtigkeit des Strahlgerätes kann dieser dann in den Arbeitsraum gelangen (KEMPF UND PFEIFFER, 1987).

Zum Abstrahlen von Metallgerüsten verwendet man heute quarzfreien Elektrokorund. Bei diesem Vorgang entstehen ebenfalls feinste Stäube, die trotz Quarzfreiheit zu den gesundheitsgefährdenden Stoffen gerechnet werden können.

Der MAK-Wert für alveolengängigen Quarzfeinstaub beträgt $0,15 \text{ mg/m}^3$ und für quarzhaltigen Feinstaub (mit 1-4 % Quarzgehalt) 4 mg/m^3 .

- Asbest

Dieser Werkstoff, früher enthalten in Asbestpapieren bei Einbettvorgängen, kann eine Asbestose auslösen. Da Asbest zudem ein Karzinogen darstellt (FUBINI UND OTERO AREAN, 1999), wurde ein TRK-Wert von $0,05 \text{ mg/m}^3$ und für asbesthaltigen Feinstaub von 2 mg/m^3 festgelegt (MITTEILUNG QUINTESSENZ ZAHNTECHNIK, 1983b). In der Literatur wurden auch Asbestosen bei Zahntechnikern mitgeteilt (DE VUYST et al., 1982; KRONENBERGER et al., 1980b/1985b).

- Gips

Gips, ein inerter Staub, ist ein häufig verwandter Werkstoff in der Zahntechnik. Er findet Anwendung bei der Abdrucknahme, Modellherstellung und ist in Einbettmassen der Kunststofftechnik enthalten. Für Gips (CaSO_4) beträgt der derzeitige MAK-Wert gemessen als Feinstaub 6 mg/m^3 .

Metallstäube

Man unterscheidet in der Werkstoffkunde edelmetallfreie (Cobalt-Chrom, Cobalt-Molybdän) von Edelmetall- (Gold) und goldreduzierten Legierungen (Gold, Silber, Platin).

Als toxische Schwermetallstäube gelten Co, Cr, Ni, Au, Ag, Pt.

- Cobalt

Dieses Metall ist Hauptlegierungsbestandteil in den CoCr-Legierungen und als Bindemittel in den Hartmetallen der Werkzeuge enthalten. Die Aufnahme von Cobalt in den Organismus erfolgt über die Haut, die Lunge und den Darm. Im Tierversuch hat Cobaltstaub eine Krebs erzeugende Wirkung, so dass man einen MAK-Wert gemessen im Gesamtstaub von $0,1 \text{ mg/m}^3$ festlegte. Cobaltstäube können als das Agens zu den Hartmetall-Pneumopathien führen und haben generell eine fibrogene Wirkung. Dieser Werkstoff kann auch im Zusammenhang mit Nickel Hautallergien verursachen.

- Chrom

Chrom, als Legierungsbestandteil, ist ein bekanntes Allergen und hochpotentes Irritans. Belastungen mit Chromfeinstaub können eine Reizung der Atemwege verursachen. Die 6-wertigen Chromverbindungen (Chromate) zählen zu den toxischen Stäuben mit karzinogenem Potential. Sie können neben Asthma, kontaktbedingter Nickel-Dermatitis oder allergisch-ekzematösen Hauterkrankungen, toxische Veränderungen im oberen Respirationstrakt wie Nasennebenhöhlenkarzinome, aber auch Lungenkarzinome und Pneumokoniosen auslösen. Der TRK-Wert für Chrom-III-Chromate wurde auf $0,1 \text{ mg/m}^3$ im Gesamtstaub festgesetzt. Nach HOHMANN UND HIELSCHER (1993) sind in der zahntechnischen Verarbeitung Chromate nicht zu erwarten.

Aus der Bearbeitung von CrCo-Legierungen resultierende Stäube führen zu fibrosierenden Lungenveränderungen (KROIDL et al., 1976; CARLES et al., 1978; MORGENROTH et al., 1981a/b). KRONENBERGER (1987) machte Cobalt-Chrom-Legierungen für die Zahntechnikerpneumokoniose verantwortlich.

- Nickel

Neben den V2A- Stahldrähten enthalten NEM-Legierungen für Aufbrennkeramik Nickel. Seine gesundheitliche Wirkung bezieht sich auf Kontaktekzeme, allergische Hautreaktionen, Entzündungen der Magen- und Darmschleimhaut, Störungen des Zentralnervensystems, toxisches Lungenödem und kann Ursache für Nasennebenhöhlen- und Bronchialkarzinome sein (DAVIDSON, 1982). Absaug- und Atemschutz sind im Umgang mit diesem Metall unbedingt erforderlich.

Man lege einen TRK-Wert von $0,5 \text{ mg/m}^3$ (Höchstgrenze) auf Nickel und seine Verbindungen fest sowie einen Schichtdurchschnittswert von $0,25 \text{ mg/m}^3$.

- Beryllium

Berylliumstaub und Berylliumverbindungen sind giftig. Berylliumhaltige NEM-Legierungen für Aufbrennkeramiken können schon in niedrigen Konzentrationen zu Lungenschäden in Form der Berylliose führen (HINMAN et al., 1975). Berylliumstaub macht das sogenannte Metaldampffieber oder tritt als Beryllium-Staublunge in Erscheinung. Es erwies sich im Tierversuch als Krebs erzeugend und daraufhin legte man einen TRK-Wert von $0,05 \text{ mg/m}^3$ für das Schleifen von Beryllium-Metall und -Legierungen fest.

- Edelmetalle

Belastungen mit EM-Legierungen rufen laut Literatur keine fibrosierenden Lungenerkrankungen bei der Inhalation von Gold-, Platin- und Silberstäuben hervor. Lungenschäden durch Gold-Exposition sind nur bei Bergarbeitern in Goldminen bekannt. Der derzeitige MAK-Wert für Gold beträgt 8 mg/m^3 . Außerdem weist STOKINGER (1981) auf die chronische Bronchitis bei Silberstaubinhalation hin.

Kunststoffstäube und Kunststoffdämpfe

- MMA

Methacrylsäuremethylester, ein Atemgift, wird zur Herstellung von eingefärbten und pigmentierten Kunststoffen verwendet. Der MAK-Wert dieser Flüssigkeit beträgt 210 mg/m^3 (50 ppm), und der Luftgrenzwert liegt laut ACGIH bei einer Expositionszeit von acht Stunden bei 100 ppm (410 mg/m^3). Tierversuche haben gezeigt, dass es sich um einen niedrig bis mittelgradig toxischen Stoff handelt. MMA gilt als Allergen mit sensibilisierender Wirkung und kann bei bestimmten Konzentrationen zu Gesundheitsschäden führen (DÄHNICKE, 1978).

- PMMA

Man verwendet es zur Anfertigung von Zahnprothesen, Spangen oder Brücken. Es besteht aus dem flüssigen Monomethylmethacrylat und dem pulverförmigen Polymethylmethacrylat. Polymerisiertes PMMA ist inert und für die Haut toxikologisch unbedenklich.

- PVC

Beim PVC sind Einzelfälle von Pneumokoniosen durch Kunststoffe beschrieben worden. Deshalb sollte man sie bei der Herstellung weichbleibender Prothesenbasen nicht außer Acht lassen.

Die Gesundheitsgefährdung im Umgang mit diesen Kunststoffen kann weit gefächert sein. Betroffen sind dann die Atemwege (Asthmaanfälle), Augen und Haut in Form von Reizungen oder Allergien (Kontaktdermatitis). Kunststoffstäube und -dämpfe können neben neurotoxischen Effekten auf Nerven der Hand und Finger Leber- und Nierenschäden verursachen. Obwohl in den meisten Fällen die Expositionszeiten mit Methylmethacrylat kurz sind, kann bereits in dieser Verarbeitungszeit der Grenzwert überschritten werden.

Das Monomer UDMA (Diacrylatmonomere), das in Verblendkomposits enthalten ist, zählt mit zu den häufigsten Allergenen aus Kunststoffen, die zu Hauterkrankungen der Zahntechniker führen können (WELKER, 2001).

Keramikstäube

Der Werkstoff Keramik hat in der Zahntechnik herausragende Bedeutung, da es derzeit das Material mit den besten optischen Eigenschaften ist. Es wird bei der Herstellung festsitzenden Zahnersatzes verwandt und erfordert nach dem Brand eine Ausarbeitung. Keramische Massen enthalten Silikate und Quarz. Werden mit dem Schleifstaub hohe Dosen dieser Stoffe über einen längeren Zeitraum inhaliert, können sie eine Silikose verursachen.

Schleif- und Poliermittelstäube

Schleif- und Poliermittel enthalten zu einem Großteil Diamant, Quarz, Bimsstein (natürliches Silikat), Wolframcarbid, Schmirgel, Siliziumcarbid (Korborundum), Aluminiumoxid (Elektrokorund, Kunstkorund) oder Naturkorund (JUNG UND BORCHERS, 1988). Die Schleifkörper bestehen aus einheitlich großen Körnern der genannten Schleifmittel, die durch keramische Bindungen, Gummibindung oder neuerdings Silikonbindung zusammengehalten werden (ZUKUNFT, 1978). Durch den Abrieb des Bindemittels können die Schleifkörner ab- oder ausbrechen und liegen dann als Irritans vor.

KÖNN et al. (1983) berichten von progredienten Pneumokoniosen (Aluminium-Lunge, Korund-Schmelzerlunge) durch Aluminiumexpositionen. In Deutschland und den USA gilt Al_2O_3 dennoch als inert, obwohl auch bei DE VUYST et al. (1986) von Komplikationen durch dieses Material gesprochen wird. MORGAN UND SEATON (1984) nannten SiC als mögliche Ursache für Lungenfibrosen bei Korund-Schmelzern. Siliziumoxyd in Schleifsteinen kann ebenfalls eine Staublunge (Silikose) verursachen. Bei SiO_2 -Freiheit führen Korund, Schmirgel und Korborundum aber nicht zu Fibrosen, da sie in der Lunge nur abgelagert werden (REICHEL, 1976).

Nach CAESAR UND ERNST (1993) haben die natürlichen Schleifmittel bis auf Diamantschleifer allerdings an Bedeutung verloren, und die künstlichen beherrschen jetzt das Geschehen. Fräser und Bohrer erfahren bei der Benutzung auch einen Abrieb, so dass eine theoretisch inhalative Schadstoffbelastung besteht, aber praktisch eher unwahrscheinlich ist. Die Rolle von Schleifmitteln soll in dieser Arbeit nicht weiter untersucht werden.

4.3.3 Staubbedingte Erkrankungsformen bei Zahntechnikern

Die soeben vorgestellten Werkstoffe sind nur dann gesundheitlich nachteilig, wenn sie als Alveolar- und Tracheo-Bronchialstäube vorliegen, insofern die aufgenommene Dosis hoch genug und die Expositionszeit lang genug war.

Die Ergebnisse KRONENGERBER'S et al. in den 80er Jahren (1980a, 1982) machen deutlich, dass es zu krankhaften Veränderungen des Lungengewebes in Form von Staubablagerungen bei Zahntechnikern kommen kann. SCHRÖTER et al. (1990) und MORGENROTH (1983) sprechen von einem Zusammenhang zwischen der Inhalation von zahnärztlichen Werkstoffen und den respiratorischen Beschwerden/Lungenveränderungen der Zahntechniker.

Stäube können bei Zahntechnikern eine pulmonal-parenchymatöse Reaktion z. B. in Form einer Fibrose bewirken oder führen durch eine bronchiale Reaktion zu einer Bronchitis (MUNTEANU, 1983). Interstitielle Lungenerkrankungen, wie die Pneumokoniose, gehen durch eine Schädigung des Lungeninterstitiums mit einer restriktiven Ventilationsstörung einher. Bei Staubwirkungen auf den Bronchialbaum sind funktionsanalytisch hingegen obstruktive Ventilationsstörungen zu erwarten. Nachweislich stammen die fibrosierenden Veränderungen im Lungengewebe von anorganischen Dentalmaterialien wie Silikaten, Aluminium, Schwermetallen (Cr, Co, Ti) und Edelmetallen (Au, Ag). BRUNE UND BELTEBREKKE (1981a), MORGENROTH et al. (1981a), MUNTEANU (1983) und CHOUDAT (1994) sprechen von einem erhöhten Pneumokoniose-Risiko durch Metall-, Keramik- und Asbeststäube.

Bisher konnten bei Zahntechnikern verschiedene Pneumokoniosetypen nachgewiesen werden, so z. B. Silikosen, Asbestosen, Hartmetallerkrankungen und die Zahntechniker-Pneumokoniose durch Staubbelastungen mit CoCrMo-Legierungen (SELDÉN et al., 1995). Die genaue Ätiologie der Zahntechniker-Pneumokoniose ist aber nicht bekannt. Die Arbeitsgruppe um DE VUYST et al. (1986) vertritt die Auffassung, dass es sich bei der Zahntechniker-Pneumokoniose um eine komplexe Pneumokoniose handelt, wo CrCoMo-Legierung eine zentrale Rolle bei der Entstehung spielen.

Aus dieser Berufsgruppe sind aber auch Fälle von Bronchitiden und Krebserkrankungen, wie Bronchialkrebs und Mesotheliome bekannt (SHERSON et al., 1990).

KLÖTZER (1973) geht auf die toxisch wirksamen Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Chrom, Quecksilber, Aluminium, Zink und Nickel ein, deren Metallstäube und -dämpfe durchaus chronische Schwermetallvergiftungen bei Inhalation hervorrufen können.

Polymere Materialien, sprich Kunststoffe, entwickeln beim Beschleifen oder Bohren einen feinen Schleifrauch, der durch Inhalation auch das unter diesem Namen bekannte Polymerfieber verursacht.

Die in Einbettmassen der Metalltechnik enthaltenen Hauptbestandteile Quarz und Cristobalit können zu einer Quarzstaublungerkrankung führen (HOFMANN UND WALKER, 1999).

Weitere berufsbedingte Erkrankungen bei Zahntechnikern sind Asthma, hervorgerufen durch Methylmethacrylat (LOZEWICZ et al., 1985) und progressive systemische Sklerose (SCHIELE UND HANSLIK, 1990) und systemischer Lupus erythematodes (SHERSON et al., 1988) bei Quarzstaubexposition.

Nicht in jedem Fall sind die Staublungerkrankungen bei Zahntechnikern auf eine berufliche Exposition zurückzuführen, aber mancher Orts wurde die Zahntechniker–Staublung als Berufskrankheit anerkannt und entschädigt (KEMPF UND PFEIFFER, 1987; REITEMEIER UND HÄNSEL, 1989).

4.3.4 Kasuistiken und Reihenuntersuchungen von Zahntechnikern mit Atemwegserkrankungen

Bereits 1939 berichtete SILZTBACH von einem russischen Zahntechniker mit einer Silikotuberkulose. Seit 1957 ist ein Pneumokonioserisiko bei Zahntechnikern bekannt. MÖNNICH beobachtete im Jahre 1958 (a/b) schwere Silikosen bei Angestellten eines Fabrikationbetriebes für zahnmedizinische und zahntechnische Artikel (Quarzstaub, Abdruckgips). 1962 beschrieben OLLAGNIER et al. die erste Pneumokoniose. Bis in die 60er Jahre wurde die Pneumokoniose bei Zahntechnikern durch berufliche Stäube (Quarzmehl) unter der Rubrik „Seltene Berufskrankheiten“ abgehandelt (STRAUBE UND KRETSCHMAR, 1960).

WILLARD UND PERSONNE (1969) machten die erste Mitteilung über eine bioptisch gesicherte Pneumokoniose bei einem Zahntechniker, hervorgerufen durch das jahrelange Abstrahlen von Metallprothesen mit Quarzsand. BECK UND IRMSCHER (1974) sowie REICHEL (1976, 1985) beschreiben Silikosen bei Zahntechnikern und führen die Erkrankung auf das Schleifen von Zahnprothesen, Polieren des Zahnersatzes mit „Bimssteinmehl“ und den Umgang mit quarz- und cristobalithaltigen Einbettmassen zurück.

HUGONNAUD UND LOB (1976) führten die erste systemische Untersuchung an einem Zahntechnikerkollektiv durch. Langwierige, täglich bis zu acht Stunden dauernde Tätigkeit als

Hartmetallprothesenschleifer hatte vermutlich zu einer Einschränkung der Lungenfunktion bei drei Probanden und bei sechs Untersuchten zu Auffälligkeiten der Röntgen-Thorax-Aufnahmen (Hartmetallstaublunge) geführt. Nach KONIETZKO et al. (1980) haben CARLES et al. (1978) einen Fall einer „komplexen Pneumokoniose“ im Sinne einer Silikose und Cobalt-Pneumokoniose geschildert, der mit dem Tod endete. Hervorgerufen wurde dies durch eine Chrom-Cobalt-Wolfram-Legierung (Vitallium®) und den Umgang mit Aluminiumoxid- und Siliziumkarbid-Schleif- und Polierinstrumenten. KRONENBERGER et al. (1980a) untersuchten 70 Zahntechniker klinisch-röntgenologisch-lungenfunktionsanalytisch. Davon hatten zwei schwere Fibrosen, 17 Probanden waren röntgenologisch unauffällig und 2/3 der Zahntechniker wiesen eine eingeschränkte Lungenfunktion auf. Sie berichten zudem von einem Patienten mit einer Lungenfibrose durch Quarz- und Hartmetallstäube aus der Bearbeitung von Zahnprothesen in der Modellgusstechnik (1981c). Im gleichen Jahr führten MORGENROTH et al. (1981a/b) eine Reihenuntersuchung an 70 Zahntechnikern durch und kamen zu dem Ergebnis, das zwölf der Probanden eine diffuse oder noduläre, interstitielle Fibrose ausgebildet hatten.

ROM et al. beschreiben 1983 einen Fall einer „chemischen Pneumonitis“ eines Zahntechnikers durch die Exposition mit NEM-Legierungen mit einem Nickel-Gehalt von 98,2 % und Beryllium-Gehalt von 1,8 %. Daraufhin führten sie eine epidemiologische Pilotstudie in 13 Dentallabors von Salt Lake City an 113 Technikern durch. Im Jahre 1984 ergänzen sie diese Untersuchungen mit einer Querschnittsstudie an 178 Zahntechnikern und 69 Nichtexponierten einer Kontrollgruppe. Bei acht Zahntechnikern diagnostizierten sie eine Pneumokoniose.

RAITHEL schildert 1984 erstmalig eine berufsbedingte Lungenfibrose bei einem Zahnarzt. 37 Jahre lang führte der Dentist zahntechnisch anfallende Arbeiten, wie die Fertigung von Einzel- und Verblendkronen, herausnehmbarer Kunststoff- und Porzellanprothesen, in seiner Praxis selbst durch und hatte dabei Kontakt zu Korund sowie Bimsstein, Schlemmkreide, Eisen, Nickel und Cobalt. Die Krankheitszeichen wurden als berufsbedingte Mischstaubsilikose II-III gewertet und als Quarzstaublungerkrankung entschädigt.

DE VUYST et al. (1986) berichten in ihrer Publikation von zwei Fällen, die jahrelang CrCoMo-Stäube bei der Bearbeitung von Vitallium®-Prothesen inhaliert haben und daraufhin eine komplexe Pneumokoniose entwickelt haben sollen.

SZADKOWSKI et al. untersuchten 1987 klinisch, funktionsanalytisch und röntgenologisch 149 Zahntechniker. Bei drei männlichen Zahntechnikern waren röntgenologisch auffällige Lun-

genstrukturen erkennbar. Dennoch gehen die Autoren nicht vom Verdacht einer generellen pulmonalen Gesundheitsgefährdung dieser Berufsgruppe aus.

Nachdem 1983 bei einem 37 Jahre jungen Zahntechniker eine Silikose festgestellt wurde (HANSEN, 1983), führten SHERSON et al. 1988 eine epidemiologische Studie an 31 dänischen Zahntechnikern und 30 Kontrollpersonen unter Berücksichtigung der Rauchergewohnheiten, des Geschlechts und Alters durch, mit dem Ergebnis, dass 55 % der Zahntechniker an Dyspnoe Grad 1 (30 % in der Kontrollgruppe) litten. Dreizehn Techniker, welche über 15 Jahre mit der Herstellung von Zahnprothesen beschäftigt waren, zeigten niedrigere Lungenfunktionswerte. Röntgenologisch stellte sich bei sechs Zahntechnikern eine leichte Pneumokoniose heraus, die in den Zusammenhang mit der Anfertigung von CrCo-Prothesen gebracht wurde.

LOEWEN et al. berichten 1988 von einem Zahnarzt (79 Jahre), der nicht durch den Umgang mit Metall- und Silikatstäuben, sondern durch den Kontakt mit Alginatpulver eine Pneumokoniose entwickelt hat. Selbst kurze Kontaktzeiten mit dem Aerosol von PMMA-Pulver haben eine interstitielle Pneumonie bei einem Zahntechniklehrling hervorgerufen (BARRETT et al., 1989).

Ein Bericht von SHERSON et al. (1990) schildert den Fall eines Zahntechnikers mit einer diffusen Lungenfibrose, der 29 Jahre mit der Herstellung und Politur von CrCo-Prothesen beschäftigt gewesen ist. Ob das Lungenkarzinom von der kanzerogenen Wirkung des Chroms herührt, bleibt durch die Raucheranamnese dieses Zahntechnikers unklar.

Umfassende Studien zu Zahntechnikern in Norwegen liefern JACOBSEN UND HENSTEN-PETTERSEN (1993) sowie JACOBSEN et al. (1996). Bei den Untersuchten traten respiratorische Gesundheitsprobleme, wie Reaktionen in der Nase, Schleimhautreizungen im Rachen, Brustfellentzündung und Emphyse auf. Dafür verantwortlich machten sie unspezifische Faktoren aus dem Arbeitsfeld, Schleifstaub, Belüftungsprobleme und den Umgang mit Acryl.

In Frankreich setzten sich CHOUDAT et al. 1993 mit der Staubproblematik in Zahntechniklabors auseinander. Sie konnten wie BROLIN et al. und FROUDARAKIS et al. (1996) nachweisen, dass ein erhöhtes Risiko für Lungenerkrankungen bei Zahntechnikern besteht.

Eine Studie aus dem Jahr 1995 von SELDÉN et al. belegt, dass Pneumokoniosen aus anorganischen Staubbelastrungen mit CoCrMo-Legierungen resultieren können. 1996 berichten SELDÉN et al. und FROUDARAKIS et al. (1999) von Zahntechnikern mit Pneumokoniosen. BANCALEONE et al. schreiben 1998 von einer Lungengranulomatose bei einem Zahntechniker mit 20 Berufsjahren, höchstwahrscheinlich hervorgerufen durch den regelmäßigen Umgang mit Beryllium, Vitallium® (CrCoMo-Legierung), Nickel, Methylacrylat und eventuell auch Alu-

minium. 1999 berichten NAYEBZADEH et al. von einem 51-jährigen männlichen Zahntechniker mit einer Zahntechniker-Pneumokoniose. Seine Aufgaben waren die Herstellung von Prothesen und die Ausarbeitung und Politur von CrCo-Gerüsten unter anderem mit Silikapartikeln aus quarzhaltigem Strahlsand

4.3.5 Messung von Stäuben am Arbeitsplatz

DUCKE (1990) versteht unter Staubmessungen die „Bestimmung einer oder mehrerer Zustandsmessgrößen des Schwebstaubes“ und rechnet zu den wichtigsten Messgrößen die Staubkonzentration, die Verteilung von Teilchengrößen und -formen sowie die chemische oder kristallographische Zusammensetzung.

Zur Messung alveolengängiger und einatembarer Stäube dürfen nur Messgeräte benutzt werden, welche den Kriterien der DIN/EN 481 entsprechen. Einige praktische Verfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Staubkonzentrationen am Arbeitsplatz werden im Folgenden dargestellt.

Staubmessungen bestehen aus der Probenahme selbst und den nachfolgenden Auswertungen der Proben unter Laborbedingungen. Probenahmen können unter Verwendung eines mitgeführten, personengebundenen Probenahmegerätes oder arbeitsplatzbezogen stationär unter Zuhilfenahme aufgestellter Messgeräte durchgeführt werden (HEIDERMANNS et al., 1980).

Konimeter arbeiten nach dem Prinzip eines Teilchenzählverfahrens. Staubhaltige Luft wird mit einem federgetriebenen Kolben aufgesaugt, der Staub auf einer mit dünner Vaselineschicht präparierten Glasscheibe abgeschieden und anschließend unter dem Mikroskop ausgezählt. Man ermittelt damit die Teilchenzahl/m³ für den Feinstaub.

Moderner sind gravimetrische Messverfahren. Sie erfassen den Staub in Anlehnung an das menschliche Atemverhalten. Die gebräuchlichste Methode ist die zweistufige Gravimetrie, ein direktes Verfahren zur Bestimmung von Grob- und Feinstaubkonzentrationen in mg/m³. Die gravimetrische Staubmessung dient auch der Isolation von Schwebstaub zur Analyse.

Gravimeter saugen über einen festgelegten Zeitraum ein definiertes Probenvolumen an. Der Grobstaub wird dabei im Zyklon abgeschieden (1. Abscheidestufe). Der Feinstaub muss während der Probenahme durch einen Feinstaubabscheider abgetrennt (2. Abscheidestufe), und schließlich im Feinstaubfilter gesammelt werden. Vorteilhaft erwies sich der Zyklon wegen seinem geringen Platzbedarf, Leichtigkeit und Lagerungsunempfindlichkeit. Die Auswertung der Staubprobenahmen erfolgt durch Wägung.

Heute kommt als Gravimeter das SPG 210 noch zum Einsatz. Es ist ein stationäres Messgerät für die Arbeitszone mit einem Luftdurchsatz von 9 m³/h. In der DDR diente die aus dem SPG 210 entwickelte Miniaturform - das SPG P - für personenbezogene Staubprobenahmen in der Atemzone. Nach RUPPE UND NIENEROWSKI (1988) beträgt hier der Luftdurchsatz 1 m³/h.

Zur Messung und Beurteilung gesundheitsschädlicher mineralischer Stäube empfiehlt das Staubforschungsinstitut der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. das von ihnen entwickelte Staubsammelgerät Gravikon VC 25. Dieser Gravimeter mit einem Luftdurchsatz von 22,5 m³/h erfasst Stäube der Korngröße von 1 µ zu 80 %, 20 µ zu 70 % und 50 µ zu 55 %.

GEBHART et al. beschreiben 1984 ein indirektes Verfahren zur Überwachung von eingebauten Absaug- und Filteranlagen und zur Kontrolle ständig staubbildender Arbeitsvorgänge mit einem Feinstaub-Streulichtfotometer (Tyndallometer, Tyndalloskop). Die mit diesem Verfahren gemessenen physikalischen Größen lassen sich in eine gravimetrische Einheit umrechnen. Fotometrische Messungen sind in den Augen GEBHART'S et al. eine nützliche Ergänzung zu der von ihnen als Standardmessverfahren bezeichneten zweistufigen Gravimetrie. Selten Anwendung finden Thermalpräzipitoren oder Impigner, die die Staubkonzentrationen direkt oder indirekt erfassen (DUCKE, 1980; RUPPE UND NIENEROWSKI, 1988).

Für ortsfeste Messungen alveolengängiger Fraktionen schlägt die BIA 2003 (LICHTENSTEIN, 2003) die Systeme PM 4 F (Luftdurchsatz von 4 m³/h) oder MPG II (Referenzgerät für die A-Staubfraktion mit einem Luftdurchsatz von 2,8 m³/h; Staubteilchen mit einem Durchmesser >7,1 µm werden vollständig abgeschieden) und das VC 25 F (Staubmengenenermittlung durch Absorption von β-Strahlung) mit Cellulosenitrat-Membranfiltern vor. Personengetragene Probenahmen können mit dem Probenahmesystem FSP-BIA bzw. FSP 10 (Luftvolumenstrom 2 l/min bzw. 10 l/min) erfolgen.

Einatembare Fraktionen bestimmt man auf binderfreien Glasfaserfiltern unter Zuhilfenahme der Systeme GSP-3,5 bzw. GSP-10 (personengetragen) oder VC 25 G bzw. PM 4 G (ortsfest). Die Entwicklung von Staubmessgeräten läuft darauf hinaus, dass in Zukunft nur noch Partikel mit Korngrößen von gleich oder unter 10 µm in die Abscheidevorrichtung gelangen, wie es z. B. Feinstaubmessungen mit dem PM 10 ermöglichen. LAHMANN (2003) berichtet sogar von „PM 2,5“- Messungen in den USA.

4.3.6 Mitteilungen zu Staubmessungen in Dentallaboratorien

1977 weisen LOB UND HUGONNAUD auf das Gesundheitsrisiko von berylliumhaltigen Legierungen hin. Zudem ergaben ihre Staubmessungen, dass Cobaltstaubkonzentration den zulässigen Grenzwert um das fünffache überschritten hatten.

BUTH UND SCHULZ machten 1980 bei ihren konimetrischen Staubmessungen während des Ausarbeitens von Plast- und Modellgussprothesen die Erkenntnis, dass die MAK-Konzentrationen lediglich bei den Poliervorgängen überschritten wurden.

Bei Messungen im Jahre 1960 wurde der zulässige Grenzwert für silikogene Stäube bis zum 35fachen überschritten (STRAUBE UND KRETZSCHMAR, 1960). 25 Jahre später konnten KUNTZE UND KUNTZE (1985) diesbezügliche Überschreitungen durch Neuentwicklungen im Staubschutz nicht mehr nachweisen.

Großes Augenmerk richteten BRUNE UND BELTESBREKKE (1980a/b) auf die Wirksamkeit von Absauganlagen. Bei ihren umfangreichen Studien in verschiedenen Laboratorien ermittelten sie bei Schneid-, Schleif- und Polierarbeiten die Staubkonzentrationen für Chrom, Cobalt, Nickel, Silber, Gold, Gips, Kunststoff, Keramik und Amalgam. Sie wiesen die Effizienz einer Absauganlage nach, indem die zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen zahlreicher Stoffe, insbesondere Cobalt bis um das Zehnfache, ohne Absaugung überschritten wurden (Cobaltkonzentration zwischen 1,0-1,2 mg/m³). Bei Einsatz einer effektiven Absauganlage hingegen kam es zur Einhaltung der Grenzwerte (für Cobalt <0,1 mg/m³). Bei Bestimmungen der Partikelgrößenverteilung stellte sich heraus, dass in den Arbeitsräumen der Zahntechniker alveolengängige Staubpartikel kleiner als 5 µm durchaus zu messen sind.

In einer weiteren Studie befassten sich BRUNE UND BELTESBREKKE (1981a) mit den Methylmethacrylaten, Formaldehyd und Asbest in der Arbeitsplatzluft von Zahntechnikern. Dabei konnten sie keine Überschreitung der Grenzwerte für Methylmethacrylate und Formaldehyde feststellen. Asbeststaub hingegen kann bei Schleifarbeiten zu höheren Konzentrationen entstehen, die nicht mehr den Hygienevorschriften entsprechen. Während der Ausbettvorgänge innerhalb von zehn Minuten ergaben ihre Messungen eine kurzfristige Erhöhung der Asbestfaserzahl um das Zwölfwache des zulässigen TRK-Wertes.

Eine schwedische Studie aus dem Jahre 1981 von EKENVALL et al. befasste sich mit Expositionskonzentrationen von MMA in zahntechnischen Laboratorien. Dabei wurden die höchsten Luftkonzentrationen von MMA beim Mischen und Formen noch nicht gehärteter MMA-Mas-

sen ($45\text{-}347\text{ mg/m}^3$) und niedrigere beim Schleifen und Fräsen von polymerisiertem Kunststoffmaterial ($3\text{-}31\text{ mg/m}^3$) gemessen. Aber die Grenzwerte wurden in keinem Fall überschritten, und die Messwerte konnten durch Absaugeinrichtungen sogar drastisch gesenkt werden.

EFFENBERGER (1981) führte Messungen in einem Keramiklabor ohne Entlüftungsanlage durch. Wie zu erwarten war, kam es größtenteils zur MAK-Wert-Überschreitung.

In zahntechnischen Laboratorien des damaligen Stadtbezirkes Treptow wurde an verschiedenen Messorten (Arbeitstisch, Gipstrimmer, Poliermotor) die mittlere Feinstaubkonzentration ermittelt. Eine anschließende Auswertung durch KIRCHHOFF (1982) ergab, dass „Polierarbeiten ohne eine vorschriftsmäßige Absaugung mit einer extrem hohen Feinstaubbelastung verbunden“ sind. Am Arbeitsplatz und Gipstrimmer konnten die MAK-Werte eingehalten werden, aber beim Polieren von Plast wurde selbst der höchste Grenzwert von $1500\text{ Teilchen/cm}^3$ mit $1750\text{-}2000\text{ Teilchen/cm}^3$ überschritten.

Die BERUFGENOSSENSCHAFT DER FEINMECHANIK UND ELEKTROTECHNIK (1983) führte Messungen zu Gaskonzentrationen über Anmischgefäßen des Monomers in der Kunststoffverarbeitung durch. Diese ergaben eine Überschreitung bis zum Zweifachen des MAK-Wertes (100 ppm), allerdings nicht im Atembereich des Zahntechnikers. Dort wurden nur Werte von $20\text{-}50\text{ ppm}$ erreicht.

GEBHART et al. veranlassten 1984 fotometrische Untersuchungen zur Feinstaub-Entstehung im Dentallabor. Dabei interessierten Edelmetalle, NEM-Legierungen, CoCrMo-Legierungen, Kunststoff und Gips, aber auch die zum Bearbeiten verwendeten Werkzeuge wie Hartmetallfräse, Nylon-Korund-Scheibe, Steinscheibe, Silikonpolierer und Gummipolierer. Die Messungen ergaben sehr hohe Feinstaubkonzentrationen bei der Verarbeitung von Gips und bei Verwendung von Gummi- und Silikonpolierern. Die Ergebnisse zeigten auch, dass die Feinstaubentwicklung mit der Kombination Werkzeug/Werkstoff korreliert, ohne Absaugung die Grenzwerte für Feinstaub überschritten werden und die Position der Tätigkeit zur Ansaugöffnung die Absaugleistung bestimmt.

FRANZ UND SCHULZE (1983) bedienten sich eines gravimetrischen Staubmessverfahrens. Die Quarzfeinstaubkonzentrationen ohne Absaugung waren in den von ihnen untersuchten Laboratorien zu hoch, der asbesthaltige Feinstaub blieb unter dem TRK-Wert. Beim Ausarbeiten von keramischen Verblendungen konnte nur eine kleine Menge quarzhaltiger Feinstaub fest-

gestellt werden. Im Gegensatz dazu wurde die technische Richtkonzentration von Quarz bei Polierarbeiten mit Bimsstein überschritten.

1986 erfolgten durch die BERUFGENOSSENSCHAFT DER FEINMECHANIK UND ELEKTROTECHNIK Quarz- und Cobalt-Staubmessungen im Atembereich von 79 Zahntechnikern aus 40 Dentallabors. Bei den 31 Quarzstaubmessungen wurden erhebliche Konzentrationsspitzen durch ungenügenden Staubschutz festgestellt. Der empfohlene Grenzwert für Cobalt von $0,5 \text{ mg/m}^3$ konnte beim Ausarbeiten und Polieren von CoCr-Gerüsten bei Konzentrationen von $0,03$ bis $0,2 \text{ mg/m}^3$ eingehalten werden. Cobaltstaubkonzentrationsmessungen im Raum ergaben Werte unter $0,025 \text{ mg/m}^3$.

SCHEUFLER UND KNIRCK (1986) führten gravimetrische Staubmessungen in neun Zahntechniklaboren zur Überprüfung der Maximalen Arbeitsplatzkonzentration für Quarzstaub beim Beschleifen von Mineralzähnen mit einem Quarzanteil von 20 % durch. Die Prüfung ergab eine Überschreitung der MAK-Werte für SiO_2 -haltige Stäube an zehn von dreizehn Arbeitsplätzen. An sieben Arbeitsplätzen betrug der Gesamtstaub-Wert 10 mg/m^3 bzw. der Feinstaub-Wert ein Vierfaches der zulässigen Konzentration.

Die Arbeitsplatz- und Raumlufkonzentrationsmessungen von KEMPF UND PFEIFFER (1987) konzentrierten sich auf das Ausarbeiten und Polieren von Cobalt-Chrom-Legierungen und den Umgang mit quarzhaltigen Einbettmassen sowie Strahlarbeiten. Neben personengebundenen Messungen erfolgten stationäre Probenahmen. Die Cobaltkonzentration lag bis auf zwei Fälle, die Chromkonzentration stets unter $0,1 \text{ mg/m}^3$. Während der stauberzeugenden Arbeitsgänge mit quarzhaltigen Materialien wurden die zulässigen MAK-Werte um das Mehrfache überschritten. Die Quarzfeinstaubemissionen stellten aber nur in Teilzeiten eine Gefahr für den Techniker dar, denn der Schichtmittelwert war erheblich niedriger.

VOLLMER et al. (1988) stellten in ihrer Studie an Zahntechnikarbeitsplätzen ohne wirksame Absaugung unzulässig hohe Schadstoffkonzentrationen fest (Chromium-III-oxid $0,15$ - $9,3 \text{ mg/m}^3$, Cobalt $0,25$ - $8,14 \text{ mg/m}^3$, Nickeloxid $0,72$ - $19,8 \text{ mg/m}^3$). Bei den Modellguss- und Metallkeramik-Arbeiten traten erhebliche MAK-Wert-Überschreitungen auf.

GROH et al. führten 1989 Staubmessungen im Zusammenhang mit der Prüfung einer Absaugvorrichtung am Zahntechnikarbeitsplatz durch. Die Probenahmen im Atembereich des Zahntechnikers ergaben für die toxischen Stäube wie Nickel und Cobalt eine sichere Einhaltung der Grenzwerte. Die gavimetrischen Staubprobenahmen nichttoxischer Stäube zeigten eine Absenkung der Feinstaubkonzentrationen am Arbeitsplatz mit Absaugung um das 39fache und

im Arbeitsraum um das Zweifache. Die Gesamtstaubkonzentration wurde am Arbeitsplatz mit Absaugung um den Faktor 120, im Arbeitsraum um den Faktor 3,5 verringert.

TRILCK UND VOLLMER (1989) beschäftigten sich in ihrer arbeitsmedizinischen Untersuchung mit der Verarbeitung von Nickel-Chrom- und Cobalt-Chrom-Molybdän-Legierungen und den beim Trennen, groben und feinen Ausarbeiten sowie der Politur entstehenden Stäuben. Auch sie stellten eine erhebliche Grenzwertüberschreitung für die Legierungsbestandteile bei der Bearbeitung ohne effektive Arbeitsplatzabsaugung fest.

AUGTHUN et al. starteten 1991 eine Versuchsreihe zu Palladiumlegierungen und deren Staubentstehung bei Schleifarbeiten. Neben Ermittlungen der Partikelgröße und Struktur mittels REM bestimmten sie die Konzentrationen von Palladiumstäuben im Atembereich als mittlere Raumkonzentration und führten personengebundene Messungen durch. Anhand des Coulter-Counter-Verfahrens gelang es ihnen, Aussagen zur physikalischen Charakteristik der Partikel zu machen. AUGTHUN selbst ermittelte 1992 die Konzentrationen palladiumhaltiger Stäube bei der Bearbeitung gegossenen Zahnersatzes mit Schleifkörpern. Die zweistündigen Messungen ergaben eine Staubarbeitsplatzkonzentration (personenbezogene Dosis) von $2,79 \text{ mg/m}^3$ ohne und $2,04 \text{ mg/m}^3$ mit eingeschalteter Absaugung. In der Raumluft ermittelte er im Verlaufe eines Tages nach sechs Stunden einen Staubgehalt von $1,1 \text{ mg/m}^3$. Die rasterelektronenmikroskopischen Bilder zeigten keine alveolengängigen Partikel, aber mit dem Coulter-Counter-Verfahren waren nachweislich welche erkennbar.

PURT führte 1991 in drei australischen Dentallabors Staubbmessungen durch. Es wurden bei den Probenahmen nur Partikel zwischen $0,5$ und $3 \mu\text{m}$ gesammelt. Für Palladium betragen die Konzentrationen ohne Absaugung maximal $15 \mu\text{g/m}^3$ und mit maximal $9,8 \mu\text{g/m}^3$. Bei Gallium bewegten sich die Konzentrationen ohne Absaugung in einem Bereich bis zu $0,26 \mu\text{g/m}^3$ und mit Absaugung bis zu $0,17 \mu\text{g/m}^3$. Trotz Effektivität einer Absaugung lagen die gemessenen Palladiumkonzentrationen um ein Zehnfaches höher als die Empfehlung von ROSHCHIN (1984) für gut lösliche Verbindungen ($0,001 \text{ mg/m}^3$).

Aus einer Untersuchung von SELDÉN et al. im Jahre 1995 geht hervor, dass auch heute Staubbmessungen in Dentallabors Grenzwertüberschreitungen aufweisen. Er veranlasste in acht schwedischen Dentallaboratorien gravimetrische Staubbmessungen während der Bearbeitung von CoCrMo-Legierungen und anschließender Analyse von Quarz, Cristobalit, Tridymit, Silikonkarbid mit Hilfe eines Röntgenverfahrens. Cobalt, Chrom, Molybdän und Aluminium wurden auch einer Röntgenfluoreszenzuntersuchung zugeführt. Resümee war die Einhaltung

der Staubgrenzwerte beim Einsatz einer funktionstüchtigen Absaugung. Ohne Absaugung hingegen wurde der Grenzwert für Cobalt um das 32fache überschritten und Konzentrationsanstiege anderer Messgrößen waren auch zu erkennen.

4.4 Verblendkunststoffe in der Zahnmedizin – eine Gesundheitsgefahr für Zahntechniker?

4.4.1 Geschichte der Verblendkomposite

Kunststoffe für die Verblendung von Kronen und Brücken erscheinen 1938 mit dem Palapont der Firma Kulzer (POMMER, 1991). Bis in die 40er Jahre nutzte man den Naturkautschuk, der dann durch Präparate auf Methylmethacrylat (MMA)-Basis bzw. Polymethylmethacrylat (PMMA)-Basis abgelöst wurde (Palaferm®, später Palavit 55® und Biodent K+B Plus®) worauf die ersten verwendeten Verblendkunststoffe beruhten.

1962 kam der Durchbruch mit der Entwicklung von Kompositmaterialien auf Bis-GMA-Basis (Heißpolymerisate), zuerst in der zahnärztlichen Praxis als Füllungswerkstoff und ab 1977 als Verblendmaterial im Zahntechniklabor (PICHL UND GUGGENBERGER, 1990).

Seit Anfang der 80er Jahre stehen Kompositverblendwerkstoffe zur Verfügung, die unter Kaltlicht polymerisieren. Derzeit zeigen Feinpartikelhybridkomposits mit innovativen Matrixmethacrylaten die beste Festigkeit und Abrasionsbeständigkeit (LUDWIG, 1997). Nach JANDA (2000) kann man bei den Verblendwerkstoffen von einem noch großen Entwicklungspotential sprechen.

4.4.2 Bedeutung der Verblendkomposits

Unbestritten sind die Vorteile keramischer Restaurationen in Bezug auf Biokompatibilität, natürliches Aussehen sowie Farb- und Formbeständigkeit. Dennoch gibt es Indikationseinschränkungen, die den Einsatz von Komposit-Verblendungen nötig machen. Dazu zählt die Kombinationsprothetik, speziell die Teleskop- und Konustechnik, wo Kunststoff aufgrund seiner geringen Sprödigkeit gegenüber Keramik nach wie vor Mittel der Wahl ist (JANDA, 1996). Einige Produkte der Kunststoffgruppe finden Anwendung bei der Herstellung von Langzeitprovisorien, bei implantatgetragenen Suprakonstruktionen oder okklusalen Verblendungen. Vordergründig aber dienen Verblendungen zur Gestaltung und Verkleidung vestibulärer Metallteile von Kronen- und Brückenprothesen. Mit der ständigen Indikationserweiterung gewinnen Verblendwerkstoffe wegen ihrer einfachen Anwendung (kalte Aushärtung), den

günstigen mechanischen Eigenschaften, der ausgezeichneten Farbqualität (ästhetisch hochwertige Werkstoffe), Flexibilität und Reparaturfähigkeit zunehmend an Beliebtheit (PICHL UND GUGGENBERGER, 1990). Bei feststehendem Zahnersatz stellen sie für den Patienten zudem eine kostengünstige Alternative zur Keramik dar (LUDWIG, 1997). Durch die verbesserte biologische Verträglichkeit, insofern eine gute Aushärtung der Produkte erfolgte, sind moderne Verblendmaterialien für viele Patienten anwendbar.

4.4.3 Derzeitige Verblendwerkstoffe

Zunehmend setzt man Verbundkunststoffe ein, die den mechanischen Beanspruchungen der Mundhöhle besser als „einfache“ Kunststoffe gewachsen sind. Der Anwender von Verblendkompositen kann aus einer Vielzahl von Werkstoffen den für die Konstruktion am geeignetsten auswählen. Im Folgenden ist eine Auswahl der momentan erhältlichen Verblendwerkstoffe gegeben (nach PICHL UND GUGGENBERGER, 1990; JANDA 2000): Artglass® und Signum® (Heraeus Kulzer), Dentacolor® (Kulzer), Zeta LC-Frisora® (Vita), Gradia® (GC), Solidex® (Shofu), Sinfony® und Visio Gem® (Espe), Biodent K+B Paste®, Targis® (Ivoclar)

4.4.4 Relevanz von Stäuben aus Verblendkompositmaterial

Mit der Bearbeitung von Verblendungen soll eine mechanische Optimierung sowie eine Minimierung biologisch negativer Effekte wie der Plaqueablagerung durch eine Grob- und Feinausarbeitung erreicht werden. Durch additives Schichten der Kompositmassen sind geringfügige Formkorrekturen nach der Lichtpolymerisation der Feinstkornhybridkompositen mit größeren rotierenden Instrumenten notwendig, welche Stäube aus dem Materialabtrag erwarten lassen. Schleif- und Poliermittel dienen zudem der Oberflächenveredlung für ein zufriedenstellendes ästhetisches Ergebnis (JUNG UND BORCHERS, 1988). Aus bisherigen Kenntnissen kommt es durch Schleif- und Poliermittelstäube dabei zu arbeitshygienischen Problemen. Bislang beschreiben Zahntechniker das Problem, dass während der korrigierenden Formgebung und Oberflächenverbesserung bis zur Politur entstehende Stäube durch die Arbeitsplatzabsaugung nicht völlig beherrscht werden. Zahnärzten fehlt entweder eine Absaugmöglichkeit bzw. die Absaugung wird von ihnen üblicherweise nicht genutzt. Deshalb ist von einer Staubrelevanz dentaler Spezialkunststoffe zu sprechen.

5 Ziel der Arbeit

Die vorgelegte Arbeit soll dazu beitragen, eine Klärung möglicher Gefährdungen von Zahntechnikern und auch Zahnärzten durch lungengängige Stäube aus der Bearbeitung von ausgewählten Verblendwerkstoffen in der Zahnmedizin herbeizuführen.

In einer ersten Fragestellung soll die Arbeit untersuchen, was überhaupt am zahntechnischen und zahnärztlichen Arbeitsplatz im Umgang mit diesen Werkstoffen in der Atemluft entsteht. Welche Konzentrationen erreichen lungengängige Partikel bei der Bearbeitung und Politur der Werkstoffe? Der Gebrauch einer Arbeitsplatzabsaugung wird hierbei eine Rolle spielen. Von Interesse ist das Verhalten der Werkstoffe im Vergleich zueinander. Gibt es hier quantitative Unterschiede in der Staubmengenbildung?

Viele rotierende Werkzeuge finden bei der Kunststoffbearbeitung Anwendung. Ein Werkzeugvergleich soll klären, ob Werkzeug und Staubmengenbildung miteinander korrelieren. Weitere Bearbeitungsparameter wie die Drehzahl, Schnittgeschwindigkeit, Druck und Bearbeitungsdauer könnten Einfluss auf die Staubbildung haben und werden Beachtung finden. Mikromorphologische Partikelanalysen der Staubproben sollen Einblicke in den Aufbau und die Zusammensetzung von Kunststoffstäuben geben.

Um Bezüge zum Praxisalltag in einem gewerblichen Labor herzustellen, wurden eine Arbeitsplatzanalyse und Staubprobenahmen in einem Zahntechniklabor durchgeführt. Informationen über eventuelle Atemwegserkrankungen sollen mittels einer Lungenfunktionsprüfung an einem Zahntechnikerkollektiv gewonnen werden. Mit einer Fragebogenuntersuchung soll eine Klärung der Art und Häufigkeit von Atemwegsschäden, eine Identifizierung vermutlich gefährlicher Werkstoffe und eine Überprüfung des Einsatzes von Staubschutzvorrichtungen stattfinden (siehe auch MEURER, Frankfurt 1983). Abschließend werden Hinweise zum Arbeitsschutz gegeben.

6 Material und Methode

6.1 Werkstoffe

In der Studie zu den geeignetsten Oberflächenbearbeitungsinstrumente von Verblend- und Füllungswerkstoffen verwendeten RZANNY UND WELKER (2000) Sinfony®, Artglass® und Targis®. Das machte diese Materialien auch für eine Staubuntersuchung interessant.

6.1.1 Sinfony® (Fa. Espe)

Sinfony® ist seit 1997 als Feinstpartikel-Hybrid-Komposit auf dem deutschen Markt etabliert. Der Füllstoffgehalt beträgt 50 Gew.-% und ist verantwortlich für die thixotrope Konsistenz. Die Größe der Füllstoffpartikel umfasst 0,04 µm bis 0,8 µm. Die hervorragenden mechanischen (Elastizität, Abrasionsstabilität, Schlagzähigkeit) und optischen Materialeigenschaften erweitern den Indikationsbereich. So findet Sinfony® beispielsweise Anwendung bei der Vollverblendung von Kronen und Brücken, bei herausnehmbaren Zahnersatz wie Teleskop- und Geschiebearbeiten, In-/Onlays, faserverstärkten Kronen und Brücken sowie Langzeitprovisorien. Dieses Kompositmaterial ist sehr gut polierbar. Bei der Ausarbeitung kommen im Normalfall kreuzverzahnte Hartmetallfräsen, Gummipolierer, Schwammrad, Ziegenhaarbürste und Baumwollschwabbel mit Polierpaste zum Einsatz (MEYER, 1999).

6.1.2 Artglass® (Fa. Heraeus Kulzer)

Im Jahre 1995 stellte man Artglass® als das erste microglass-verstärkte Kompositmaterial (Werkstoffklasse: Polyglas) vor, um den bis dahin schmalen Indikationsbereich der Verblendung von Metallgerüsten mit den damaligen klassischen Kronen- und Brückenkomposit zu erweitern. Erstmals konnten mit Artglass® Vollverblendungen auch im Seitenzahnbereich erfolgen sowie die Anfertigung metallfreier Einzelkronen und Veneers.

Der Füllstoffgehalt dieses Verblendwerkstoffes beträgt 70 Gew.-% und die Größe der Füllstoffpartikel 0,007 µm (silanisiertes Siliziumdioxid im Artglass-Opaker) bis 1 µm (Barium-Aluminium-Silikatglas in Artglass-Pasten). Der anorganische Anteil sorgt für eine bleibende

ästhetische Wirkung, Abrasionsresistenz und hohe Stabilität, während der organische Anteil eine gute Polierbarkeit und geringe Sprödbruchgefahr garantiert.

Die Fa. Heraeus Kulzer bietet rotierende Spezialinstrumente zur Bearbeitung und Politur von Polyglas- und Komposit-Werkstoffen an (Tool-kit Set) (nach WICHNALEK, 1999).

6.1.3 Targis®/Vectris® (Fa. Ivoclar-Vivadent)

1996 stellte man diese Kombination aus Komposit und Glasfasertechnologie erstmals vor und erhoffte sich damit, einen weiteren Schritt in die metallfreie Kronen- und Brücken-Gerütherstellung aus Voll-Kunststoff-Systemen getan zu haben (MELLE et al., 1999).

Bei Targis® handelt es sich um einen Ceromer-Werkstoff (**Ceramic Optimized Polymer**) mit einem organischen Füllstoffanteil von 80 Gew.-% silanisierter keramischer Feinstpartikel-Füllstoffe (0,04 µm bis 1 µm). Ceromere vereinen die Vorteile von keramischen Werkstoffen und jene von hochentwickelten Komposit-Materialien wie Artglass®.

Vectris® stellt einen lighthärtenden, transluzenten, zahnfarbenen Gerüstwerkstoff aus der Gruppe der FRC Faserverbundwerkstoffe (**Fibre Reinforced Composite**) dar (ROSENTHAL et al., 1997). In die lichtreaktive, organische Matrix sind silanierte Glasfasern mit einer Stärke von ca. 5 µm eingebunden (KÖRBER UND KÖRBER, 1998). Das machte das Material für die experimentelle Untersuchung interessant, da Fasern auch zu Erkrankungen der Lunge, beispielsweise Krebs, führen können (POTT, 1977; POTT et al., 1990).

Das System Targis®/Vectris® kommt den Forderungen der Transluzenz, geringem Gewicht, hoher Steifigkeit und Kosteneinsparung nach, und es hatte den Anschein, man hätte nun eine vertretbare Möglichkeit zur Herstellung metallfreier Kompositbrücken gefunden.

Aus den hier aufgeführten Materialien wurden Prüfkörper (Maße: 15 mm lang, 5 mm breit, 2 mm tief) in dafür vorgesehenen Formen hergestellt. Sinfony® und Artglass® wurden unter jeweils beidseitiger Bestrahlung im Dentacolor XS-Gerät 180 Sekunden bestrahlt und Targis® sowie Targis®/Vectris®- Körper im Targis Powerlichtofen (Ivoclar) mit dem Programm 1 polymerisiert.

6.2 Instrumente

In Anlehnung an die Ausarbeitungsempfehlungen der Komposit-Hersteller, den Anwendungsempfehlungen seitens der Instrumentenvertreiber und den Hinweisen aus der Literatur wurden die Werkzeuge ausgesucht.

Die im Werkzeugvergleich benutzten Werkzeuge zählen zu den häufigsten und gebräuchlichsten bei der Bearbeitung von Verblendkunststoffen. So können und sollten Kronen- und Brückenverblendmaterialien auf der Basis lichthärtender Komposits grob mit kreuzverzahnten Hartmetallfräsern, fein mit feinkörnigen Diamanten und Diamantscheiben sowie braunen und grünen Gummipolierern ausgearbeitet werden (PICHL UND GUGGENBERGER, 1990; BRAUNWARTH, 1998). Für die Vorpolitur eignen sich bei Kunststoffoberflächen Silikonpolierer und Schmirgelpapier. Beim eigentlichen Polieren sollten Bürsten, Filzkegel, Schwammrad, Leder- oder Leinenschwabbel verwendet werden. Hochglanz ist abschließend mit Leinen- oder Nesselschwabbeln bzw. Wollrädern unter Zusatz von Poliermitteln zu erreichen (CAESAR UND ERNST, 1993). OLK (1999) empfiehlt weiterhin für die Ausarbeitung Siliziumschleifkörper (DuraGreen) und für die Politur weiße Silikongummis und Ziegenhaarbürsten.

Rückblickend auf andere Studien wurden ähnliche Instrumente verwendet. Bei GEBHART (1984) kamen Hartmetallfräser, Nylon-Korund-Scheibe, Steinscheibe, Silikon- und Gummipolierer zum Einsatz. ZIEGLER UND MEYER (1991) benutzten zur Bearbeitung von CrCo-Legierungen handelsübliche Aluminiumoxid-Steinchen und Silikonpolierer der Firma Shofu. LINDEMANN (2002) entschied sich bei den Messungen von Kunststoffstäuben (darunter auch Artglass®) für eine Hartmetallfräse und Schmirgelpapier.

Andererseits sollen rotierende Werkzeuge in die Untersuchungen einbezogen werden, welche mit großer Wahrscheinlichkeit für eine gute Oberflächengüte von Verblendmaterialien sorgen. BEHR et al. berichten 1998/1999 über Instrumente zum Bearbeiten von Targis®. Darunter befanden sich das Artglass® tool kit mit Silico, Prepol, Mepol und Hipol von Kulzer, das Shofu Rainbow® Polishing-Set und die Sof-Lex® discs von 3M, welche in dieser Studie auch Anwendung finden sollen. RZANNY UND WELKER (2000) arbeiteten in ihren Studien zu den Verblendwerkstoffen Sinfony®, Artglass® und Targis® mit Hartmetallfräsern, Diamantschleifern bei 10.000 U/min, den Bearbeitungsinstrumenten des Artglass® tool kit, mit einer Ziegenhaarbürste und Silikonpolierern bei 5.000 U/min. In der Hauptuntersuchung werden aufbauend auf deren Erkenntnisse die Staubmessungen mit diesen Instrumenten erfolgen.

6.2.1 Rotierende Werkzeuge für den Werkzeugvergleich

Im Folgenden wird näher auf die Instrumente eingegangen, welche beim Werkzeugvergleich zum Einsatz kamen.

Hartmetallfräser FX (040) (Abb. 1)

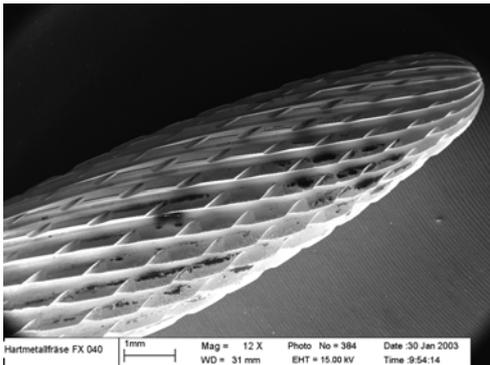


Abb. 1: Hartmetallfräser FX 040
(12-facher Vergrößerung)

Fräser dienen der Konturierung nach der Endpolymerisation. Hartmetallfräser tragen gleichmäßig schneidend Verblendmaterial ab. Die meisselförmigen Schneiden der Fräser zerspanen den Werkstoff ähnlich wie eine Hobel. Nach MAINER (2001) werden Hartmetallfräser aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums in fast allen Bereichen der zahntechnischen Zerspantechnik verwendet. Vor allem kreuzverzahnte Fräser sind aus der Zahntechnik nicht mehr wegzudenken.

Diamantschleifer (014) (Abb. 2)

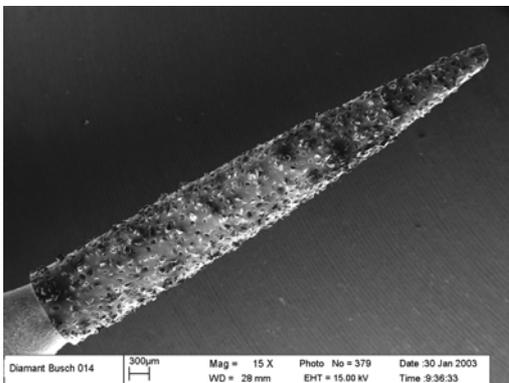


Abb. 2: Diamantschleifer Busch 014
(15-facher Vergrößerung)

Diamantschleifer dienen auch der Formgebung und wurden einst zur Feinausarbeitung von PICHL UND GUGGENBERGER (1990) empfohlen. Die Diamantsplitter werden galvanoplastisch auf metallischen Schleifkörpern befestigt. Beim Schleifen wirkt jedes Schleifkorn wie eine kleiner Drehmeißel (JUNG UND BORCHERS, 1988).

Silico aus dem Artglass tool kit®

Dabei handelt es sich um einen Silikonpolierer zum Angleichen der Übergangsränder Metall und Verblendwerkstoff. Er dient auch der Feinpolitur zervikaler Metallränder.

Keramik-Silikonpolierer aubergine, unmontierte Linse, Bohrung Ø 1.7 mm

Dieser dient dem Glätten der Oberfläche nach der Konturierung. Er weist eine extra feine Korngröße auf und man erreicht damit die Glanzpolitur von Keramik. Es handelt sich um einen Silikonpolierer aus SiC mit Silikonbindung.

Gummipolierer braun, unmontierte Linse, Bohrung Ø 1.7 mm

Dieser Gummipolierer (SiC, Gummibindung) mittlerer Korngröße dient der Vorpolutur von Amalgam/Au/Ag/Pt/Pd, Kompositen, Keramik, Titan, CoCr/NiCr und Kunststoffen.

Korundstein

Man verwendet diese zur Ausarbeitung von Edelmetall-Legierungen. Labo-Steine bestehen aus Edelmetall mit keramischen Bindemittel und werden aus reinem Al₂O₃, frei von Kohlenstoff, hergestellt.

Ziegenhaarbürste weich, weiß, Rad unmontiert, Ø 19 mm, Bohrung Ø 1,7 mm

Diese ist sehr hilfreich bei der Vorpolutur von Interdentalräumen und restlichen Flächen. Im Großen und Ganzen benutzt man sie vor der abschließenden Hochglanzpolitur mit einem Baumwollschwabbel und Hochglanz-Polierpaste.

Genaue Angaben zu diesen Instrumenten sind der nächsten Tabelle zu entnehmen (Tab. 3).

Tab. 3: Bearbeitungsinstrumente für Verblendkomposite

Bearbeitungs-instrument	Bezeichnung	Hersteller	ISO-Nummer	U/min
Hartmetallfräser	425 FX (040)	Busch	5001004274140040	10.000
Diamantschleifer	880 (018)	Busch	806104140524018	10.000
Silikonrad	Siliko (aus Artglass tool kit)	Heraeus Kulzer		5.000
Keramik-Silikonpolierer aubergine	Glanzpolierer (Bindungshärte ISO504)	Busch	900303504220 Busch 9693/220	5.000
Gummipolierer braun	PoliLine Glanzpolierer (Bindungshärte ISO523)	Busch	900303523220 Busch 9603/220	5.000
Korundstein	Labo-Stein (Labo Pink)	Shofu	056	5.000
Ziegenhaarbürste weich, weiß		Busch	090900543000190 Busch 9638/190	5.000

6.2.2 Rotierende Werkzeuge für morphologische Untersuchung am Rasterelektronenmikroskop

In der nächsten Tabelle (Tab. 4) werden Hinweise zu weiteren rotierenden Instrumenten gegeben, welche bei dieser Untersuchung zum Einsatz kamen. Dabei wird die Zusammensetzung und der Einsatzbereich kurz erläutert. Auf die Hartmetallfräser und den Diamant wird nochmals näher eingegangen.

Tab. 4: Erläuterungen zu weiteren rotierenden Werkzeugen

Werkzeug	Verwendungszweck und Zusammensetzung
Prepol®	Kevlarpolierer zum schonenden Vorpolieren strukturierter Verblendungen
Mepol®	Naturhaarpolierer (Bürstenrad) zum Auspolieren der Strukturen auf Verblendungen
Hipol®	Wollschwappel zur Hochglanzpolitur von Verblendungen
Dura-Green® Steine	hochwertige Siliziumkarbidsteine (mittlere Körnung) mit keramischem Bindemittel für das Dentallabor und die zahnärztliche Praxis zur Ausarbeitung und Konturierung von Kompositen, Keramik, Edelmetallen, GIZ und Amalgam
Dura-White® Steine „Arkansas-Steine“	fein gekörnte Al ₂ O ₃ -Schleifkörper (feine Körnung) mit keramischem Bindemittel für das Dentallabor und die zahnärztliche Praxis zur Feinstbearbeitung von Kompositen, Keramik, Compomeren, GIZ und Zahnhartsubstanz
Compomaster®	zur Hochglanzpolitur von Kompositen ohne zusätzliche Polierpaste mit ultrafeinen Diamantpartikel
Softcut®	Silikonpolierer mit integriertem Poliermittel (feine Siliziumkarbid-Schleifpartikel) für Keramik und Komposite in der Zahntechnik
Composite® und Composite Fine®	für die Zahnarztpraxis zur Politur und Hochglanzpolitur von Mikro- und Hybrid-Komposit-Restaurationen
Super-Snap®	beschichtete Scheiben mit weichem elastischen Träger zum Konturieren, Finieren und Polieren von Mikrofill- und Hybrid-Komposit Füllungen in der zahnärztlichen Praxis
Sof-Lex™	beschichtete Polierscheiben mit Träger, gleiche Funktion wie Super-Snap-Scheiben

Hartmetallfräser FFX 016 (Abb. 3), FX (016,060), R 012 (Abb. 4)

Bei Hartmetallfräsern mit E-Verzahnung, wo die langen Schneiden der Fräswerkzeuge unterbrochen sind, handelt es sich seit 1978 (MAINER, 2001) um kreuzverzahnte, also gewundene Fräser, die sich nach Angaben von HOHMANN UND HIELSCHER (1993) für Kunststoffe eignen. Fräser mit Querhieb verkleinern lange Kunststoffspäne, bedingen damit kurze, blockige Späne

und senken den Schnittdruck. Anhand der Aufnahmen sollen diese Unterschiede in der Spangröße herausgearbeitet werden.

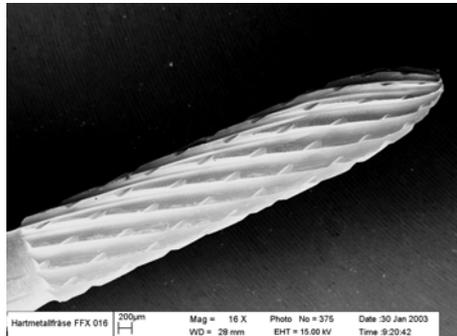


Abb. 3: Hartmetallfräser FFX 016
(16-fache Vergrößerung)

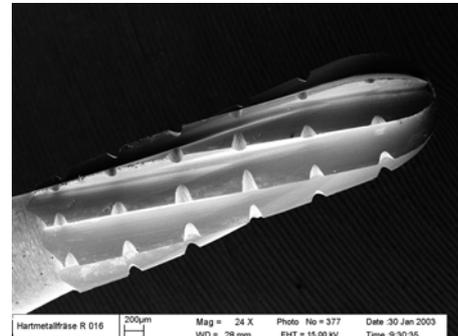
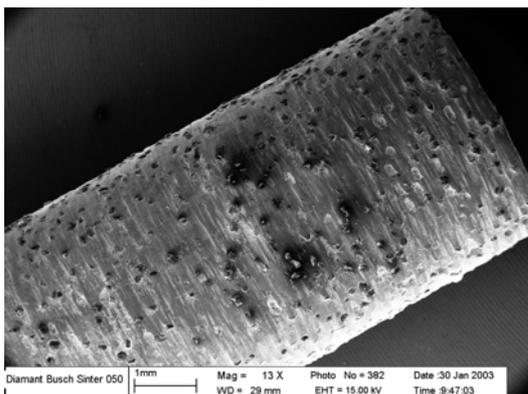


Abb. 4: Hartmetallfräser R 012
(24-fache Vergrößerung)

Diamant gesintert (050) (Abb. 5)



Diamantierte Werkzeuge unterscheiden sich von Fräsern durch die Art des Materialabtrags, denn sie schneiden nicht sondern zertrümmern. Die Abtragsleistung ist somit höher und erfolgt durch einen rotierenden Schneidkörper mit vielschneidigen Diamantkörnern.

Abb. 5. Diamant gesintert
(13-facher Vergrößerung)

Alle Werkzeuge für die morphologische Untersuchung werden in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 5) übersichtlich zusammengefasst und Herstellerangaben sowie die auf sie angewandten Drehzahlen genannt.

Tab. 5: Bearbeitungsinstrumente für Verblendkomposite

Bearbeitungs- instrument	Bezeichnung/ Grösse	Hersteller	ISO-Nummer	U/min
Hartmetallfräser	M428 FFX (016)	Busch	500104289110016	10.000
Hartmetallfräser	M428 FX (016)	Busch	500104289140016	10.000 40.000
Hartmetallfräser	425 FX (040)	Busch	500104274140040	10.000
Hartmetallfräser	425 FX (060)	Busch	500104274140060	10.000
Hartmetallfräser	R (012)	Busch	500104137	10.000
Diamantschleifer	862 (014)	Busch	806104249524014	10.000
Diamantschleifer gesintert	1837 (050)	Busch	807104112534050	10.000
Silikonrad	Siliko	Heraeus Kulzer	aus dem Artglass tool kit	5.000
Bürstenrad aus Kevlarfasern	Prepol	Heraeus Kulzer	aus dem Artglass tool kit	5.000
Bürstenrad	Mepol	Heraeus Kulzer	aus dem Artglass tool kit	5.000
Wollschwappel	Hipol	Heraeus Kulzer	aus dem Artglass tool kit	5.000
Siliziumkarbid- stein	Dura-Green Stones	Shofu	045 PN 0008 Shank HP, Shape CY4	5.000
Arkansasstein	Dura-White Stones	Shofu	040 PN 0211 Shank HP, Shape TC4	5.000
Silikonpolierer	Compomaster	Shofu	040 PN 0116 Shank HP, Shape Bullet	5.000
Silikonpolierer	SoftCut	Shofu	040 PN 0564, Grit PA, Shank HP, Shape WH6	5.000
Silikonpolierer	CompoSite	Shofu	040 PN 0191 Shank CA, Shape Bullet	5.000
Silikonpolierer	CompoSite Fine	Shofu	090 PN 0292 Shank CA, Shape Knife	5.000
Polierscheiben	Super Snap Mini-Kit	Shofu	Black (coarse) L506 Violet (medium) L528 Green (fine) L501 Red (superfine) L502	5.000
Polierscheiben	3M Sof-Lex Sof-Lex System	3M	Schwarz (grob C) Dunkelblau (mittel M) Himmelblau (fein F) Hellblau (sehr fein SF)	5.000

6.3 Angewandte Untersuchungsmethoden

Die technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und die Gefahrstoffverordnung in Deutschland stellen allgemeine Anforderungen an Messverfahren. Eine Einhaltung dieser, beispielsweise der TRGS 402, im Hinblick auf die Messaufgabe ist dennoch nicht immer möglich. So fordern LAMBERT et al. (1989) dazu auf, auch Messverfahren für die Feststellung einer Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz zu akzeptieren, welche „... nur einen Teil der genannten Messaufgaben mit der geforderten Genauigkeit abdecken.“.

Die Staubmessungen erfolgten hauptsächlich nach dem zweistufigen gravimetrischen Mess- und Bewertungsverfahren, wie es für nichttoxische Stäube in der TGL 32620/01 seit Januar 1984 gefordert wird (SCHEUFLER UND KNIRCK, 1986). In der Hauptuntersuchung wird sich auf Kurzzeitmessungen beschränkt. Die Schichtmessungen in den Arbeitsräumen des Dentallabors der FSU Jena haben nur eine ergänzende Funktion.

Nach Möglichkeit sollten zur Ermittlung repräsentativer Ergebnisse für die Exposition personengetragene Messgeräte benutzt werden. Stationäre Probenahmegeräte erlauben dies nur selten, sind zur Beurteilung technischer Schutzmaßnahmen aber bestens geeignet (BARIG UND BLOME, 2002).

6.3.1 Gravimetrische Staubmessung mit zweistufigem Staubprobenahmegerät SPG 210

Technisch-organisatorische und biologisch-medizinische Gründe sprechen für eine Vorangstellung des zweistufigen gravimetrischen Staubmessverfahrens zur Ermittlung lungengängiger Stäube und Bestimmung von Gesamt- und Grobstaubmengen (DUCKE, 1980). Dieses Verfahren gilt derzeit noch als Mittel der Wahl. Im Gegensatz zu den älteren in der DDR verwandten Staubprobenahmegeräten SPG 10/20 vereinfachte sich die Konzentrationsbestimmung mit dem SPG 210, denn bei der Auswertung kann der methodische Pinselfehler und Faserverlust durch das Wägeverfahren stark eingeschränkt werden (DUCKE, 1980).

Personenbezogene Messungen eignen sich prinzipiell für den zahntechnischen Arbeitsplatz, zumal sich die Arbeitsorte ständig ändern. Nachteil solcher Messgeräte ist die geringe Absaugleistung im Gegensatz zu stationären Messeinrichtungen, was eine lange Messzeit für eine ausreichende Schadstoffmenge erfordert hätte (PFEIFFER, 1984). Zudem stand für die gravimetrische Staubbestimmung keine Kopfmesseinrichtung zur Verfügung. Damit fiel die Ent-

scheidung zur Klärung der Sachverhalte auf das stationäre Staubprobenahmegerät SPG 210. Den Empfehlungen von HEIDERMANNS et al. (1980) für Feinstaubkonzentrationsmessungen wird so Folge geleistet.

Ein Saugaggregat mit einer Ansauggeschwindigkeit von 1,2 m/s saugt eine definierte Menge Luft (9 m³/h) durch das Gerät. Dabei wird der Grobstaub im Zyklon, der Feinstaub hingegen im Feinstaubfilter, bestehend aus Wirrfaservliesringen und einer dünnwandigen Filterkassette, abgeschieden.

Der gravimetrische Staubmesser erlaubt die Entnahme von Grobstäuben zur Ermittlung morphologischer Merkmale mittels eines REM. Weitere Anwendungshinweise für das Gerät SPG 210 sind der Bedienungsanleitung zu entnehmen (SCHMALZ, 1982).

6.3.2 Numerische Staubmessung mit Konimeter Modell 10 des VEB Carl Zeiss Jena

Das zweistufige gravimetrische Messverfahren hat die veraltete numerische Messmethode mittels Konimeter abgelöst. Nach PANGERT UND DUWE (1981) sowie FEHN (1989) ist die Konimetrie nur noch in begründeten Fällen zulässig. Zumal erhalten die Ergebnisse durch die Auszählung einen subjektiven Charakter (DUCKE, 1980).

Früher waren einige Autoren vor allem in der ehemaligen DDR auf das Konimeter angewiesen, da ihnen keine anderen Geräte zur Verfügung standen. So wurden konimetrische Kurzzeit-Staubmessungen von BUTH UND SCHULZ (1980), EFFENBERGER (1981) und KIRCHHOFF (1982) in Zahntechniklaboren durchgeführt.

Heute können in begründeten Fällen auch anhand von Konimetern zahntechnische Stäube noch bewertet werden. Nach WALKENHORST (1976) liegen die Vorteile dieses direkten Messverfahrens bei der einfachen Handlichkeit und der Unabhängigkeit von einer Energiequelle, so dass es für diese Untersuchungen herangezogen werden sollte.

Konimetrisch-numerische Messungen dienen in der Arbeitsmedizin der Ermittlung des Feinstaubgehaltes der Atemluft am Arbeitsplatz. Mit dem Konimeter sollen Aussagen über die Korngrößenverteilung gewonnen werden, indem die Staubmenge während der Bearbeitung der Prüfkörper am Modellarbeitsplatz durch eine Probenahme in Kopfnähe des Untersuchers durch eine zweite Person erfolgt.

6.4 Durchführung der Staubmessung

6.4.1 Auswahl und Beschreibung der Messorte

Das Dentallabor der Zahnklinik an der FSU Jena beschäftigt acht Zahntechniker. Es setzt sich aus mehreren Arbeitsbereichen zusammen. Die meisten Tätigkeiten wie Modellgusstechnologie, Kunststoffverarbeitung, Epithetik erfolgen im Arbeitsraum (geschlossener Raum H= 3,15 m, B= 5,80 m, L= 9,40 m) mit insgesamt neun Arbeitsplätzen, die über eine Arbeitsplatzabsaugung verfügen. Diesem Raum schließen sich Gips- und Polymerisationsbereich ohne Tür an. Der Feuchtrimmer für Gipsmodelle hat keine Absaugung, aber im Polymerisationsbereich gibt es eine geschlossene Absaugung. Für die Keramikverarbeitung steht ein extra Raum zur Verfügung. Das Gießen und Abstrahlen von Legierungsarbeiten sowie das Polieren herausnehmbaren Zahnersatzes erfolgt in einem separaten Raum, welcher durch mehrere Wände geteilt ist (Raummaße insgesamt ca. H= 3 m, B= 4,30 m, L= 6 m). In den Arbeitsbereichen der Gussöfen, Poliermotoren und Strahler sind Absauganlagen integriert.

KRONENBERGER et al. (1982) und MUNTEANU (1983) sehen am Arbeitsplatz eines jeden Zahntechnikers die eigentliche Gefahr für eine Pneumokonioseerkrankung, insbesondere beim maschinellen Beschleifen eines Werkstücks. Eine Arbeitsplatzuntersuchung von BUTH UND SCHULZ (1980) ergab zudem, dass ein Zahntechniker zu 65 % der Arbeitszeit an seinem Arbeitsplatz tätig ist. Aus diesen Gründen erschien es bedeutungsvoll, Stäube unter heutigen Arbeitsschutzbedingungen am Zahntechnikarbeitsplatz zu messen.

Zusätzlich wurden raumübergreifende Staubmessungen in diesem gewerblichen Labor durchgeführt. Bei der Herstellung herausnehmbaren Zahnersatzes fallen neben Quarz-, Metall- und Kunststoffstäuben beachtliche Staubmengen durch die Arbeitsgänge „Gipsen“ und Modellherstellung an (KRONENBERGER et al., 1986; KEMPF UND PFEIFFER, 1987). Wie bei KIRCHHOFF (1982) sollen deshalb Messungen am Gipstrimmer und –abscheider erfolgen.

Obwohl ein Zahntechniker am Strahlgerät täglich nur für kurze Zeit tätig ist, sollte dieser Arbeitsbereich untersucht werden. Zum einen wird jedes Metallgerüst vor der Verblendung abgestrahlt und zum anderen ließ die Arbeitsplatzanalyse trotz integrierter Absaugung vorab viel Staub im Arbeitsbereich dieses Drei-Kammer-Strahlers erkennen.

Eine Abtrennung der Gusskanäle z. B. vom Brückengerüst, erfolgt unter Zuhilfenahme eines Trennschleifers, woraus Metallstäube resultieren. Nach VOLLMER et al. (1988) sind Trennschleifer vielerorts wie auch in diesem Labor nicht an Staubabsaugvorrichtungen angeschlos-

sen, so dass dort ein Gesundheitsrisiko durch Stäube besteht. Wie bei KUNTZE UND KUNTZE (1985) sollen einmalige Probenahmen am Trennschleifer in Form einer gravimetrischen Schichtmessung durchgeführt werden.

Die Politur von Verblendkunststoffen erfolgt mit einem mit rotierenden Instrumenten versehenem Handstück und Polierpasten am Technicarbeitsplatz, so dass Staubmessungen am Poliermotor wie bei KIRCHHOFF (1982) nicht zur Untersuchung gehören sollten. Zudem entstehen bei Polierarbeiten weniger Stäube als bei Schleifarbeiten und eine Staubentstehung, wenn überhaupt, geht nur vom Poliermittel aus. Im Keramik- und Gusstechnicarbeitsbereich wurden keine Messungen geplant, da Schwerpunkt dieser Studie die Verblendtechnologie sein soll.

In der experimentellen Hauptuntersuchung wurde ein isolierter Modellarbeitsplatz (geschlossener Raum $H=3,20$ m, $B=3,50$ m, $L=4,50$ m; zwei Fenster der Breite 1,40 m) mit einer Arbeitsplatzabsaugung der Firma Wassermann für den Werkstoff- und Materialvergleich benötigt. Ein Prüfstand wie nach HEIMANN UND HINTE (1993) zur Ermittlung von Stuben der Prüfobjekte aus der abgesaugten Luft stand nicht zur Verfügung. Wie bei BRUNE UND BELTESBREKKE (1980a), FRANZ UND SCHULZE (1983), SCHEUFLER UND KNIRCK (1986) sowie AUGTHUN et al. (1991) konnte auf Verfahren wie chemische Analysen zur Partikelidentifikation, röntgenografische, infrarotspektrografische Verfahren oder Schadstoffbestimmungen durch Atomabsorptionsspektrometrien und das Coulter-Counter-Verfahren zur physikalischen Charakterisierung nicht zurückgegriffen werden, was diesen Messort erforderlich machte.

6.4.2 Versuchsaufbau

Die Messplanungen von HEIDERMANNS (1980) sehen im Allgemeinen vor, dass zur Feststellung von Staubwirkungen am Arbeitsplatz personenbezogene Probenahmegeräte benutzt werden sollen, da man damit direkt im Atembereich messen kann. In dieser Untersuchung handelt es sich aber um eine stationäre Messeinrichtung. In diesem Fall haben die Messungen am Arbeitsplatz in Atemhohe bei einer Ansaugrichtung in etwa der Atemrichtung und nicht mehr als einen Meter vom Atembereich des Exponierten wie bei ZIEGLER (1991) zu erfolgen. Diesen Forderungen wurden wir gerecht. Die Ansaugöffnung des zweistufigen Gravimeters war 30 bis 40 cm während der Staubprobennahme und des Schleifvorganges vom Prüfkörper entfernt. Beim Gebrauch der Absaugung bearbeitete man im Abstand von 15 cm zur Ansaugoff-

nung der Absaugschublade den Werkstoff. Der Versuchsaufbau wurde zudem so gestaltet, dass der Untersucher unter körperhaltungstechnisch günstigen Bedingungen seine Messungen durchführen konnte.

Auch BRUNE UND BELTESBREKKE (1980b) stellten ihr Staubprobenahmegerät etwa 30 cm vom Arbeitsplatz entfernt auf. GEBHART et al. (1984) hat Feinstäube im Atemluftbereich, 15 bis 30 cm vom Werkstück entfernt, gemessen. Ähnlichkeiten zum Versuchsaufbau lassen sich auch bei FRANZ UND SCHULZE (1983) erkennen. Sie platzierten die Ansaugöffnung des Sammelgerätes in Höhe der Nase des Beschäftigten in einer maximalen Entfernung von 35 cm. Mit den Ergebnissen dieser Autoren wäre ein Vergleich unserer eigenen, was den Versuchsaufbau angeht, durchaus denkbar.

Vor jeder neuen Messung mussten die Zyklone ausgewaschen und getrocknet werden. Zum Bearbeiten der Prüfkörper kam ein mobiles Handstück der Firma Girrbach (Ultimate) mit Drehzahlregler von 400 bis 40.000 U/min zum Einsatz. Die am Modellarbeitsplatz befindliche Einzelplatzabsaugung der Firma Wassermann (Absaugschublade LSG-02 DE) verfügt über eine Absaugleistung von 360 m³/h bei 125 Watt, 0,5 A und einer Spannung von 230 V/50 Hz.

6.4.3 Laufzeit des gravimetrischen Staubprobenahmegerätes

An den Laborarbeitsplätzen ist mit starken Konzentrationsschwankungen durch ständig wechselnde Arbeitsbereiche und bestimmter Orts zu kurzer Expositionszeiten zu rechnen, so dass bei einer Kurzzeitmessung keine ausreichende Schadstoffmenge ermittelt werden kann. Deshalb wurden in den Dentallaborräumen Langzeitmessungen von zwölf Stunden verteilt auf zwei Schichttage zu je sechs Stunden durchgeführt. Mit einer Langzeitmessung, die nach SEIFERT UND SALTHAMMER (1997) mehrere Stunden bis Tage dauert, sollten die Staubverhältnisse geprüft werden.

Insgesamt erfolgten 12 Dentallabor-Schichtmessungen mit dem SPG 210 in der Zeit vom 07.11.2000 bis 12.12.2000. Die durchgeführten Staubmessserien verteilen sich wie folgt:

Arbeitsraum (Arbeitstische)

1. Tischreihe: an zwei Tagen je sechs Stunden
2. Tischreihe: an zwei Tagen je sechs Stunden

Gipsraum

Gipsausscheider: an zwei Tagen je sechs Stunden

Gipstrimmer (feucht): an zwei Tagen je sechs Stunden

Polierraum und Strahlraum

Drei-Kammer-Sandstrahler: an zwei Tagen je sechs Stunden

Trennschleifer: an zwei Tagen je sechs Stunden

Stationäre Messeinrichtungen, wie das SPG 210, erlauben wegen ihres hohen Luftdurchsatzes kurze Probenahmezeiten. Laut SEIFERT UND SALTHAMMER (1997) dauern Kurzzeitmessung bis zu einer Stunde. In der Regel werden damit Spitzenkonzentrationen erfasst.

Die zur Messung und Beurteilung gesundheitsgefährdender mineralischer Stäube geforderte Mindestprobenahmezeit HEIDERMANN et al. (1980) von mindestens einer Stunde sollte im Gegensatz zu denen von FRANZ UND SCHULZE (1983) sowie KEMPF UND PFEIFFER (1987) eingehalten werden. Am Modellarbeitsplatz belief sich deshalb die Probenahmezeit auf 60 Minuten, die erfahrungsgemäß auch für bestimmte Analysen mit dem REM ausreichende Schadstoffmengen liefern sollte. ZIEGLER (1991) machte in seiner Studie Einzelprobenahmen an jeweils einem Prüfkörper aus CrCo-Legierung auch über einen Zeitraum von 60 Minuten. Andererseits wurde die Kurzzeitmessung am Modellarbeitsplatz bevorzugt, da eine Dauerbelastung seitens des Untersuchers durch Stäube beim Bearbeiten der Werkstoffe ohne Absaugung nicht vertretbar gewesen wäre, auch dann nicht, wenn durch das Tragen von Handschuhen und Mundschutz die Belastungen minimiert werden können.

In dieser Studie wird es sich in der Hauptuntersuchung um 75 % Bearbeitungszeit und nicht wie bei HEIMANN UND HINTE (1993) um 50 % innerhalb einer Stunde Messzeit handeln. Die restlichen 15 % umfassen eine Nachlaufzeit des Messgerätes. Bei BRUNE UND BELTESBREKKE (1981b), FRANZ UND SCHULZE (1983) sowie KEMPF UND PFEIFFER (1987) hingegen beziehen sich die Messungen nur auf die Dauer der staubbildenden Arbeitsvorgänge.

Die Arbeitszeitstudien von BRUNE UND BELTESBREKKE (1980a) an mehreren Zahntechnikerkollektiven ergaben unterschiedliche Kontaktzeiten während der Schneid-, Schleif- und Polier-Tätigkeiten. Sie bewegen sich in einem Zeitraum von 0,2 bis acht Stunden am Tag. Die Bearbeitung eines Gussobjektes beansprucht beispielsweise im Mittel für das Trennen zehn Minuten, Grobarbeiten 60 Minuten, Feinausarbeiten 60 Minuten und Polieren 30 Minuten

(VOLLMER, 1988). Ähnliche Ausarbeitungszeiten sind bei Verblendkompositen zu erwarten, so dass die Entscheidung auf eine Bearbeitungszeit von 45 Minuten fiel.

Im Rahmen einer *Pilotstudie* sollte geprüft werden, ob die Verblendwerkstoffe und rotierenden Instrumente für einen Werkstoff- und Werkzeugvergleich geeignet und die Staubmengen bei diesen Laufzeiten auswertbar sind. Für jede Einzelprobenahme eines Werkstoff- bzw. Werkzeugblocks wurde jeweils die gleiche Anzahl an Prüfkörpern verwendet.

Die erste Messserie untersuchte die vier Werkstoffe. Die Bearbeitung erfolgte mit einem Hartmetallfräser. Die Messungen verteilen sich dabei wie folgt:

- Sinfony: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Artglass: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Targis: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Targis/Vectris: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung

In der zweiten Messserie wurden verschiedene rotierende Werkzeuge am Werkstoff Sinfony® eingesetzt und die Staubmengen wie folgt gemessen.

- Diamantschleifer: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Silikonrad: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Gummipolierer (braun): zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Keramik-Silikonpolierer: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Korundstein: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Ziegenhaarbürste: zwei Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung

Darauf aufbauend erfolgten gravimetrische Messungen am isolierten Modellarbeitsplatz mit dem SPG 210 im Zeitraum von Januar 2001 bis Juli 2001. Die insgesamt 80 durchgeführten Staubmessungen der *Hauptuntersuchung* verteilen sich wie folgt:

Werkstoffvergleich mit Hartmetallfräser

- Sinfony: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Artglass: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Targis: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Targis/Vectris: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung

Werkzeugvergleich anhand Sinfony®

- Diamantschleifer: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Silikonrad: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Gummipolierer braun: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Keramik-Silikonpolierer: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Korundstein: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung
- Ziegenhaarbürste: je vier Messungen zu je 60 Minuten ohne bzw. mit Absaugung

6.4.4 Berechnung der Gesamt-, Grob- und Feinstaubkonzentration

Die Auswertung der Probenahmen erfolgte mittels Wägung. Diese Differenzwägung wurde durch die geringe Masse von Zyklon und Kassettenfilter erst möglich. Mit einer Halbmikrowaage unter Laborbedingungen wurden durch Differenzwägung Grobstaub- und Feinstaubmenge bestimmt. Mindestens zwei Stunden vor Wägungsbeginn mussten die Staubproben dafür dem Klimazustand des Wägeraumes angepasst werden .

Die beim gravimetrischen Messverfahren ermittelte Staubkonzentration gibt an, wie groß die Masse der Staubteilchen je Volumeneinheit ist. Die Maßeinheit lautet mg/m^3 . Die numerische Staubkonzentration hingegen sagt aus, wie viele Partikel in einem Luftvolumen enthalten sind. Angegeben wird diese Konzentration in Teilchen pro Kubikmeter Luft (T/m^3).

Die Gleichung zur Berechnung der gravimetrischen Staubkonzentration lautet allgemein:

$$c = m/V \quad \text{bzw.} \quad c = m/V^*t$$

m	Gesamtstaubmenge in mg
c	Staubkonzentration in mg/m^3
V	durchgesaugtes Luftvolumen in m^3
V*	durchgesaugtes Luftvolumen pro Zeiteinheit in m^3/h
t	Messzeit in Stunden

Im konkreten Fall gilt für die Gesamt-, Grob- und Feinstaubberechnung:

$$c_1 = m_1/V \quad c_2 = m_2/V \quad c_0 = c_1 + c_2$$

c_1	Grobstaubkonzentration in mg/m^3
c_2	Feinstaubkonzentration in mg/m^3
m_1	Grobstaubmenge in mg
m_2	Feinstaubmenge in mg
c_0	Gesamtstaubkonzentration in mg/m^3

6.4.4 Statistische Auswertung der gravimetrischen Messergebnisse

Die statistisch Aufbereitung der Ergebnisse aus der Hauptuntersuchung am Modellarbeitsplatz erfolgte mit dem SPSS-Programm. Die gesuchte durchschnittliche Staubkonzentration wurde über eine Messserie ermittelt. Der arithmetische Mittelwert M aus n Einzelmessungen ($a_1+a_2+\dots+a_n$) errechnet sich wie folgt: $M = 1/n (a_1+a_2+\dots+a_n)$.

Aus den jeweiligen vier Einzelmessungen wurde ebenfalls die Standardabweichung ermittelt.

Boxplots stellen die Ergebnisse grafisch dar. Anschließend schloss sich ein Vergleich der gravimetrischen Staubkonzentrationen mit den Allgemeinen Staubgrenzwerten der DFG und BIA für die „A- und E-Fraktion“ an. Zur arbeitshygienische Beurteilung der Staubsituation im Dentallabor der Zahnklinik wurden die derzeit gültigen MAK-Werte herangezogen.

6.5 Untersuchung der Raumlufte auf organisch-chemische Stoffe

Die Unkenntnis über organisch flüchtige Stoffe in der Raumlufte machte die Anwendung dieses Verfahrens interessant. Bisher sind in der Literatur zu solchen Messverfahren in einem Zahntechniklabor kaum Hinweise zu finden. Nur im Jahre 1978 beschäftigt sich DÄHNICKE mit dem Messen von Monomer-Dämpfen, was damals durch gaschromatografische Methoden oder mittels Prüfröhrchen bewerkstelligt werden konnte. Verblendkunststoffe enthalten laut BEGEROW et al. (1997) nach der Polymerisation noch Restmonomere, die ein Freiwerden bei der Bearbeitung von Kunststoffen vermuten lassen. All das gab Anlass, volatile Stoffe im Arbeitsraum mittels Passivsammler zu bestimmen. Unterstützt wurde diese Untersuchung von der Arbeitsgruppe Raumklimatologie des Institutes für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der FSU Jena Sitz Erfurt. Handelsübliche Passivsammler 3M 3500 dienen der Erfassung flüchtiger Verbindungen in der Raumlufte. In der Zeit vom 2.1.2001 bis 2.2.2001 am Modellarbeitsplatz sowie im Zahntechnik-Arbeitsraum und in einer 13-tägigen Wiederholungsmessung im Modellarbeitsplatzraum vom 23.2.2001 bis 8.3.2001 wurden Passivprobenahmen für die flüchtigen organisch-chemischen Stoffe der Raumlufte durchgeführt. Die Höhe der Messeinrichtung über dem Fußboden betrug am Modellarbeitsplatz 3,25 m und am Zahntechnik-Arbeitsplatz 3,15 m. Die Sammler waren an einem Drahtnetz angebracht. Dort befanden sich auch die Datalogger für die Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung vom Typ TINYTALK II.

Die zu untersuchenden Luftinhaltsstoffe werden durch Diffusion an das Sammelmedium heran transportiert und mit der passiven Sorption an Aktivkohle und anschließender gaschromatografischer Auftrennung bestimmt. Die klimatischen Parameter im Zahntechnik-Arbeitsraum und am Modellarbeitsplatz wurden im 24 Minuten-Abstand bzw. im 36 Minuten-Abstand bei der 13-tägigen Wiederholungsmessung am Modellarbeitsplatz ermittelt und nach Ablauf des Messzeitraumes am Rechner ausgelesen.

6.6 Bestimmung der Pulvermorphologie mit dem Rasterelektronenmikroskop

Die Kornbeschaffenheit macht Aussagen über die Morphologie (Form, Gestalt) und die Korngröße (Körnung, Dispersivität, Feinheit), welche mit dem REM dargestellt werden können. Die mikromorphologische Partikelanalyse diente dem visuellen Nachweis lungengängiger Stäube. Die Auswertung der Aufnahmen sollten zudem Hinweise für einen Abrieb der Bearbeitungsinstrumente, besonders der Polierer, geben.

6.6.1 Morphologische Analyse der Grobstäube

Für diese Analyse wurde die gesammelte Staubmenge der Vorabscheider aus dem Werkstoff- und Werkzeugvergleich verwendet.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ultrastrukturforschung der FSU Jena wurden die Präparate angefertigt. Die Adhäsion der Staubproben auf Probestellern wurde mit Hilfe von zweiseitigen Klebeplättchen (Leit-Tabs) erzielt. Im Anschluss wurde eine 40 nm starke Goldschicht mit einem Sputter Coater BAL-TEC SCD 005 aufgesputtert. Die Aufnahmen erfolgten mit einem Rasterelektronenmikroskop des Typs LEO 1450 VP der LEO Elektronenmikroskopie GmbH Oberkochen. Die semiquantitative Untersuchung der Staubproben auf ihre Zusammensetzung, Partikelgröße und Struktur erfolgte unter 100-, 300-, 500-, 1000- und 3000-facher Vergrößerung.

6.6.2 Morphologische Analyse des Gesamtstaubes aus verschiedenen Bearbeitungen des Werkstoffs Sinfony®

Im November 2002 wurden künstlich Stäube des Werkstoffs Sinfony® unter Zuhilfenahme verschiedenster Bearbeitungsinstrumente erzeugt.

Die REM-Untersuchungen dieser Stäube in der Zeit von Dezember 2002 bis Januar 2003 sollten aufschlussreiche Bilder komplexer Stäube in Abhängigkeit vom Werkzeug hervorbringen. Im Zuge dessen erfolgte eine Betrachtung ausgewählter Instrumente unter dem REM.

Bei der Herstellung der Staubproben wurde wie folgt vorgegangen. Die mit Leit-Tabs präparierten Objektträger wurden am Modellarbeitsplatz justiert und in Höhe der Arbeitsfläche parallel ausgerichtet. Der Untersucher bearbeitete einen Sinfony®-Prüfkörper ca. 20 cm oberhalb des Objektträgers, so dass Staubteile auf den Leit-Tab fielen. Teilweise kam auch die Absaugung zum Einsatz. Unter großer Sorgfalt musste Fremdstaub vermieden werden. Die bestäubten Träger wurden deshalb sofort unter Verschluss aufbewahrt. Die zur Ansicht notwendige Bearbeitung der Objektträger wurde wieder durch das Institut für Ultrastrukturforschung bewerkstelligt.

6.7 Fragebogenerhebung bei Zahntechnikerkollektiv

An freiwilligen Zahntechnikern aus verschiedenen Laboratorien des Jenaer Raums wurde mittels eigens erstelltem Fragebogen (siehe unter „Umweltmedizinischer Fragebogen“) eine arbeitsmedizinisch orientierte Befragung durchgeführt. Es sollten damit Informationen zur Person, der Berufsausübung und dem eigenen Wohlbefinden gewonnen werden.

Im Hinblick auf die Zielstellungen der Arbeit wurde mit dem Fragebogen ein besonderes Augenmerk auf Staubbelastungen am Arbeitsplatz gelegt und wie sich die Zahntechniker davor schützen. Selbstverständlich stellt sich die Frage, ob Verblendkunststoffe überhaupt in den untersuchten Kollektiven Verwendung finden, ob es Spezialisierungen auf dem Gebiet der Kunststoffverarbeitung oder in anderen Technologien gibt. Außer Acht durften auch nicht weitere zahnmedizinische Werkstoffe wie Quarz, Asbest und Metalle/Legierungen gelassen werden. Sie werden bedeutsam, wenn es um die Ursachenklärung für mögliche Atemwegserkrankungen (bekannt aus der Anamnese oder hervorgegangen aus der Lungenfunktionuntersuchung), Allergien und Auffälligkeiten an den Händen geht. Beschwerden sind neben zahn-technischen Arbeiten (hierbei Entstehung lungengängiger Stäube) auch auf erbliche Veranlagung, Umwelteinflüsse oder andere Faktoren zurückzuführen. Gezielte Fragestellungen sollen zur Klärung dessen beitragen und falsche Schlussfolgerungen vermeiden.

Nachforschungen zu derzeitigen Beschwerden werden zeigen, ob Diskussionen um das Wohlbefinden von Zahntechnikern heute noch relevant sind. Handelt es sich um eine Berufsgruppe,

wo es zu vielen Arbeitsausfällen wegen berufsbedingter Krankheiten kommt? Dabei interessieren auch, welche Vorsorgeuntersuchungen in Anspruch genommen werden.

6.7.1 Beschreibung des Probandengutes

1. Alter und Geschlecht

Bei den Befragten handelte es sich um zwei männliche und 12 weibliche Zahntechniker, dessen mittleres Lebensalter 45,7 Jahre beträgt. In der folgenden Abbildung (Tab. 6) ist die geschlechtliche Altersverteilung dargestellt.

Tab. 6: Altersverteilung beider Geschlechter

Alter in Jahren	31	38	39	41	42	43	44	48	49	56	59	61
Frauen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Männer											1	1

2. Raucheranamnese

Von den Befragten wurden die Rauchergewohnheiten ermittelt. Man unterschied dabei Nichtraucher, Raucher und Ex-Raucher. Als Ex-Raucher musste man mindestens ein Jahr abstinent sein. Unter den Befragten befanden sich eine Raucherin, welche täglich seit 20 Jahren drei Zigaretten konsumiert, zwei Ex-Raucher und elf Nichtraucher.

Zigarettenrauch ist die Umwelttoxine Nummer Eins, und zahlreiche Studien belegen die Gefährlichkeit dieser inhalativen Noxe für die Bronchien. Rauchen ist für die chronische Bronchitis die wichtigste Einflussgröße, gefolgt von den Staubbelastungen am Arbeitsplatz und bedarf deshalb der Aufmerksamkeit (SCHULZ, 1998).

3. Berufsjahre

Die Berufsjahre, in denen die Probanden der praktischen Tätigkeit als Zahntechniker nachgingen, umfassen im Durchschnitt 29 Jahre. Die Zahntechniker haben noch keine anderen Tätigkeiten ausgeübt. Voraussetzung an der Teilnahme der Fragebogenerhebung waren mindestens zehn Berufsjahre, denn langjährig Exponierte zeigen eher Effekte als kurzzeitig Exponierte. In Tabelle 7 sind die Anzahl und Berufsjahre der Beschäftigten aufgeführt.

Tab. 7: Verteilung der Berufsjahre im Kollektiv

	Berufsjahre als Zahntechniker		
	bis 25	26 bis 30	>30
Anzahl	6	4	4
durchschnittliche Berufsjahre	20,5 ± 4,6	27,5 ± 1,3	41,3 ± 3,8

6.8 Lungenfunktionsprüfung bei Zahntechnikerkollektiv

Am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin erfolgte für Zahntechniker aus fünf verschiedenen Laboren in der Zeit von Oktober 2000 bis Februar 2003 eine Lungenfunktionsprüfung mit einem Bodyplethysmographen (Master Screen Body, Fa. Jäger Taennies). Analysiert wurden Ergebnisse der ITGV-Messung und des Atemwegwiderstandes sowie eine Flussvolumenkurve, mit der Atemfluss und verschiedene Lungenvolumina gemessen wurden. Die Auswertung erfolgte anhand der Sollwerte der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS-Werte 93). Berücksichtigt werden Geschlecht, Alter, Raucheranamnese, Körpergröße und Körpergewicht der Probanden.

Auf eine Kontrollgruppe wurde verzichtet. Bestimmt wurden aus den gemessenen Werten, getrennt für jeden Parameter, mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS der arithmetischen Mittelwert und die dazugehörige Standardabweichung. Neben einer tabellarischen Darstellung der Ergebnisse wurden zur besseren Übersicht Grafiken in Form von Boxplots erstellt.

7 Ergebnisse

7.1 Ergebnisse der gravimetrischen Staubmessung im Dentallabor

Mittels Staubprobenahmegerät SPG 210 konnten Stäube an vier verschiedenen Orten in der Raumluft gemessen werden. Eine Gefährdung durch lungengängige Stäube für Zahntechniker war den ermittelten Feinstaubkonzentrationen zu Folge nicht gegeben. Grobstäube hingegen traten mancherorts in unerwünschten Konzentrationen auf.

An den Technikarbeitsplätzen konnten während der Messzeiten die Allgemeinen Grenzwerte der DFG und des BIA für Grobstäube eingehalten werden. Die Stäube resultierten trotz Platzabsaugung aus folgenden Arbeiten: Stumpferstellung, Bearbeitung von Titan, Edelmetall, Modellgussprothesen aus CrCo-Legierung, Herstellung von Funktionslöffeln aus Kunststoffen, Galvanogoldarbeiten und natürlich der Ausarbeitung von Kunststoffrohlingen für herausnehmbaren Zahnersatz mit Sandpapier und Fräsern.

Im Gipsbereich wurden an den zwei Tagen ca. 44 Modelle hergestellt, 15 Modelle getrimmt und ca. 15 Sockelplatten für den Artikulator ausgegossen. Dort und am Trennschleifer kam es im Gegensatz zum Drei-Kammer-Strahler zu einer generellen Überschreitung des Grenzwertes der „E-Fraktion“ nach dem Vorschlag der DFG. Besonders am Feuchtrimmer im Gipsbereich, welcher mit Hilfe des Wassers Gipsstaub binden helfen soll, fanden sich erhebliche Grobstaubmengen. Nach dem Richtwert des BIA für die „E-Fraktion“ liegt nur am Trennschleifer eine um ein Fünffaches höhere Konzentration als gefordert vor.

Die Tabelle (Tab. 8) zeigt die genauen Messwerte einschließlich der gesammelten Luftmenge.

Tab. 8: Staubmessung im Dentallabor

Standort	Grobstaub (mg/m³) E-Fraktion	Feinstaub (mg/m³) A-Fraktion	Gesamtstaub (mg/m³)	Gesammelte Luftmenge (m³)
1. Arbeitsplatzreihe	0,23	0,04	0,27	104,94
2. Arbeitsplatzreihe	0,09	0,02	0,11	106,32
Gipsausscheider	4,68	0,34	5,02	108,80
Feuchtrimmer	7,80	0,66	8,46	106,77
3-Kammer-Strahler	1,58	0,07	1,65	108,07
Trennschleifer	53,39	0,16	53,55	109,31

7.2 Ergebnisse der gravimetrischen Staubprobenahmen am Modellarbeitsplatz

7.2.1 Ergebnisse der Pilotstudie

Die durchgeführten Messungen zum Werkstoff- und Werkzeugvergleich ergaben, dass mit Kurzzeitmessungen auswertbare Staubmengen erreicht werden. Wie die ersten Messergebnisse ohne Absaugung erkennen lassen, war die Grobstaubmengenbildung bei der Bearbeitung von Targis®/Vectris®-Prüfkörpern mit einem Hartmetallfräser am größten. Führend bei den Feinstaubmengen ohne Absaugung war Sinfony®. Auch mit Absaugung konnten Feinstaubmengen bestimmt werden. Dabei lag nur Targis® mengenmäßig vor Sinfony®. Deshalb fiel die Entscheidung, für den Werkzeugvergleich Sinfony® zu verwenden, da von diesem Material die anscheinend größte Gefahr als lungengängiger Staub ausgeht.

Die Messungen unter Verwendung einer Absaugung beim Werkstoffvergleich deuten bereits die Effektivität und Wirksamkeit einer solchen Anlage an, da hiermit keinerlei Grobstäube bestimmt werden konnten. Die ermittelten Staubkonzentrationen im Werkzeugvergleich zeigen eine Abhängigkeit in der Staubmengenbildung vom Instrument. Mit Absaugung verhalten sich alle Staubkonzentrationen sehr ähnlich, und erneut waren Feinstäube messbar. Ohne Absaugung hingegen gingen die Ergebnisse weit auseinander. Der Keramikpolierer produzierte den meisten Grobstaub. Zudem ließen sich bei allen Instrumenten Feinstaubmengen bestimmen.

Kritisch sollte in der Hauptuntersuchung der Einsatz einer Ziegenhaarbürste betrachtet werden, da in dieser ersten Untersuchung eine deutlich höhere Feinstaubmenge gegenüber den anderen Instrumenten erkennbar war. Die Tabellen (Tab. 9 und Tab. 10) geben einen Überblick zu den ermittelten Staubkonzentrationen mit und ohne Absaugung.

Tab. 9: Messergebnisse der Pilotstudie zum Werkstoffvergleich mit Hartmetallfräse FX bei 10.000 U/min

Werkstoff	Absaugung	Grobstaub (mg/m ³)	Feinstaub (mg/m ³)
Sinfony	ja	0	0,017
	nein	5,06	0,48
Artglass	ja	0	0
	nein	3,02	0,26
Targis	ja	0	0,03
	nein	3,30	0,138
Targis/Vectris	ja	0	0
	nein	6,81	0,32

Tab. 10: Messergebnisse zum Werkzeugvergleich anhand Sinfony

Werkzeug	Absaugung	Grobstaub (mg/m ³)	Feinstaub (mg/m ³)
Hartmetallräser FX 10.000 U/min	ja	0	0,017
	nein	5,06	0,48
Diamantschleifer 10.000 U/min	ja	0	0,006
	nein	3,73	0,01
Silikonrad 5.000 U/min	ja	0	0
	nein	0,69	0,128
Keramik-Silikonpolierer 5000 U/min	ja	0,34	0,09
	nein	6,03	0,27
Gummipolierer braun 5.000 U/min	ja	0,32	0,03
	nein	2,72	0,21
Korundstein 5.000 U/min	ja	0,02	0,06
	nein	1,66	0,09
Ziegenhaarbürste 5.000 U/min	ja	0,016	0,005
	nein	0	0,9

7.2.2 Hauptuntersuchung

Es kam in der Hauptuntersuchung mit Absaugung zu keinen nennenswerten Staubbelastungen (Grobstaub 0,23 mg/m³; Feinstaub 0,04 mg/m³; Gesamtstaub 0,27 mg/m³). Ohne Absaugung waren im Durchschnitt die Grobstaubmenge bis um das 71-fache und die Feinstaubmenge bis zum 42-fachen erhöht.

Der *Werkstoffvergleich* während der Bearbeitung mit einem Hartmetallfräser ohne Absaugung zeigt eindrucksvoll die unterschiedliche Staubbelastung in Abhängigkeit vom Werkstoff.

Die Gesamtstaubentwicklung bei den Kompositen verlief gestaffelt:

ohne Absaugung: Sinfony® < Artglass® < Targis® < Targis®/Vectris®.

mit Absaugung: Artglass® < Targis® < Sinfony® < Targis®/Vectris®

Ohne Absaugung konnten die Grenzwerte für die „E-Fraktion“ nach der DFG bei allen Werkstoffen nicht eingehalten werden. Auch nach den BIA-Grenzwerten fällt nur Sinfony® unter diese Grenze. Mit Absaugung ist eine drastische Reduzierung der Grobstäube zu verzeichnen.

Überschreitungen der Grenzwerte für die „A-Fraktion“ können verneint werden. Ohne Absaugung ist die Targis®-Feinstaubmenge am höchsten und sinkt im Arbeitsgang mit Absaugung unter die von Targis®/Vectris®. Ob es sich bei den Staubmessungen beim Werkstoff Artglass® mit Absaugung möglicherweise um Messfehler handelt, kann nicht gesagt werden. Es bestätigen sich aber die Ergebnisse aus der Pilotstudie.

Mit Blick auf die Ergebnisse aus der Pilotstudie kann festgestellt werden, dass die Sinfony®-Bearbeitung im Vergleich zu Artglass® und Targis® ohne Absaugung nicht zu so hohen Grobstaubmengen führt, sondern die „E-Fraktion“ der beiden anderen Werkstoffe weitaus größer ist. Die Feinstaubmengen für Sinfony® sind fast gleich geblieben, aber bei den drei anderen Verblendmaterialien haben sie sich mindestens verdoppelt. Targis®/Vectris® hingegen bestätigt den Verdacht einer sehr hohen Staubproduktion sowohl bei der Grobstaub- als auch bei der Feinstaubmenge. Die genaue Verteilung und auch die gemessenen Staubkonzentrationen sind der Tabelle (Tab. 11) und den Diagrammen (Abb. 6 und Abb. 7) zu entnehmen.

Tab. 11: Werkstoffvergleich anhand Hartmetallfräser bei 10.000 U/min

Werkstoff	Absaugung	Grobstaub (mg/m ³)	Feinstaub (mg/m ³)	Gesamtstaub (mg/m ³)
Sinfony	ohne	9,85 ± 1,89	0,42 ± 0,20	10,27 ± 1,00
	mit	0,35 ± 0,25	0,01 ± 0,02	0,36 ± 0,13
Artglass	ohne	14,50 ± 1,77	0,64 ± 0,24	15,14 ± 1,00
	mit	0	0	0
Targis	ohne	16,40 ± 1,67	0,83 ± 0,33	17,22 ± 0,77
	mit	0,23 ± 0,331	0,04 ± 0,04	0,27 ± 0,17
Targis/Vectris	ohne	23,07 ± 4,60	0,61 ± 0,22	23,68 ± 2,37
	mit	0,34 ± 0,24	0,10 ± 0,06	0,44 ± 0,10

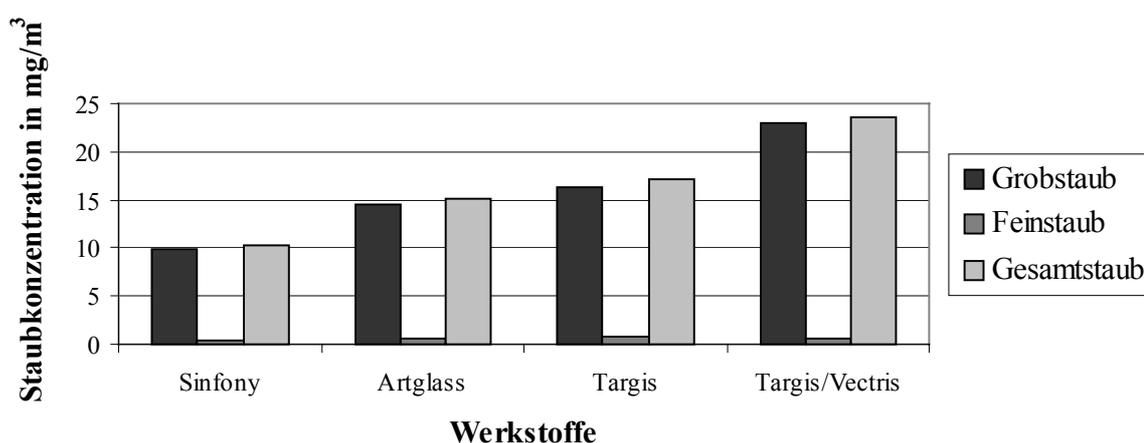


Abb. 6: Werkstoffvergleich ohne Absaugung

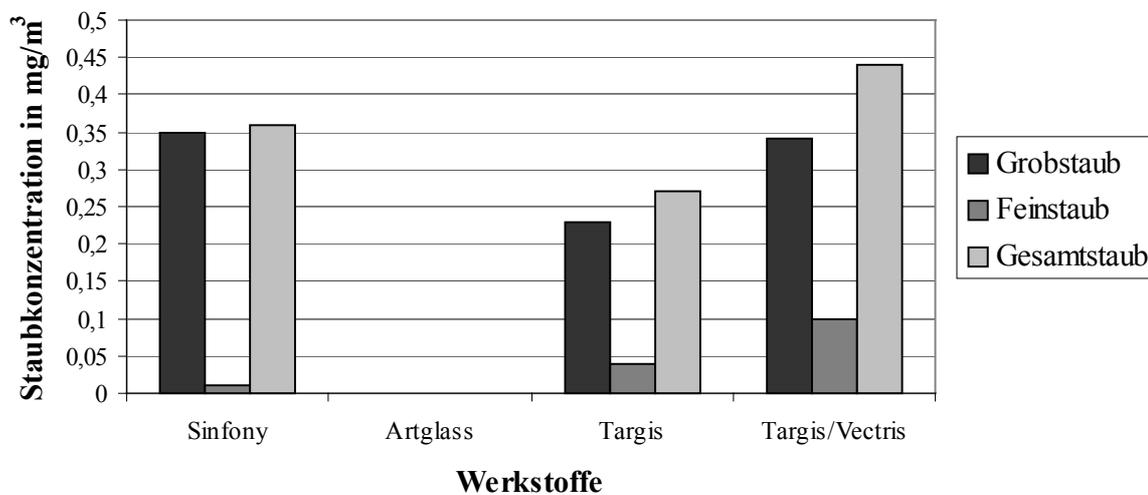


Abb. 7: Werkstoffvergleich mit Absaugung

Die nächsten Abbildungen (Abb. 8, Abb. 9) stellen die Ergebnisse der Staubmessungen im Werkstoffvergleich in Boxplots dar.

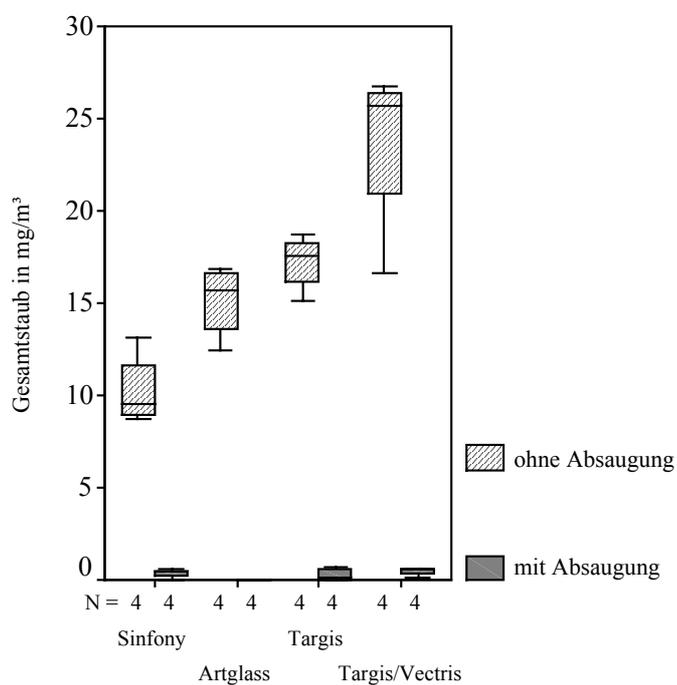


Abb. 8: Gegenüberstellung Gesamtstäube mit und ohne Absaugung im Werkstoffvergleich

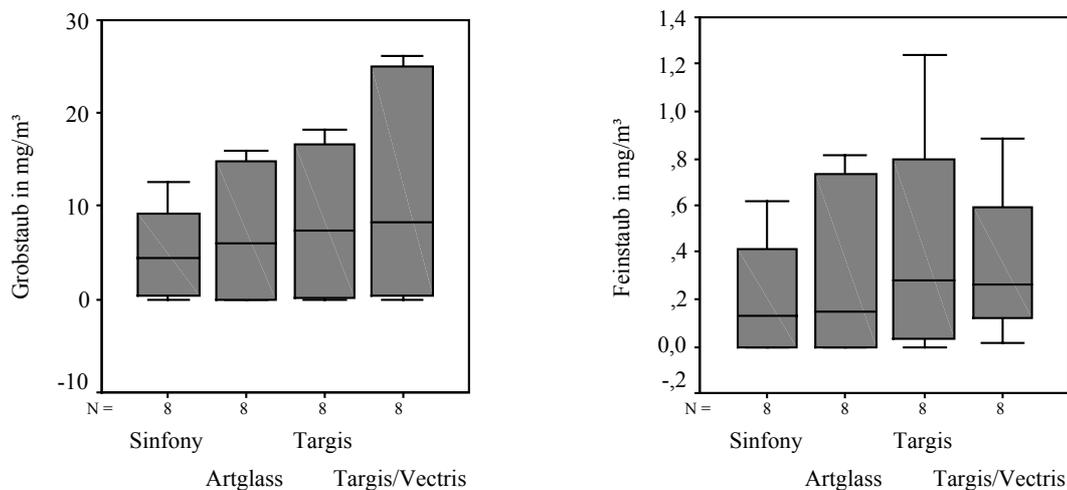


Abb. 9: Boxplotdarstellung der Grob- und Feinstäube ohne Absaugung im Werkstoffvergleich

Im *Werkzeugvergleich* anhand Sinfony® kann ebenfalls von keinen gesundheitlichen Gefahren für Zahntechniker gesprochen werden.

Die Gesamtstaubentwicklung bei den Instrumenten verlief ebenfalls gestaffelt:

ohne Absaugung

Keramik-Silikonpolierer
Gummipolierer braun
Hartmetallfräser
Silikonrad
Diamantschleifer
Ziegenhaarbürste
Korundstein

Gesamtstaubmenge
abnehmend

mit Absaugung

Silikonrad
Gummipolierer braun
Hartmetallfräser
Diamantschleifer
Keramik-Silikonpolierer
Ziegenhaarbürste
Korundstein

Gesamtstaubmenge
abnehmend

Besonders hohe Grobstaubmengen wurden bei der Bearbeitung ohne Absaugung mit dem Keramik-Silikonpolierer erzielt, gefolgt vom Gummipolierer braun, dem Hartmetallfräser, dem Diamantschleifer und letztlich dem Silikonrad. Dabei wurde der Grenzwert für den „E-Staub“ nach der DFG von allen überschritten. Laut Grenzwert des BIA für die „E-Fraktion“ könnten nur der Gummipolierer braun und der Keramik-Silikonpolierer gesundheitsgefährdend werden. Ungefährlich hingegen scheinen Korundstein und Ziegenhaarbürste, die auch ohne Absaugung weit unter den Grenzwerten lagen. Mit Absaugung kann ein Risiko durch zu hohe Grobstaubkonzentrationen ausgeschlossen werden. Ohne als auch mit Absaugung wur-

den die Grenzwerte für die „A-Fraktion“ bei allen Vergleichsmessungen nicht überschritten. Insgesamt betrachtet korreliert die Entwicklung von Stäuben mit dem Bearbeitungsinstrument. Materialabrieb der Polierwerkzeuge erhöhen die Staubmenge, wohingegen Hartmetallfräser mit ihrem groben Abtrag und minimalen Abrieb des Werkzeugstahls die Feinstaubkonzentration bei Benutzung der Absaugung fast gegen Null senken lassen. Die Diagramme (Abb. 10, Abb. 11) zum Werkzeugvergleich verdeutlichen, dass bei allen Tätigkeiten erheblich mehr Grob- als Feinstäube anfallen. Die detaillierten Ergebnisse des Werkzeugvergleichs zeigt Tab. 12. Die Boxplots in den Abbildungen 12 und 13 geben die Ergebnisse des Werkzeugvergleiches zusammengefasst wieder.

Tab. 12: Werkzeugvergleich anhand Sinfony®

Werkzeug/ Umdrehungen pro Minute	Absaugung	Grobstaub (mg/m³)	Feinstaub (mg/m³)	Gesamtstaub (mg/m³)
Hartmetallräser FX 10.000 U/min	ohne	9,85 ± 1,89	0,42 ± 0,20	10,27
	mit	0,35 ± 0,25	0,01 ± 0,02	0,36
Diamantschleifer 10.000 U/min	ohne	7,43 ± 1,62	0,13 ± 0,01	7,56
	mit	0,29 ± 0,19	0,04 ± 0,05	0,33
Silikonrad 5.000 U/min	ohne	6,63 ± 1,04	0,85 ± 0,30	7,58
	mit	0,5 ± 0,09	0,32 ± 0,14	0,82
Keramik-Silikonpolierer 5.000 U/min	ohne	12,34 ± 1,80	0,45 ± 0,12	12,79
	mit	0,32 ± 0,38	0	0,32
Gummipolierer braun 5.000 U/min	ohne	10,19 ± 2,70	0,87 ± 0,21	11,06
	mit	0,42 ± 0,17	0,04 ± 0,03	0,46
Korundstein 5.000 U/min	ohne	0,66 ± 0,18	0,07 ± 0,07	0,73
	mit	0	0,08 ± 0,06	0,08
Ziegenhaarbürste 5.000 U/min	ohne	0,25 ± 0,21	0,89 ± 0,34	1,14
	mit	0,17 ± 0,22	0,03 ± 0,06	0,20

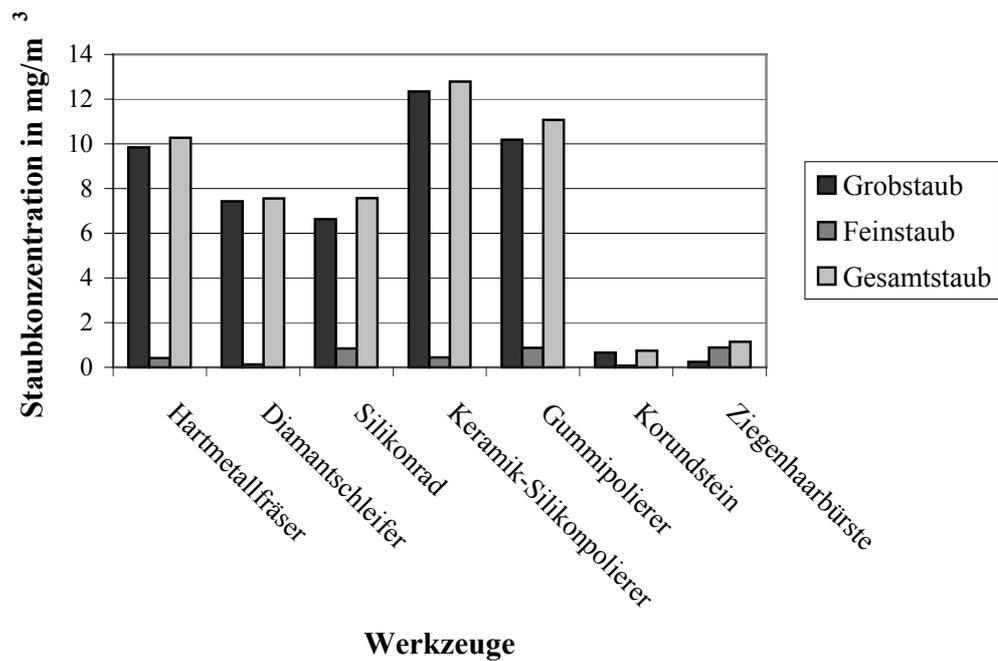


Abb. 10: Werkzeugvergleich ohne Absaugung

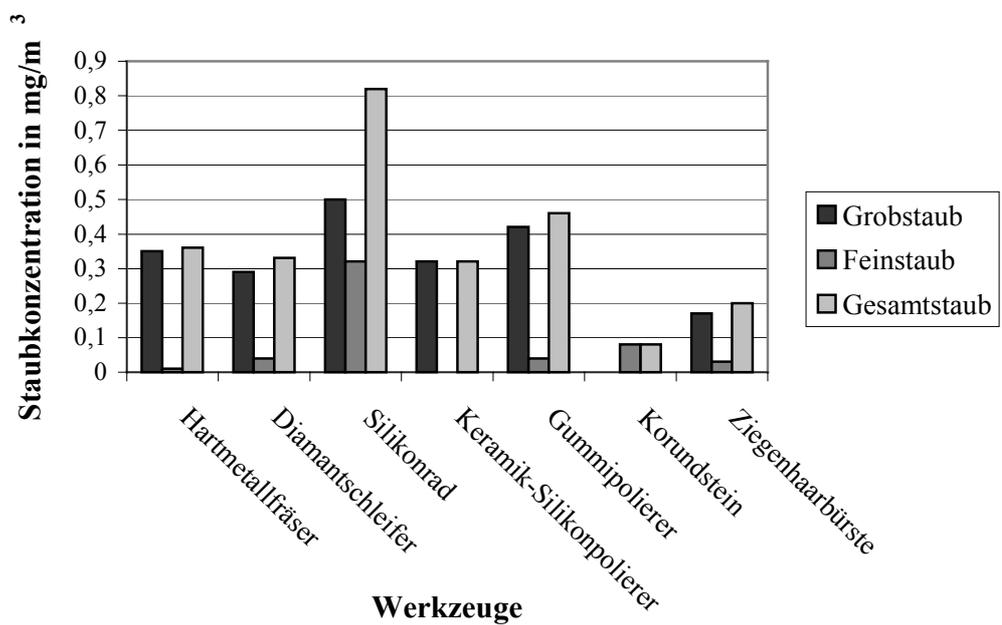


Abb. 11: Werkzeugvergleich mit Absaugung

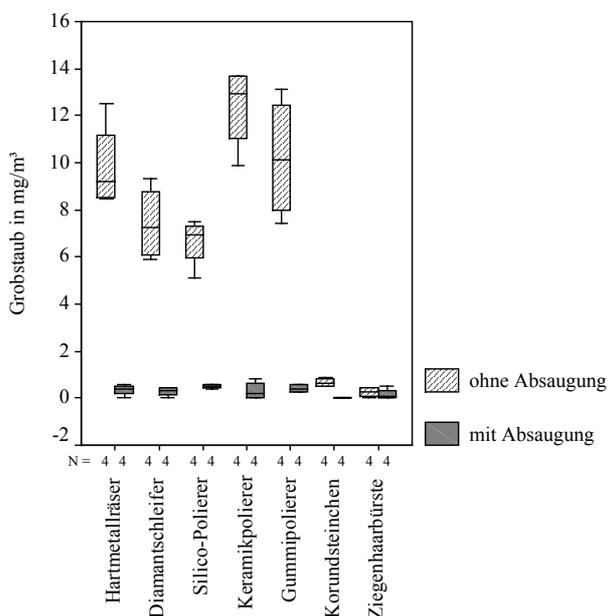


Abb. 12: Gegenüberstellung Grobstäube mit und ohne Absaugung im Werkzeugvergleich

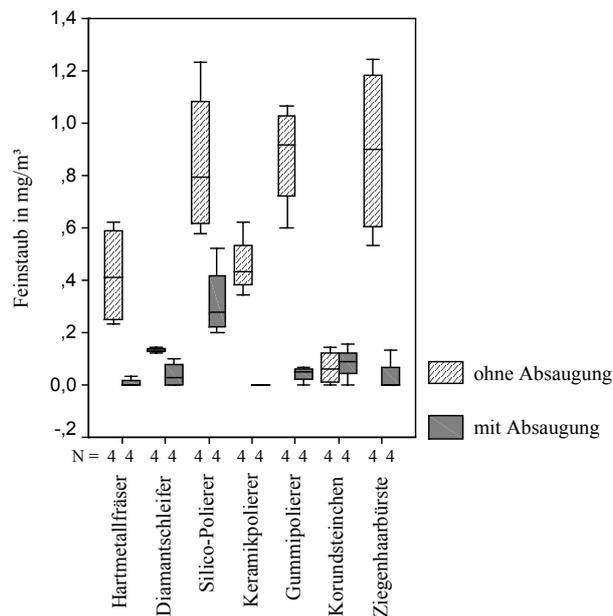


Abb. 13: Gegenüberstellung Feinstäube mit und ohne Absaugung im Werkzeugvergleich

7.3 Ergebnisse der konimetrischen Staubmessung

Beim Versuch einer konimetrischen Staubmessung zur Überprüfung der Feinstaubmenge musste leider festgestellt werden, dass dieses Verfahren nicht auf Kunststoffstäube anwendbar ist. Innerhalb einer Messreihe traten starke Messschwankungen auf. Die Unstimmigkeiten der Teilchenverteilungen auf der Glasscheibe während einer Versuchsreihe ließen keine Auswertung mit einem Lichtmikroskop und die Berechnung eines repräsentativen arithmetischen Mittelwertes zu. Eine exakte Auszählung der Proben war zudem nicht möglich, da entweder zu wenige Staubteilchen auf der Glasscheibe hafteten, oder die einzelnen Staubpartikel als einzelne nicht differenziert und damit gezählt werden konnten. Hiermit bestätigt sich die Unbrauchbarkeit und Ungenauigkeit mit dem Konimetermessgerät.

7.4 Ergebnisse der Passivsammlung

Die Konzentrationen an organisch-chemischen Stoffen in den zu untersuchenden Räumen lassen auf Grund ihrer geringen Menge und fehlender Indikatorsubstanzen für bestimmte Materialien eine Quellenzuordnung bzw. einen Quellenhinweis nicht zu. Die Messergebnisse

im Modellarbeitsraum sind zudem schwer beurteilbar, da der Raum zusätzlich durch einen Zahnarzt genutzt wurde und die Lüftungen und Reinigungsmaßnahmen der zahnärztlichen Schwester schwer nachzuvollziehen sind. Dennoch ergab die Auswertung der Passivsammler geringe Hinweise auf volatile Substanzen aus der Kunststoffverarbeitung, deren Konzentration teils über den empfohlenen Richtwerten lagen (Tab. 13). Die Ergebnisse sind in den Diagrammen (Abb. 14, Abb. 15) grafisch dargestellt. Die 13-tägige Wiederholungsmessung am Modellarbeitsplatz zeigt eine hohe Übereinstimmungen mit dem 1-Monatswert in den summarischen Werten TVVOC, TVOC und den anderen Substanzen, so dass man sie als allgemeingültig annehmen kann.

Tab. 13: Konzentration flüchtiger organischer Verbindungen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in der Zahntechnik

Substanz	Zahntechnik-labor	Modell-arbeitsplatz	Modell-arbeitsplatz (Wdh.messung)	Grenzwerte
Aromate	48,9	24,4	13,0	50
Halog.C-H-Verbindg.	5,6	13,9	52,2	30
Carbonyle	74,6	76,1	0,0	20
Terpene	53,4	202,3	196,4	30
Gesamt TVOC	749,4	417,2	346,2	300
Gesamt TVVOC	219,4	1452,9	1305,8	

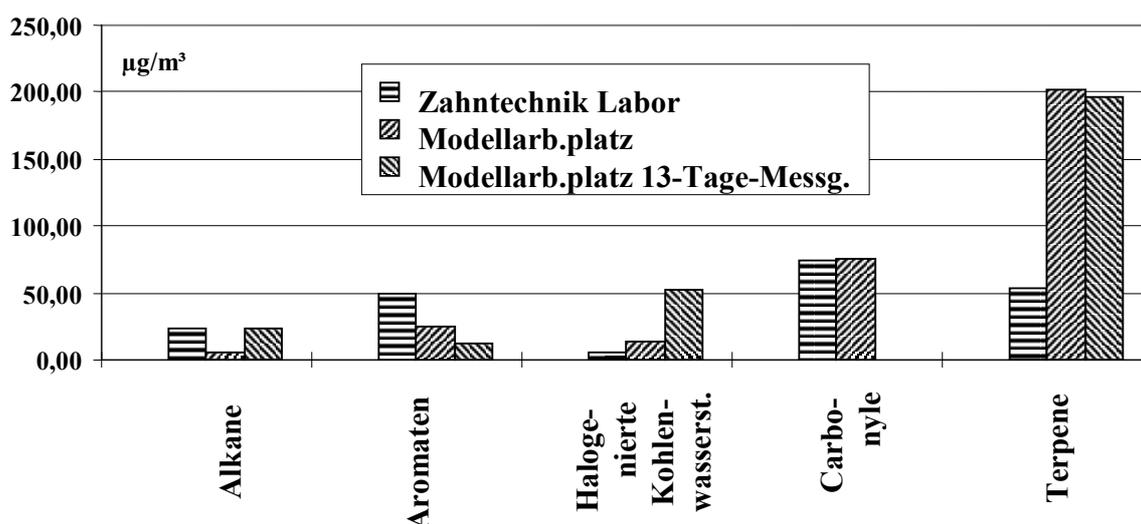


Abb. 14: Summarische Darstellung der in Gruppen zusammengefassten Substanzen in den Untersuchungsräumen

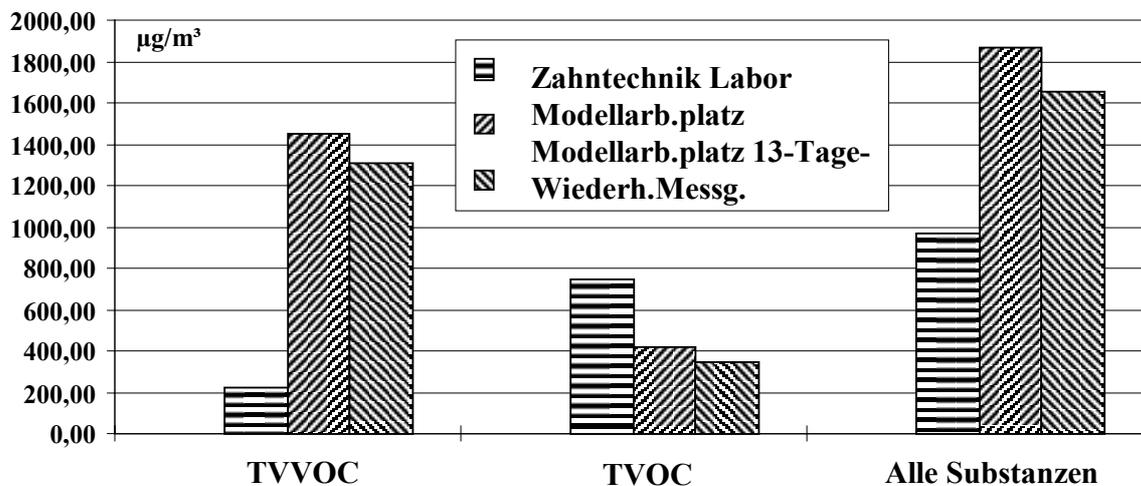


Abb. 15: Summarische Angaben der organisch-chemischen Substanzen in den untersuchten Räumen

7.5 Ergebnisse der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung

Da eine stoffliche Analyse der Stäube bei Kunststoffen sich als schwierig herausstellte, wurden REM-Aufnahmen angefertigt.

Die Stäube zeigen bei der elektronenmikroskopischen Betrachtung durchaus lungen- und alveolengängige Partikel. Es handelt sich bei den Probenahmen um eine Ansammlung feiner Staubpartikel und auch größerer Späne. Meist fanden sich unter dem Mikroskop Staubhaufen, welche nur durch eine ausreichende Vergrößerung eine Bewertung des Gefährdungspotentials ermöglichen. Die Grobstaubpartikel dienen den Feinstäuben oft als Vehikel (Abb. 16). In dieser Konstellation sind die Teilchen für den Zahntechniker ungefährlich. Dass die Gebilde einen sehr lockeren Verbund darstellen und jederzeit auseinanderfallen können, beweist die starke Aufladung der Staubproben, welche gute Aufnahmen mitunter verhinderte. Zudem erscheinen in vielen Aufnahmen die Staubpartikel verbacken oder verschmolzen (Abb. 17). Über den Zerfall und die Herauslösung potentiell gefährlicher Partikel daraus kann abschließend nur spekuliert werden. Es ist stark anzunehmen, dass von diesen Partikeln unter $5\ \mu\text{m}$ keine Gefahr ausgeht.

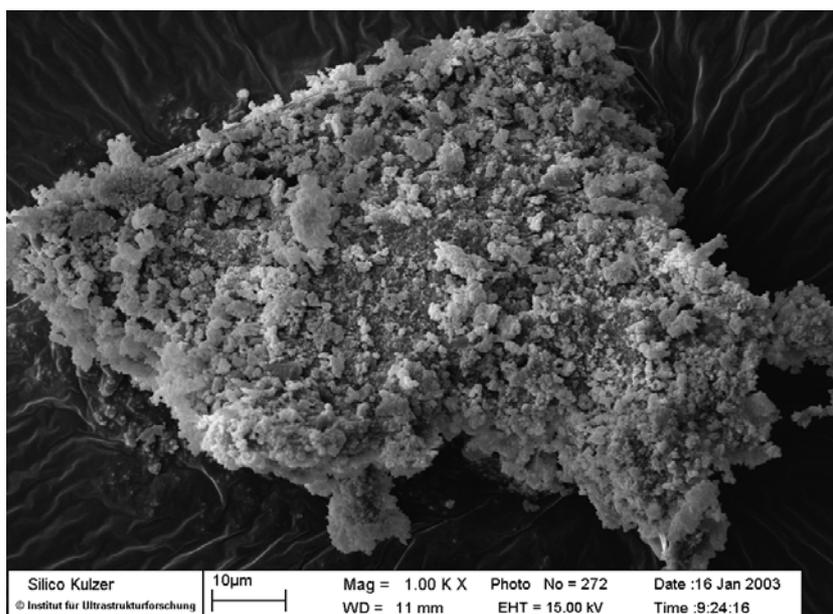


Abb. 16: Grobstaub als Vehikel für Feinstäube am Beispiel des Silico-Silikonpolierers(1000-fache Vergrößerung)

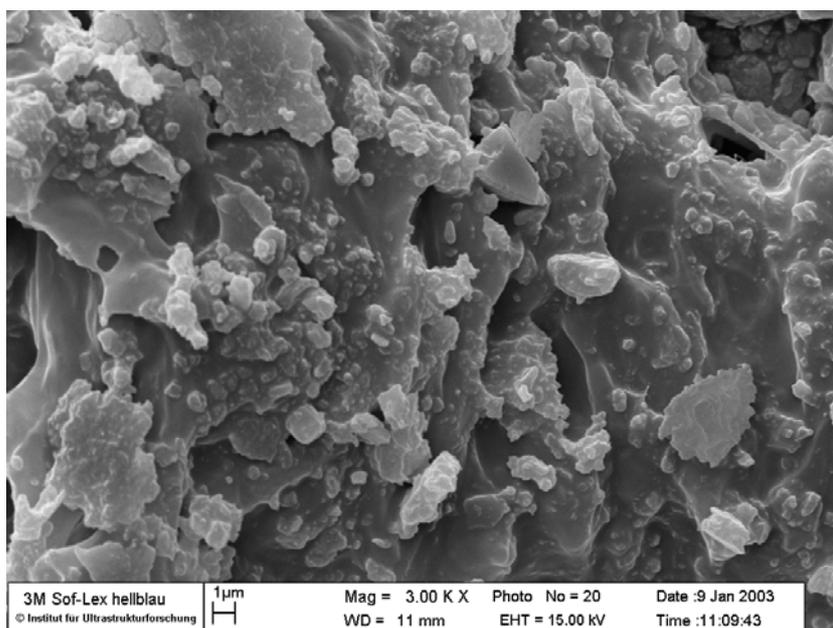


Abb. 17: Darstellung verbackener, verschmolzener Stäube (3000-fache Vergrößerung)

Trotz Vorabscheider wurden Feinstaubpartikel aus dem Zyklonunterteil gewonnen und scheinen damit eine starke Bindung zu den Grobstaubpartikeln aufgenommen zu haben. Diese Konstellation ermöglicht keine Auszählung der Staubkörner anhand der REM-Bilder.

Ebenso sind morphologische Unterschiede in Gestalt und Form der Späne unter den Werkstoffen zu nennen, trotz Einsatz eines gleichen Instrumentes (Fräser 040) und gleicher Drehzahl (10.00 U/min) (Abb. 18, Abb. 19, Abb. 20, Abb. 21).

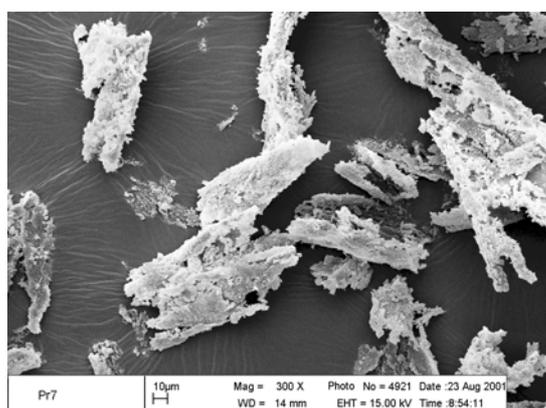


Abb. 18: Sinfony-Span der HMF 040
(300-fache Vergrößerung)

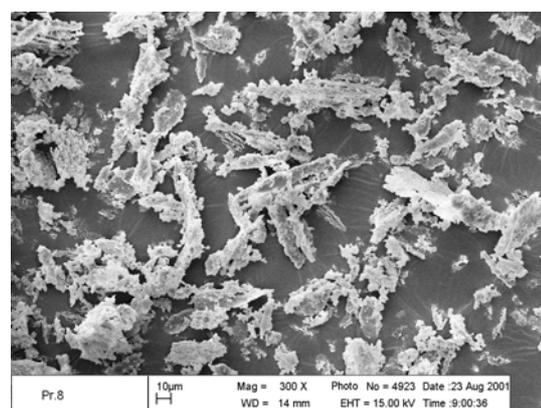


Abb. 19: Artglass-Span der HMF 040
(300-fache Vergrößerung)

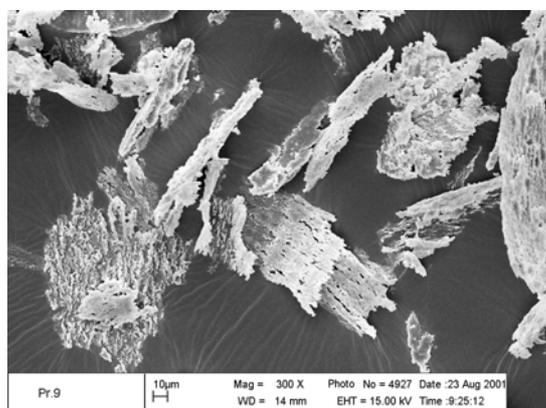


Abb. 20: Targis-Span der HMF 040
(300-fache Vergrößerung)

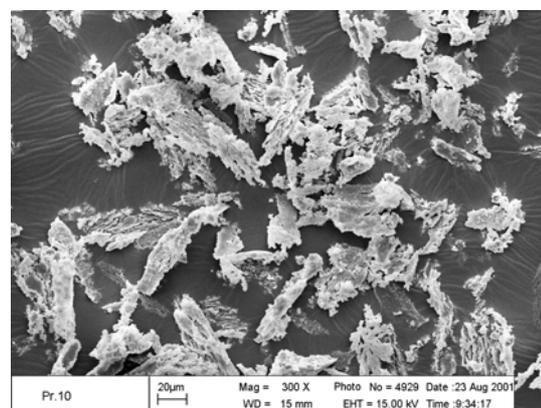


Abb. 21: Targis/Vectris-Span der HMF 040
(300-fache Vergrößerung)

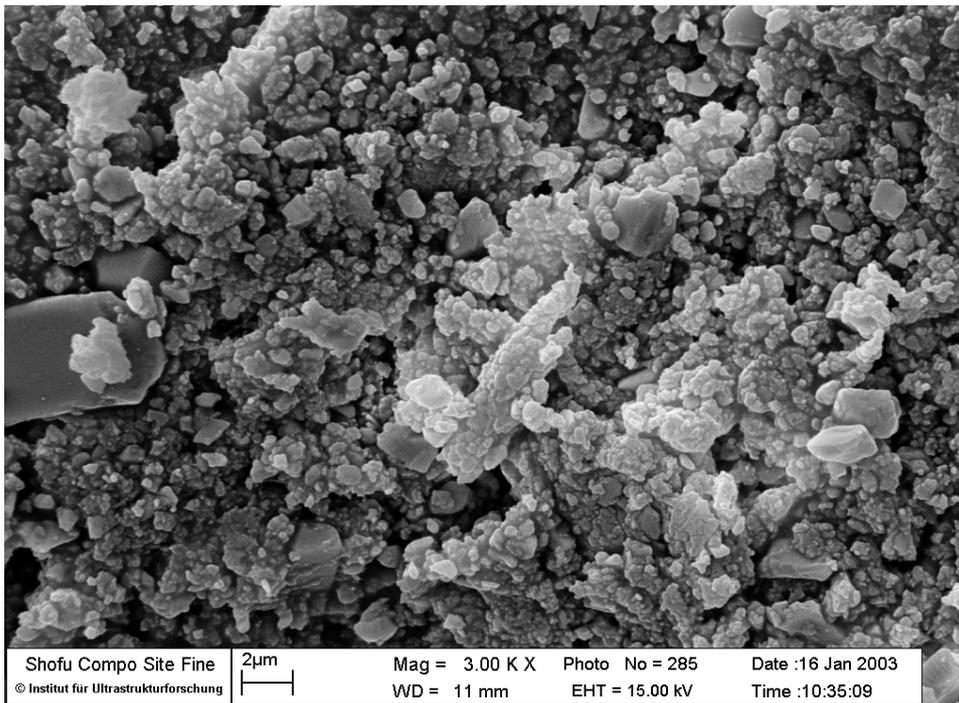


Abb. 22: Lungengängige Partikel aus dem mit Compo Site Fine bearbeitetem Sinfony® (3000-fache Vergrößerung)

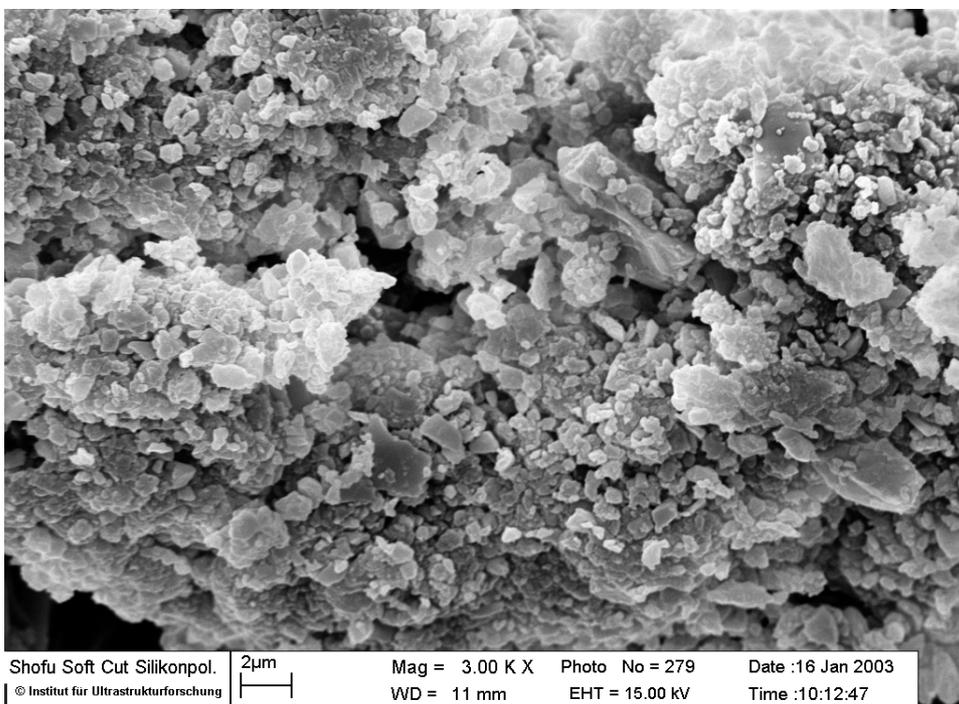


Abb. 23: Lungengängige Partikel aus dem mit Soft Cut Silikonpolierer bearbeitetem Sinfony® (3000-fache Vergrößerung)

Artglass® zeigt bei gleicher Vergrößerung wie die anderen Materialien die feinsten Späne. Sinfony® und Targis® hingegen führen bei der Bearbeitung offensichtlich zu größeren Staubpartikeln. Allen gemeinsam ist der geringere Gehalt lungengängiger Staubpartikel gegenüber den Diamanten und Polierinstrumenten. Wie der Werkzeugvergleich erkennen ließ, waren bei Silikon- und Gummipolierern weit mehr kleinere Staubpartikel differenzierbar (Abb. 22, Abb. 23). Eine Abhängigkeit der Staubzusammensetzung sowie Körnerverteilung und –größe vom Bearbeitungsinstrument mit unterschiedlichen Abriebeigenschaften wurde deutlich. Eindrucksvoll ist die Gegenüberstellung der verschiedenen Fräserarten, welche Unterschiede im Abtrag durchaus erkennen lassen. Mal entstehen kurze breite Späne (Abb. 24, Abb. 25) im anderen Fall wiederum lange schmale. (Abb. 26).

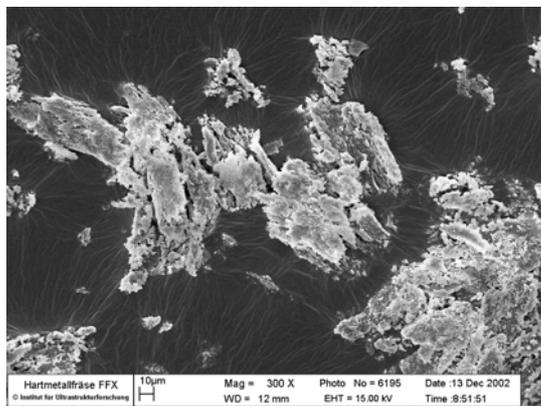


Abb. 24: Hartmetallfräser FFX
(300-fache Vergrößerung)

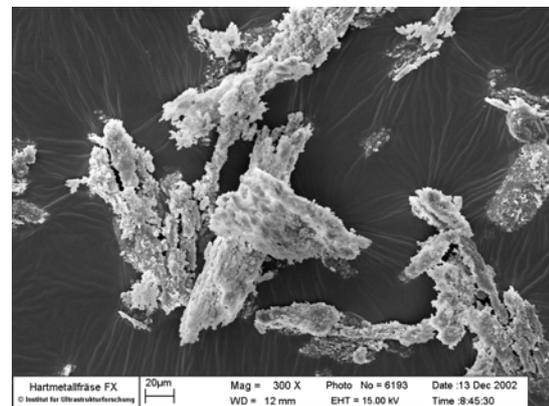


Abb. 25: Hartmetallfräser FX
(300-fache Vergrößerung)

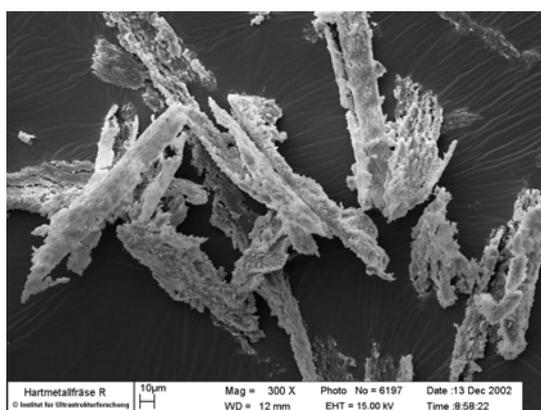


Abb. 26: Hartmetallfräser R
(300-fache Vergrößerung)

Mit dem Fräser entstehen wie bei der Metallbearbeitung häufig spitze Späne (Abb. 26), die bei unzureichendem Schutz in die Atemwege, Augen oder Haut gelangen und Verletzungen hervorrufen (KNISCHEWSKI UND GROSSE, 1968). Metallspäne stellen aufgrund ihrer Härte und scharfen Ränder aber für den Zahntechniker eine größere Gefahr dar als Kunststoffspäne (Abb. 27).



Abb. 27: Metallspan aus der Bearbeitung mit Diamant
(1740-fache Vergrößerung)

Die Abnutzung der Werkzeuge ließ während der Untersuchung bereits darauf schließen, dass es sich bei den Probenahmen um Staubgemische handeln muss. Nicht in jedem Fall war aber eine Differenzierung in den Aufnahmen vorzunehmen. Es gelang nur teilweise der Nachweis von Materielabrieb. Herausgebrochene Schleifkörper oder abgenutzte Schleifmaterialien im Kunststoffstaub sind in den Bildern (Abb. 28, Abb. 29) deutlich sichtbar.

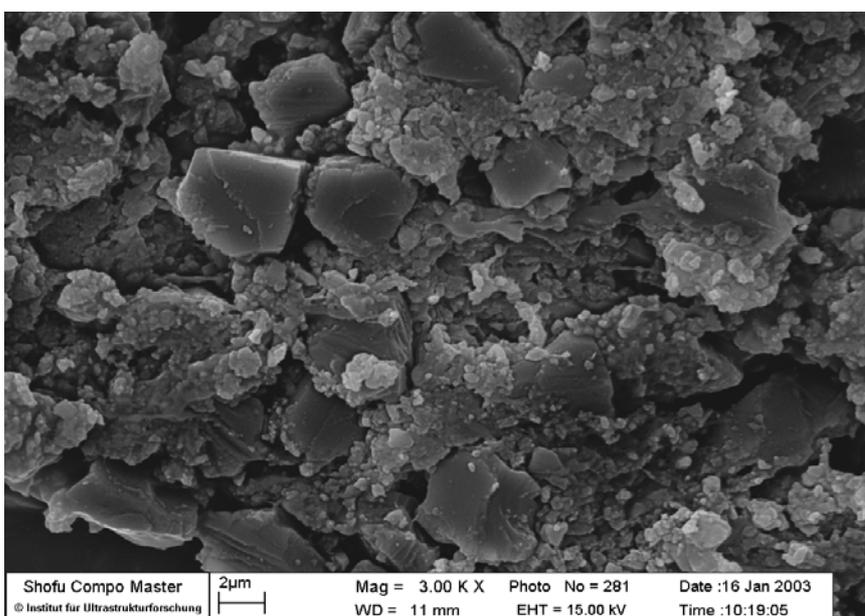


Abb. 28: Polierkörper aus Compo Master
(3000-fache Vergrößerung)

Detailaufnahmen zeigen verstärkt Adhäsionen von Staubteilchen unter 5 μm daran (Abb. 16, Abb. 29, Abb. 30).

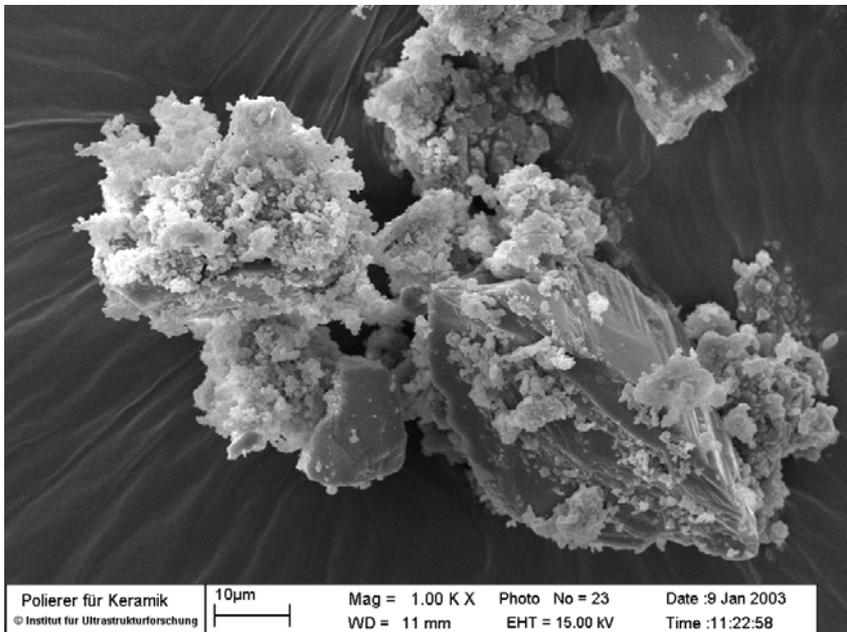


Abb. 29: Abrieb aus Keramikpolierer (1000-fache Vergrößerung)

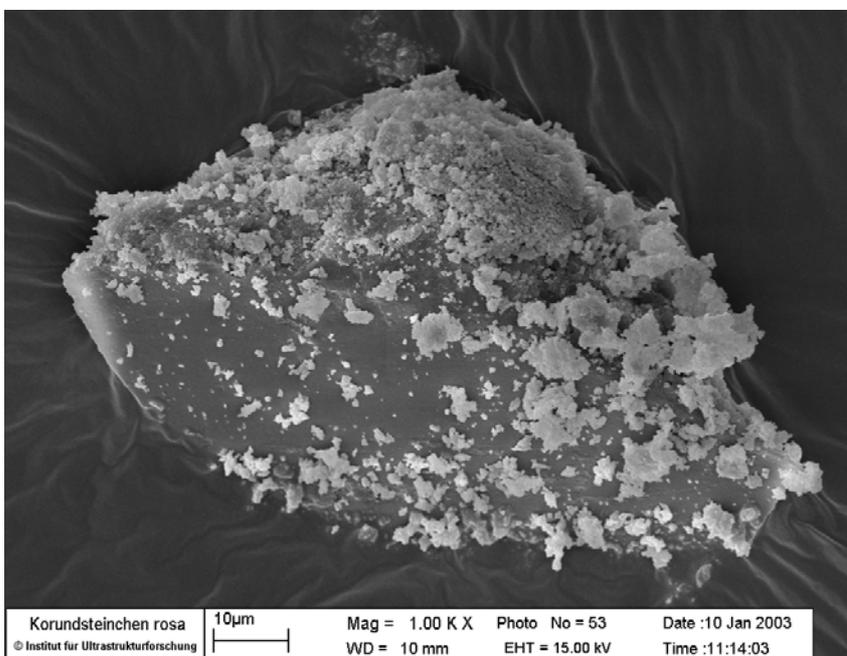


Abb. 30: Adhäsion feinsten Staubteilchen auf Schleifkorn aus Korundstein (1000-fache Vergrößerung)

7.6 Fragebogenauswertung

Leider ist nur eine geringe Beteiligung seitens der Zahntechniker an der Fragebogenuntersuchung zu verzeichnen. Die anfangs erhofften 50 Techniker aus freien Laboren des Jenaer Raumes nahmen nicht alle an der Fragebogenerhebung teil. Es konnten von den 19 erhaltenen nur 14 Fragebögen ausgewertet werden. Im Anlagenteil kann der Fragebogen eingesehen werden. Bei der anschließenden verbalen und grafischen Auswertung wird besonderes Augenmerk auf die Schwerpunkte gelegt, welche im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus der Lungenfunktionsprüfung stehen können.

Die Frage nach den von ihnen *verwendeten Materialien* wurde wie folgt beantwortet:

Die meisten Zahntechniker (zehn an der Zahl) haben Umgang mit Lösungsmitteln, elf der Gefragten arbeiten mit Keramik und vier haben Kontakt zu Asbest. Nur drei Zahntechniker sind nicht in der Kunststoffverarbeitung tätig. Der Umgang mit *Kunststoffen*, vor allem den Verblendkomposits, gestaltet sich in diesem Kollektiv wie folgt (siehe Abb. 31):

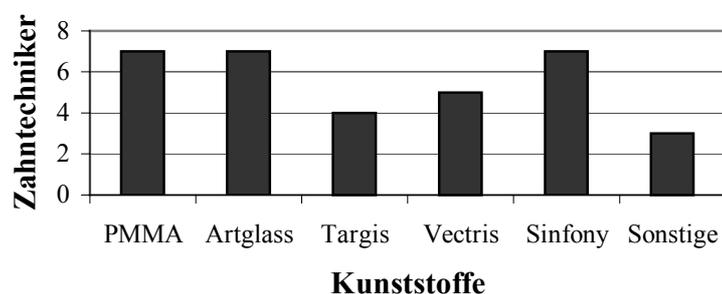


Abb. 31: Umgang mit Kunststoffen

Zu den sonstigen Kunststoffen zählen beispielsweise die Kunststoffsysteme Kallocryl A und B, Palapress, Paladon 65 und Orthocryl, welche auch auf PMMA-Basis basieren.

Neun der Techniker beantworteten die Frage nach dem Gebrauch von Quarz mit „Ja“ und nur fünf mit „Nein“. Nach Angaben ist es in Poliermitteln und Strahlsand enthalten.

Von großer Bedeutung in einem Zahntechniklabor sind *Metalle und Legierungen*. Jeder der befragten Zahntechniker arbeitet mit Edelmetall- und Nichtedelmetalllegierungen. So werden Nichtedelmetalllegierungen wie Remanium 2000 (vier Zahntechniker) und Chrom-Cobalt-Legierungen (zwei Zahntechniker) bzw. Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierungen (eine Techni-

kerin) verwandt. Zu den Edelmetalllegierungen gehören im Allgemeinen hochgoldhaltige bzw. goldreduzierte Legierungen, Maingold und Herador SG. Wie im Diagramm (Abb. 32) ersichtlich haben drei Zahntechniker Umgang mit Maingold, zwei mit Herador SG, und drei Befragte nannten hochgoldhaltige Legierung. Drei Zahntechniker sind in der Titanverarbeitung tätig. Sechs der vierzehn befragten Zahntechniker gaben an, mit sonstigen Edelmetalllegierungen und zehn mit sonstigen Nichtelegierungen zu arbeiten, zu denen keine konkreten Bezeichnungen vorliegen.

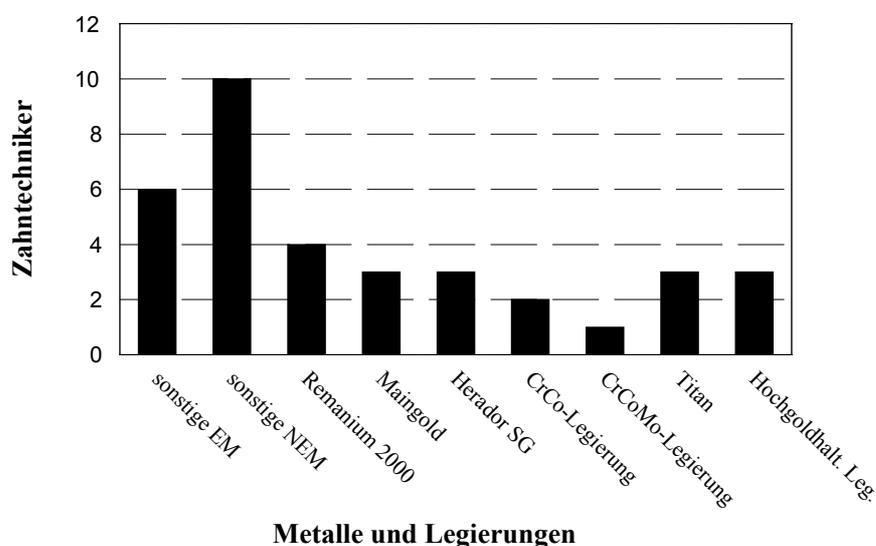


Abb. 32: Metall- und Legierungsgebrauch

Die Frage nach der *Staubbelastung* wurde von allen mit „Ja“ beantwortet. Dabei werden dreizehn mit Gips-, elf mit Kunststoff-, vierzehn mit Metallstäuben und elf Zahntechniker mit Keramikstäuben konfrontiert. Zu den anderen Stäuben rechnen sie Strahlsand- und Einbettmassenstaub.

Alle Arbeitsräume der Zahntechniker waren mit *Luftreinigungsgeräten* aber keinen Klimaanlage ausgestattet. Dabei verfügt jeder Arbeitsplatz über eine Tischabsaugung und dreimal nannte man auch Belüftungsanlagen in den Laborräumen.

Zu den *Prophylaxemaßnahmen* der Techniker zählen unter anderem eine benutzte Absauganlage am Arbeitsplatz (vierzehnmal genannt), Mundschutz (in zwei Fällen, jedoch trägt einer von beiden Technikern nur zum Teil diesen Staubschutz), Absauganlagen an Polier- und Abstrahlgeräten (in vierzehn Fällen) sowie Handschuhe (zwei Zahntechniker benutzen diese zum Teil bei Abstrahlarbeiten und eine Technikerin immer).

Zu der Frage, wie oft sie sich mit den ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln schützen, meinten vier der vierzehn Techniker immer, acht nur zu $\frac{3}{4}$ der Tätigkeiten und zwei Zahntechniker machen nur zu $\frac{1}{4}$ der Tätigkeiten davon Gebrauch.

In diesem Beruf gibt es *Spezialisierungen* in bestimmten Technologien. Zwei Zahntechniker arbeiten ausschließlich in der Keramiktechnologie und eine Technikerin nur in der Modellgusstechnologie. Eine Befragte machte keinerlei Aussage zu ihrem Arbeitsbereich.

Elf der Zahntechniker gehören keinem Spezialgebiet an. Das Aufgabenfeld dieser Gruppe umfasst die Modellgusstechnik, Kunststoffverarbeitung, Keramiktechnologie, Modellherstellung und die Ausarbeitung und Politur, wobei nicht alle fünf Tätigkeiten von jedem ausgeführt werden. Das Diagramm (Abb. 33) zeigt die Verteilung dieser elf Zahntechniker in diesen Tätigkeitsbereichen.

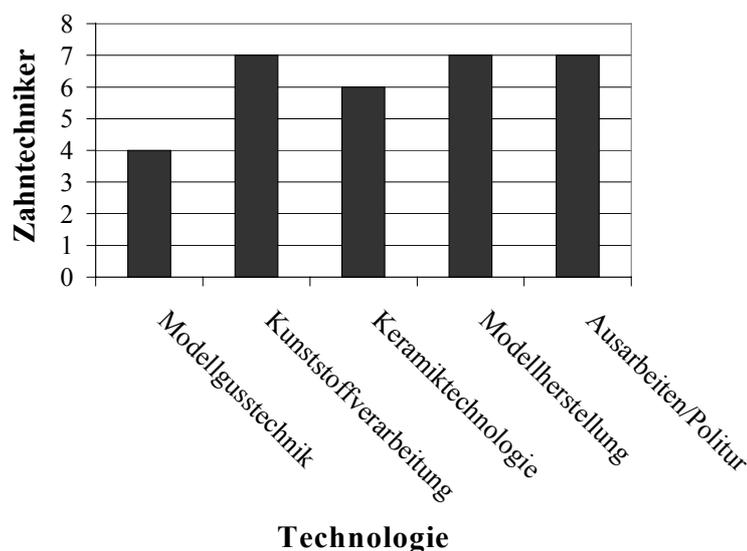


Abb. 33: Anzahl der Zahntechniker in der jeweiligen Technologie

Damit es zu Gesundheitsschäden kommen kann, ist die *Expositionszeit* von entscheidender Bedeutung. Die Arbeitsstunden pro Tag bewegen sich zwischen 4,75 bis 8 Stunden und 23 bis 40 Stunden die Woche. Im Durchschnitt sind es für das untersuchte Kollektiv 7,41 Stunden pro Tag und 36,92 Stunden pro Woche.

Diese Untersuchungsgruppe weist *Allergien* verschiedenster Art auf. Zwei leiden an Asthma, eine entwickelte ein Ekzem und drei haben Heuschnupfen. Weitere Allergien bei jeweils einer untersuchten Person sind Urtikaria, allergischer Husten bei Haustierkontakt, Allergie gegen

Thiomersal sowie gegen Hausstaub und Duftstoffe. Niemand leidet unter Nesselfieber oder einer Arzneimittelallergie.

Die *Familienanamnesen* bei den Zahntechnikern ergaben, dass in fünf von vierzehn Fällen auch dort Allergien auftreten, in einem Fall Lungenkrebs, in drei Fällen Asthma und in fünf Fällen Bronchitiden bekannt sind. Außerdem zeigen Familienangehörige eine Darmkrebserkrankung, Morbus Crohn und Urtikaria.

Bei sechs Zahntechnikern sind in den letzten Jahren *Gesundheitsveränderungen* zu verzeichnen, die da wären: Rücken- und Halswirbelschmerzen mit Kopfschmerzen, Bandscheibenvorfall, Lärmempfindlichkeit, Augenbrennen und -jucken, Morbus Crohn, Magenschleimhautentzündung, chronische Gastritis, Bronchialasthma und Bronchitis.

Sechs Zahntechniker weisen bisher keinerlei *Vorerkrankungen der Atmungsorgane* auf. Von den anderen acht erkrankten bislang jeweils einer an Lungenentzündung, Asthma und allergischem Husten/Schnupfen. Zwei Zahntechniker beklagen chronischen Husten, vier geben eine Behinderung der Nasenatmung an, zwei Patientinnen nannten chronischen Schnupfen und zwei leiden unter Heuschnupfen. Pneumokoniosen und chronische Bronchitis sind den Befragten nicht bekannt. Von gleichen bronchialen Beschwerden unter den *Kollegen und Kolleginnen* spricht nur ein Zahntechniker.

Wie zu erwarten war, bestehen bei neun von zwölf Zahntechnikern *derzeit Beschwerden* folgender Art: Bindehautentzündung, Behinderung der Nasenatmung, trockener Reizhusten, Niesanfälle/Nasenlaufen, Atembeklemmung und Atemnot. Im Diagramm der Abb. 34 kann die Anzahl der Betroffenen für die jeweiligen Beschwerden entnommen werden.

Begonnen haben die anfallsartigen Atembeschwerden bei der Zahntechnikerin mit Atembeklemmung und Atemnot in Ruhe vor fünf Jahren. Als Anlass nannte sie den Pollenflug im Sommer. Eine akute Bronchitis vor zwei Jahren war bei einer anderen Zahntechnikerin der Anlass für die derzeitigen Atembeschwerden (chronische, anfallsweise Atemnot und trockener Reizhusten). Vor fünf Jahren begannen die anfallsartigen Nasenbeschwerden wie Niesanfälle und behinderte Nasenatmung bei einer weiteren Zahntechnikerin. Auslösende Momente für die Beschwerden nannte sie nicht.

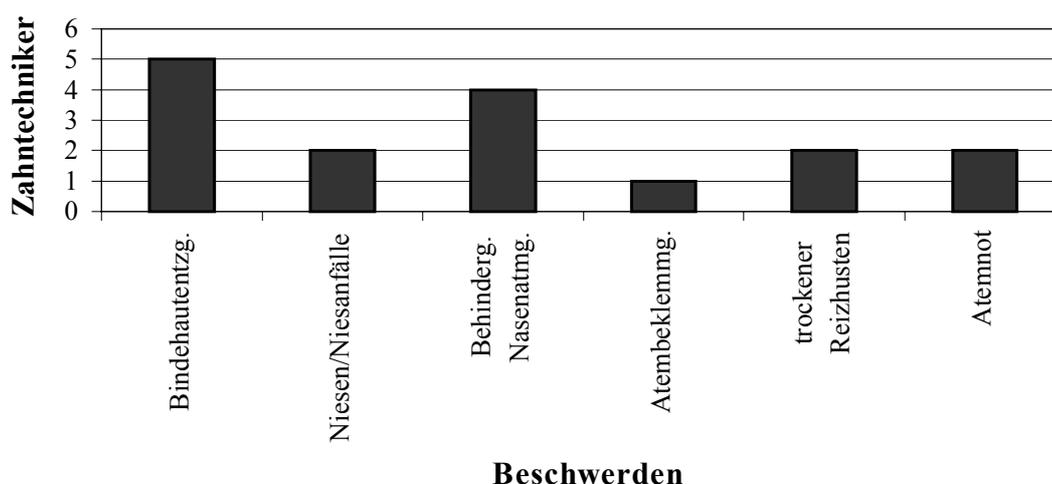
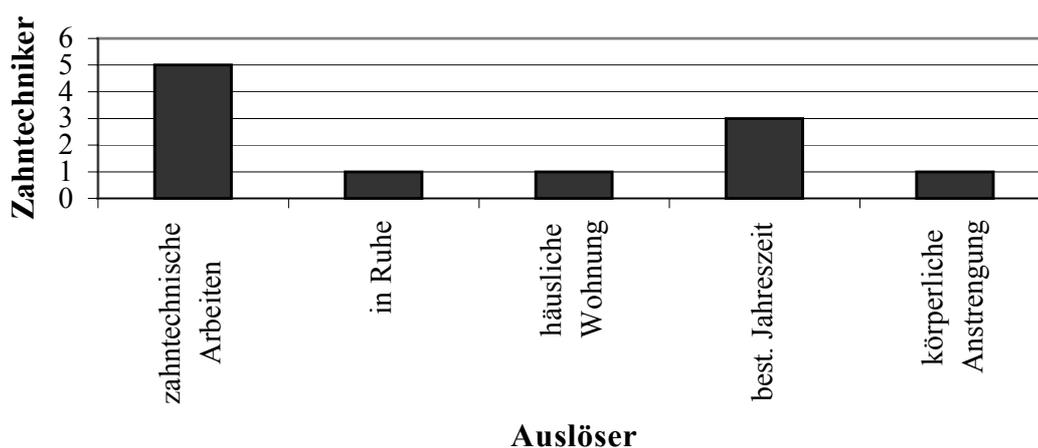


Abb. 34: Derzeitige Beschwerden der Zahntechniker

Sieben der neun Zahntechniker machten Angaben zum *zeitlichen Auftreten* ihrer derzeitigen Beschwerden. Bei drei Personen kommen sie häufig, bei drei Befragten zeitweise und bei einem selten vor.

Das nächste Diagramm (Abb. 35) veranschaulicht, unter welchen Bedingungen die Beschwerden bei den Zahntechnikern auftreten können. Meist sind bestimmte zahntechnische Tätigkeiten für die Beschwerden verantwortlich. Eine Zahntechnikerin zeigt beim Ausarbeiten von Artglass® Augenbrennen. Das Beschleifen verschiedener Werkstoffe führt bei einer anderen Zahntechnikerin zu Atemnot und Reizhusten. Niesen wird durch das Modellieren und



Keramikschleifen bei einer Befragten hervorgerufen, und die Verarbeitung von Gips verschlechtert den Gesundheitszustand bei einem Zahntechniker in Form einer Bindehautentzündung. Eine andere Technikerin macht alle zahntechnischen Tätigkeiten für ihre Bindehautentzündung, behinderte Nasenatmung und den Reizhusten verantwortlich.

Wie zu erwarten war, nehmen vier Zahntechniker gegen die Beschwerden *Medikamente* ein. Dabei wurden Augentropfen, Nasentropfen, Apsomal Aerosol und Discus Flutide genannt. Die Einnahme erfolgt bei drei Personen regelmäßig und eine Technikerin wendet sie zeitbedingt an.

Krankheitstage belaufen sich auf keinen oder bis zu 15 Tage im Jahr. Das Diagramm (Abb. 36) gibt die genaue Verteilung auf die Zahntechniker wieder. Die *Ursachen für die Arbeitsausfälle* waren eine Allergie, eine Grippeerkrankung, Rückenbeschwerden, eine Kehlkopfentzündung, ein abgetrennter Fingernagel und in den meisten Fällen Erkältungen/Infekte.

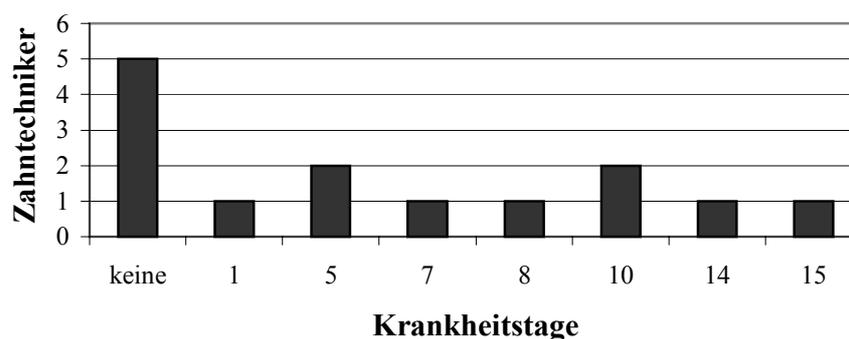


Abb. 36: Anzahl der Krankheitstage im untersuchten Zahntechnikerkollektiv

Fünf Zahntechniker führen ihre Beschwerden auch auf *weitere Umwelteinflüsse* zurück, die da in je einem Fall Haustiere, das Arbeitsumfeld und der Wohninnenraum Altbau, in zwei Fällen der Wohninnenraum Neubau und in drei Fällen die Großstadt wären. Andere Umwelteinflüsse wie die sitzende Tätigkeit führen bei einem weiteren Techniker zu Beschwerden. Das häusliche Umfeld der Betroffenen zeigte in einem Fall gleichartige Symptome. Rauchergewohnheiten spielen bei diesem Untersuchungskollektiv keine Rolle, da es sich bis auf einen Fall nur um Nichtraucher handelt.

Die Frage nach *Auffälligkeiten an den Händen oder im Gesicht* wurde von neun der vierzehn Befragten mit „Ja“ beantwortet, die sich in Form abnormer Trockenheit (8) und Ausschlag/Ekzem (2) äußern.

Die Zahntechniker wurden bereits in zehn Fällen zu *speziellen Untersuchungen* veranlasst. Dabei handelte es sich um Allergietestungen (9), Lungenfunktionsprüfungen (9), röntgenologische Thoraxaufnahmen (7) und regelmäßige Augenkontrollen (2).

7.7 Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung

In die Auswertung konnten nur 14 fehlerfreie Lungenfunktionsprüfungen einbezogen werden, da zu diesen Probanden auch ein Fragebogen vorlag. Folgende Messgrößen flossen dabei ein: SR tot (kPa*s), R tot (kPa*s/l), ITGV (l), RV (l), TLC (l), VC (l), FEV1 (l), FEV1 %VC (%). Die Ergebnisse der Lungenfunktionsuntersuchung wiesen erwartungsgemäß keine massiv normabweichenden Befunde auf. Auffälligkeiten, denen man nachgehen sollte, waren bei nur drei Probandinnen festzustellen.

Nachfolgend sind die ermittelten Minimal-, Maximal- und Mittelwerte einschließlich ihrer Standardabweichung aufgelistet (Tab. 14). Die Boxplots (Abb. 37, Abb. 38) stellen zusammenfassende Statistiken der Verteilung grafisch dar. Fälle mit Werten, die 1,5 bis drei Kastenlängen vom oberen oder unteren Kastenrand entfernt liegen, bezeichnet man als Ausreißer und kennzeichnet sie durch einen Kreis (BÜHL UND ZÖFEL, 1996). Die entlegenen Werte korrelieren mit einer höheren Standardabweichung. Als Referenzwerte wurden die der EGKS 93 herangezogen. Nach SCHULTZ UND PETRO (1998) sind die Schweregradeinteilungen in der Tab. 16 als Anhaltspunkte zu sehen und dienen der Orientierung.

In den nachfolgenden Tabellen wird aufgezeigt, wie viele Zahntechniker den jeweiligen Normalwert für die ausgewählten Messgrößen erreichten (Tab. 15) und wie häufig Grenzwerte bzw. pathologische Werte der Lungenfunktionparameter überschritten wurden (Tab. 16).

Hinweise in der Literatur zu Sollwerten seitens SMIDT UND NERGER, 1976, FERLINZ, 1978, SMIDT, 1986, SCHULTZ UND PETRO, 1998 und RUFF et al., 2002 wurden herangezogen. So sind die störungsfreien spirometrischen Leitparameter $VC > 80\%$ und $FEV1\%VC > 70\%$. Der Leitparameter FEV1 %VC sinkt bei obstruktiven Ventilationsstörungen durch eine Verrin-

gerung der Luftleitfähigkeit in den Atemwegen bzw. einen erhöhten Atemwegwiderstand.

Tab. 14: Messergebnisse der Lungenfunktionprüfung

Parameter	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
SR _{tot} (Ist-Wert)	0,34	0,96	0,66	0,18
R _{tot} (Ist-Wert)	0,08	0,35	0,19	0,08
ITGV (Ist-Wert)	2,07	4,32	3,20	0,64
RV (Ist-Wert)	1,29	2,75	1,85	0,40
TLC (Ist-Wert)	4,63	6,62	5,62	0,62
VC (Ist-Wert)	2,65	4,53	3,68	0,53
FEV ₁ (Ist-Wert)	2,76	4,01	3,33	0,43
FEV ₁ /VC (Ist-Wert)	76,44	132,57	91,61	13,21
SR _{tot} (Ist/Soll)	28,80	99,90	65,90	19,33
R _{tot} (Ist/Soll)	25,70	117,00	63,90	26,15
ITGV (Ist/Soll)	76,40	154,10	109,66	21,97
RV (Ist/Soll)	65,40	166,50	101,99	24,38
TLC (Ist/Soll)	76,90	122,60	102,27	12,78
VC (Ist/Soll)	72,90	128,10	102,20	15,73
FEV ₁ (Ist/Soll)	91,50	135,80	111,99	11,96
FEV ₁ /VC (Ist/Soll)	98,60	161,90	114,43	15,23

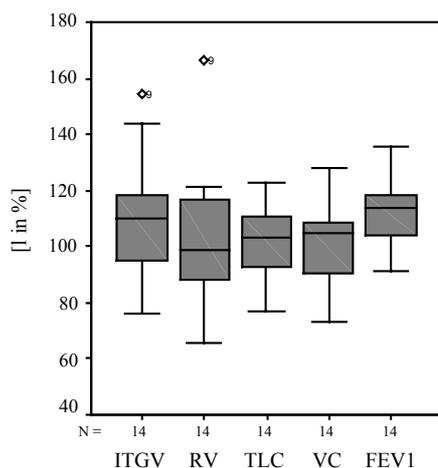


Abb. 37: Boxplot der Lungenfunktionsparameter Ist-Zustand

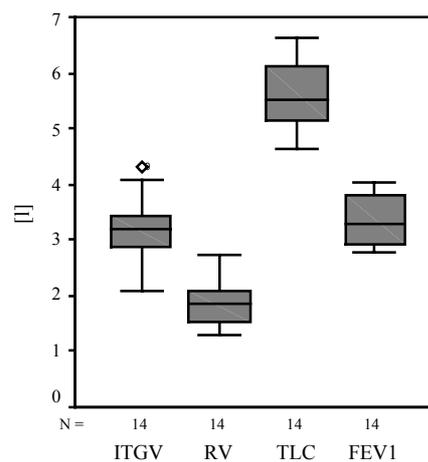


Abb. 38: Boxplot der Lungenfunktionsparameter Ist/Soll-Wert

Für eine verringerte Ausdehnungsfähigkeit der Lunge mit eingeschränkten statischen Lungenvolumina (Restriktion) sprechen eine erniedrigte VC und eine normale oder erhöhte FEV1 %VC.

Bei zwei Probandinnen handelte es sich um einen grenzwertigen R_{tot}. Im dritten Fall war eine Erhöhungen des ITGV und RV zu verzeichnen, die sekundär zu einer Einschränkung der VC geführt haben. Eine alleinige Erhöhungen des ITGV anderer deutet nicht auf pathologische Auffälligkeiten hin. Die Einhaltung der Leitparameter VC und FEV1 %VC bei fast allen Untersuchten gaben keinen Anlass für Obstruktionen und Restriktionen. Die Probanden erreichten FEV1 %VC-Werte weit über dem Sollwert bis auf drei Fälle, welche zwar über 70 %, aber nicht 100 % des Sollwertes erreichten. Die TLC ergibt sich aus der Summe von VC + RV. Erhöhungen eines Parameters reichen aus, um einen pathologischen TLC-Wert zu erhalten.

Tab. 15: Nicht pathologische Befunde

Parameter	Anzahl Zahntechniker (jeweiliger Normalwert)
SR _{tot}	14 (bis zu 1 kpa*s)
R _{tot}	12 (bis zu 0,3 kPA*s/l)
ITGV	7 (unter 110 % des Sollwertes)
RV	10 (80-120 % des Sollwertes)
TLC	11 (80-115 % des Sollwertes)
VC	13 (unter 80 %des SW)
FEV ₁	14 (mehr als 85 % des SW)
FEV ₁ /VC	14 (größer gleich 70 % des SW)

Tab. 16: Pathologische Befunde

Parameter	Anzahl Zahntechniker mit Erhöhung des Normwertes	Anzahl Zahntechniker mit Erniedrigung des Normwertes
R _{tot}	2 leicht erhöht (0,3 - 0,5 kPA*s/l)	
ITGV	5 leicht erhöht (110 - 140 % SW) 2 mittelgradig erhöht (140 - 170 % SW)	
RV	1 leicht erhöht (120 - 140 % SW) 1 mittelgradig erhöht (140 - 170 % SW)	1 leicht erniedrigt (80 - 70 % SW) 1 mittelgradig erniedrigt (70 - 50 % SW)
TLC	2 leicht erhöht (115 - 130 % SW)	1 leicht erniedrigt (80 - 60 % SW)
VC		1 leicht erniedrigt (80 - 70 % SW)

8 Diskussion

8.1 Vergleichbarkeit der Messergebnisse

Gravimetrische und konimetrische Staubkonzentrationen können miteinander aufgrund unterschiedlicher Messgrößen nicht verglichen werden. Deshalb sollten für den Vergleich nur Ergebnisse einer Messmethode herangezogen werden (DUCKE, 1980). Studien, die mit dem selben Messverfahren gearbeitet haben, ließen dennoch nur eingeschränkt Vergleiche der Messergebnisse miteinander zu. Laut DUCKE sollen nur dann Staubkonzentrationsmessergebnisse streng verglichen werden, wenn die statistischen Forderungen annähernd einander entsprechen (Anzahl der Messungen, zeitliche Verteilung, Repräsentanz der durchschnittlichen Bedingungen u.a.). Neben unterschiedlichen Vorabscheidern mit verschiedenen Einströmgeschwindigkeiten lassen auch Probenahmeort (personengebunden oder stationär), Versuchsaufbau und untersuchte Werkstoffe/Werkzeuge Vergleiche nicht immer zu. Aus diesen Erkenntnissen heraus konnten wie bei FEHN (1989) die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse von Staubmessserien lediglich nach der Größenordnung, in der sich die Staubkonzentrationen bewegten, zum Vergleich herangezogen werden. Vergleiche der Ergebnisse aus den Messungen in den Dentallaborräumen mit denen von BRUNE UND BELTESBREKKE (1980a, 1981b), KIRCHHOFF (1982), FRANZ UND SCHULZE (1983), KEMPF UND PFEIFFER (1987), GEBHART (1984), AUGTHUN (1991) und PURT (1991) waren nicht möglich, da die Fein- und Grobstäube nicht chemisch analysiert und daraus die Konzentrationen ermittelt wurden.

Über Staubkonzentrationsmessungen von Verblendkomposits wurde bislang nicht viel bekannt. Deshalb ist der Aussagekraft dieser Messergebnisse kritisch gegenüber zu stehen, indem alle möglichen Einflussfaktoren diskutiert werden.

8.2 Einflussfaktoren während der Probenahmen

Allein die Wahl des richtigen Werkzeuges und Schleifkörpers reicht nicht aus, um optimale Ergebnisse bei der Oberflächenbearbeitung zu erreichen. Auch Andruck, Umdrehungszahl, Schnittgeschwindigkeit (SCHEUFLER UND KNIRCK, 1986) sowie Vorschub und Schneidleistung beeinflussen den Bearbeitungsvorgang und Staubmengenbildung. Diese physikalischen Faktoren sollen nun näher beleuchtet werden.

8.2.1 Schleifmitteleigenschaften

Nach HOHMANN UND HIELSCHER (1993) besitzen Fräswerkzeuge Schneiden mit unterschiedlichen Schneidwinkeln, Verzahnungsarten, Schneidenanzahlen. Genauso unterscheiden sie Schleifkörper mit unterschiedlicher Korngröße, Kornform und Kornsicht sowie verschiedene Bindungen der Körner im Werkzeug. Die Schleifmitteleigenschaften sind zu berücksichtigen, da diese Faktoren Einfluss auf die Staubmengenbildung und Partikelform haben.

8.2.2 Drehzahl

Zu diskutieren bleibt auch die Wahl der Drehzahl am Handstück. KÄUFER beschreibt 1968 den Einfluss der Drehzahl auf die Schleifleistung. Diese steigt mit der Geschwindigkeit, welche sich wiederum mit der Drehzahl und dem Durchmesser des Schleifinstrumentes erhöht. Bezogen auf den Staub ist mit zunehmender Drehzahl auch eine Erhöhung der Staubmengenbildung zu erwarten, da der Abtrag durch den Schleifkörper gesteigert wird.

CAESAR UND ERNST (1993) geben Richtdrehzahlen für das Fräsen von Verblendkunststoffen, aber auch für Gips und Edelmetalllegierungen in Abhängigkeit vom ISO-Durchmesser des Werkzeugstahlfräasers an. Die optimale Drehzahl einer „E-verzahnten“ Hartmetallfräse mit einem Durchmesser von 2,3-6,0 mm zum Bearbeiten von Verblendkunststoffen beträgt demnach 25.000 U/min. Im Hinblick auf die in dieser Arbeit verwendeten Hartmetallfräser (ISO 012, 016, 040, 060) konnte den Empfehlungen mit 10.000 U/min nur teils Folge geleistet werden. Die Richtdrehzahl für den während der Staubmessungen am Modellarbeitsplatz zum Werkstoff- und Werkzeugvergleich benutzten Fräser der ISO-Größe 040 beträgt ca. 10.000 U/min. Damit konnte den Anforderungen von CAESAR UND ERNST entsprochen werden. Für einen Schaftdurchmesser der ISO 016 schlagen die Autoren Drehzahlen zwischen 15.000 und 20.000 U/min und für ISO 060 zwischen 5.000 und 10.000 U/min vor. Leider fanden diese Richtwerte während der morphologischen Untersuchung weniger Beachtung, da die Konzentration dabei auf der Staubeinstellung und Gewinnung von Staubproben lag.

ENGELDINGER (1999) gibt andere Drehzahlempfehlungen für Fräswerkzeuge und Bohrer heraus, die für Parallelfräser zum Schrappen, Feinfräsen und Glätten sich in einem Bereich von 3.000 bis 8.000 U/min bewegen. Auch in dem Fall stimmen die Drehzahlen bei Gebrauch der Fräswerkzeuge nicht mit den von ENGELDINGER vorgeschlagenen überein. Nur die Polierwerkzeuge arbeiteten mit 5.000 U/min. BARTSCH (1999) beschreibt die Vorgehensweise bei

der Ausarbeitung und Politur von Targis®/Vectris®. Die Drehzahlen im Umgang mit Hartmetallfräser und Ziegenhaarbürste bewegten sich in seinen und den Untersuchungen von RZANNY UND WELKER (2000) ebenfalls zwischen 5.000 und 10.000 U/min, so dass trotz alledem in dieser Studie von vertretbaren Drehzahlbereichen gesprochen werden kann.

Untersuchungen für eine Teiltätigkeit zu unterschiedlichen Drehzahlen und deren Auswirkungen auf die Staubbildung wurden nicht explizit durchgeführt. Diese Aspekt sollten in weiteren Studien untersucht werden.

Schwankungen innerhalb einer gewählten Drehzahl sind mancherorts denkbar, da die Drehzahl durch einen Fuß- oder Kniehebelanlasser individuell bestimmt wird. Diese Drehzahlschwankungen können durch den Gebrauch eines regulierbaren Handstücks innerhalb einer Messserie ausgeschlossen werden.

8.2.3 Druck

Der angewandte Druck beeinflusst die Schleifleistung, die Anpresskraft Schnittleistung, Spantiefe, Wärmeentwicklung, Oberflächengüte und die Maschinenbelastung. Zu hoher Druck schadet durch Erhitzung und Verschmierung. Deshalb schlägt KÄUFER bei 8.000 U/min einen Druck von 500 g vor, bei 18.000 U/min dagegen nur 50 g. In der Studie wurde der angewandte Arbeitsdruck nicht ermittelt. Es ist anzunehmen, dass der Untersucher bestrebt war, mit einem nahezu gleichmäßigen und gleichbleibenden Handandruck zu arbeiten. Untersuchungen anderer Autoren haben gezeigt, dass es dennoch nicht gelingen kann, den Anpressdruck konstant zu halten. Das liegt daran, dass bei geringem Abrieb es zu einer Erhöhung der Anpresskraft kommt (CAESAR UND ERNST, 1993) und nach MAINER (2001) der Anwender durch Veränderung der Anpresskraft den Materialabtrag bestimmt. PFANNENSTIEL (1978) konnte sogar nachweisen, dass durch die Arbeitsbewegung der Arbeitsdruck bereits innerhalb der ersten Sekunde stark schwankt. Keinem Zahntechniker ist es also möglich, eine gleichbleibende Kraft auf das Handstück auszuüben. Diese Schwankungen sind demzufolge bei allen manuellen Staubprüfungen zu erwarten. Da die Bearbeitung mit einem beweglichen Handstück und nicht an einer feststehenden Turbine erfolgte, ist dieser instabile Einflussfaktor Druck immer gegeben und kann in der Arbeit vermutlich nicht berücksichtigt werden.

8.2.4 Schnittgeschwindigkeit

Die Schleifleistung der Werkzeuge ist auch von der Schnittgeschwindigkeit abhängig. Diese beschreibt nach CAESAR UND ERNST (1993) die Geschwindigkeit, „...mit der das Schleifkorn an der Oberfläche des Schleifkörperumfangs am Werkstück angreift“. Sie berechnet sich aus Umfang mal Drehzahl, d.h. aus dem Weg, den eine Schneidespitze in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Dieser Zusammenhang erklärt auch die Richtdrehzahlangaben bestimmter Autoren (z. B. CAESAR UND ERNST, 1993) in Abhängigkeit vom Arbeitsgang und Durchmesser des Werkzeuges (entspricht der ISO). Eine größere Schnittgeschwindigkeit würde bedeuten, dass bei gleichem Vorschub je Korn des Schleifkörpers doppelt so viel Werkstoff abgetragen wird. Indirekt suggeriert die Schnittgeschwindigkeit damit auch die Staubbildung und sollte Berücksichtigung finden, was in dieser Studie nicht erfolgte.

8.2.5 Schneidleistung

Die Schneidleistung bedingt die Staubmengenbildung und ist abhängig von der Drehzahl, dem Vorschub, der Schärfe des Instrumentes, dem Arbeitsdruck und der Zerspanbarkeit des zu bearbeitenden Werkstoffs (HOHMANN UND HIELSCHER, 1993). Daran wird das Zusammenwirken aller Faktoren deutlich. Deshalb war man immer bemüht, mit scharfen Fräswerkzeugen zu arbeiten, verschlissene Schleifkörper auszutauschen, praxisorientierte Drehzahlen anzuwenden und den Arbeitsdruck sowie die Prüfkörperanzahl pro Schleifvorgang für alle Verblendwerkstoffe beizubehalten.

8.2.6 Weitere mögliche Störgrößen

Eine Beeinflussung der Stäube kann zudem durch weitere Faktoren erfolgen. Probenahme und Wägeort waren räumlich getrennt, so dass Probentransport und -lagerung Einfluss auf die Richtigkeit der Messergebnisse nehmen (LAMBERT et al., 1989).

Der Staubgehalt der Luft unterliegt außerdem quantitativen und qualitativen Schwankungen. So spielen der Zeitpunkt der Messung, die Ausarbeitungswerkzeuge, das Verhalten des Zahn-technikers und die Sauberkeit am Arbeitsplatz eine wichtige Rolle (STRAUBE UND KRETZSCHMAR, 1960). WÜRZ stellt 1999 fest, dass die Raumgröße bei Verkleinerung zu einer erheblichen Erhöhung der zu erwartenden Staubkonzentration führt, ab einer Mindestraum-

größe aber auf konstantem Niveau bleibt. Da die Untersuchungen am Modellarbeitsplatz in einem relativ kleinen Raum stattfanden, ist davon auszugehen, dass es sich beim Erhalt der Staubkonzentrationen doch um verhältnismäßig hohe Werte handeln muss, welche in den großen Arbeitsräumen von Dentallaboratorien so nicht erreicht werden. Damit wurden aber gleichzeitig die Arbeitsbedingungen überprüft, wo Maximalstaubmengen zu erwarten sind.

Während des Bearbeitens konnte mit dem Auge festgestellt werden, dass auch die Schleifbewegung des Untersuchers schlagartig die Richtung beeinflusst, in die sich der Schleifstaub bewegt. So kann der Staub direkt vor die Ansaugöffnung oder genau in die entgegengesetzte Richtung geleitet werden, was sich auf die Staubkonzentration auswirkt. Deshalb war es wichtig, immer die gleiche Schleifbewegung am Prüfkörper beizubehalten.

8.3 Erörterung der Staubmessung und ihrer Ergebnisse

Nach Ansicht von BATSCHKAT (1980) stellen gravimetrische Messwerte nicht das spezifische Staubaufkommen, die spezifische und lokale Emission dar. Dennoch gibt diese Studie wichtige Hinweise zur Staubentstehung am zahntechnischen und zahnärztlichen Arbeitsplatz. Zudem können Fehler durch die Fertigungstoleranz und zu große Beaufschlagung des Filters bei SPG-Messungen entstehen. Bedeutsam ist auch die Einhaltung konstanter Wägebbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte), damit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse möglich wird. Die Bestrebungen lagen dabei in einer Minimierung dieser Fehlerquellen, indem die Wägungen im selben Raum erfolgten und die Zyklone und Filter mindestens eine Stunde vor Wägung den Klimabedingungen des Wägeraumes angepasst wurden.

Diese Arbeit sollte nicht wie bei FEHN (1989) anhand der Dosis-Wirkungs-Beziehung eine Klärung der Frage herbeiführen, welche Staubkonzentrationen ein Zahntechniker wie lange einatmen muss, um daran zu erkranken. In dieser Studie interessierte vordergründig, ob lungengängige Stäube bei der Bearbeitung von Verblendwerkstoffen entstehen. Auch LOB UND HUGONNAUD (1977), KEMPF UND PFEIFFER (1987) sowie SZADKOWSKI et al. (1987) verzichteten auf eine Verknüpfung der Untersuchungsergebnisse aus ihren klinischen Untersuchungen und Staubmessungen im Sinne der Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die Arbeitsgruppe um KRONENBERGER et al. (1980a) konzentrierte sich in erster Linie auf klinische Untersuchungen und Berufsanamnesen an Zahntechnikerkollektiven. Staubmessungen hingegen fanden bei ihnen sowie bei BRUNE UND BELTESBREKKE (1980a/b), FRANZ UND SCHULZE (1983) und VOLLMER et al. (1988) keine Berücksichtigung.

Es gibt bislang noch keine toxikologisch-arbeitsmedizinische Untersuchung, die eine Quantifizierung der Verblendkomposite zulässt. Zumal scheint es auch nicht unproblematisch zu sein, Aussagen über eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zu treffen, da lange Expositionszeiten erforderlich sind, um beispielsweise Pneumokoniosen hervorzurufen. Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung durch das Zusammenführen von klinischen Untersuchungen und Staubmessungen für Verblendwerkstoffe ist deshalb noch nicht geklärt, ebenso die Frage, wie viele Erkrankungen auftreten können. Aussagen über kritische Dosen je nach Bearbeitungsvorgang und Instrument sowie eine Schätzung eines MAK-Wertes für Verblendwerkstoffe erfolgen nicht.

Zum ersten Mal wurden mit dieser Studie Staubmessungen bei Schleif- und Polierarbeiten von lighthärtenden Verblendkunststoffen durchgeführt und dabei Unterschiede in der Staubmengenbildung bei den Werkstoffen sowie eine Korrelation zwischen Staubmengenbildung und Werkstoff-Werkzeug-Kombination anhand Sinfony® nachgewiesen.

Wenn es um die Glaubwürdigkeit und Aussagekraft der Messergebnisse geht, so betreffen Verfälschungen nach RUPPE UND NIENEROWSKI (1988) meist ausschließlich den Grobstaubanteil. Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen beispielsweise zeigen trotz Vorabscheider lungengängige Partikel im Grobstaub. Möglicherweise handelt es sich bei diesen gravimetrischen Messung um eine mangelhafte Trennung in Fein- und Grobstäube. Feinstaubanteile hingegen sind nur schwer manipulierbar. PURT (1991) fordert außerdem mehr Messungen wegen starker Unregelmäßigkeiten in den Messserien. Um dem vorzubeugen, wurden vier Messungen zur Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes durchgeführt.

8.3.1 Staubmenge/Staubkonzentration am Modellarbeitsplatz

Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen dem zu messenden Staub und dem Messverfahren. Trotz Einsatz des SPG 210 mit einem relativ hohen Luftdurchsatz lagen bei den Messungen nicht so stark voneinander abweichende Konzentrationen wie bei SCHEUFLER UND KNIRCK (1986) vor. Betrachtet man die Einzelmesswerte, so sind sie innerhalb einer Messserie annähernd gleich.

Die Standardabweichungen fallen mit dem Gebrauch einer Absaugung bei den Feinstaub- und Grobstaubkonzentrationen deutlich kleiner aus im Vergleich zu denen beim Nichtgebrauch der Absaugung. Gründe dafür sind vermutlich im physikalischen Verhalten der Staubpartikel in

der Raumluft zu suchen. Ohne Absaugung verteilen sich weitaus mehr Partikel in der Raumluft. Je nach Sinkverhalten der Partikel, Luftbewegungen im Raum gelangen sie vor die Ansaugöffnung des Messgerätes, wo es dann zur Ausfällung im Zyklon bzw. der Filterkassette kommt. Dabei können größere Schwankungen auftreten, die mit dem menschlichen Auge nicht zu erfassen sind und sich eventuell in der Standardabweichung widerspiegeln.

Es ist anzunehmen, dass die mittlere Schadstoffkonzentration für Verblendkunststoffe während einer achtstündigen Tätigkeit niedriger läge, denn mit schwankenden Expositionszeiten während eines Arbeitstages ist zu rechnen (VOLLMER et al., 1988). In den meisten Fällen kommt es bereits innerhalb einer Stunde bei der Ausgestaltung von Verblendungen zu einem häufigen Wechsel des rotierenden Werkzeuges und damit zu sich ändernden Staubbelastungen, wie der Werkzeugvergleich erkennen lässt. Nichts desto trotz entstehen am Modellarbeitsplatz, meist bei ungenügender Absaugung, nachweislich lungengängige Staubanteile, vor denen es sich zu schützen gilt.

Die Unterschiede in der Staubentwicklung unter den Kompositen (siehe Werkstoffvergleich) sprechen für die Werkstoffeigenschaften, wie z. B. der Härte. Weiche Materialien lassen deutlich mehr Abrieb bei gleichem Anpressdruck als härtere erwarten. Mit Sinfony® wurden die geringsten Staubmengen ohne Absaugung erreicht. Werkstoffkundliche Untersuchungen scheinen Antworten auf dieses Ergebnis zu geben. Gegenüber Artglass® und Targis® weist Sinfony® eine höhere Druckfestigkeit, Biegefestigkeit, ein kleineres E-Modul, eine hohe Schlagzähigkeit und die größte Abrasionsstabilität auf (ESPE-PRODUKTINFORMATION, 1999).

Eine plausible Erklärung für die Messergebnisse bei dem Werkstoff Artglass® (0 mg/m^3) im Arbeitsschritt mit Absaugung war nicht zu finden. Da die Pilotstudie zum gleichen Ergebnis geführt hatte, ist aber davon auszugehen, dass Artglass®-Stäube mit einer funktionierenden Absaugung hervorragend erfasst werden.

Wie bei GEBHART et al. (1984) korrelieren Staubentwicklung und die Kombination Werkzeug/Werkstoff. Die Zerspanbarkeit von extrem harten Verblendmaterialien beschrieben HOHMANN UND HIELSCHER 1993 als mäßig gut. Wie in ihren Untersuchungen entstanden kurze Späne und Feinstaub beim Umgang mit Fräsern. Die Verwendung von Gummi- und Silikonpolierer ergab wie bei GEBHART et al. (1984) höhere Feinstaubkonzentrationen als all die anderen Werkzeuge. Gründe dafür sind vermutlich bei den Schleifeigenschaften der Werkzeuge zu finden. Ein spanender Abtrag mit Fräsinstrumenten erzeugt weniger Feinstäube als das schleifende Vorgehen mit feinsten Schleifkörnern der Polierwerkzeuge. Die Feinstaub-

konzentrationen mit diesen Polierinstrumenten lagen dennoch weit unter den Grenzwerten für die „A-Fraktion“.

Ursache für die erhöhten Grobstaubmengen bei fast allen Polier-Instrumenten, ausgenommen Korundstein und Ziegenhaarbürste, kann nach den elektronenmikroskopischen Betrachtungen nur der Werkzeugabrieb sein. Bei den optischen Betrachtungen handelt es sich um Staubgemische, so dass hierbei zur Angabe der Grobstaubmenge für Verblendkomposits eine weitere Trennung vom Instrumentenabrieb hätte erfolgen müssen. Da dies nicht möglich war, muss von einer gewissen Ungenauigkeit der Messergebnisse gesprochen werden, wenn es um die Behandlung von Stäuben aus Verblendwerkstoffen geht. Nach einer stofflichen Auftrennung der Stäube würden sich die Staubkonzentrationen für Verblendkomposite vermutlich noch mehr verringern und damit die potentielle Gefährdung durch Kunststoffstäube auch.

Mit Fräswerkzeugen und Diamanten wird im Allgemeinen in der gleichen Bearbeitungszeit mehr Werkstoff unter minimalen Instrumentenabrieb abgetragen als mit Polierern, erkennbar am Prüfkörperverbrauch, so dass hierbei die Staubmengenbildungen fast ausschließlich aus dem Verblendkomposit resultiert. Die ermittelten Konzentrationen sind in dem Fall als sehr wahrscheinlich anzunehmen.

Angaben zu der MAK für Verblendkunststoffe liegen in der Literatur nicht vor, so dass nur Bezug auf den derzeitigen Allgemeinen Staubgrenzwert genommen werden kann. Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, unterliegen die Zahntechniker bei Einhaltung der Schutzmaßnahmen keiner gesundheitlichen Gefährdung durch lungengängige Stäube aus der Bearbeitung der ausgewählten Verblendkunststoffe sowohl im Werkstoffvergleich als auch im Werkzeugvergleich. Es handelt sich zumeist um sehr kleine Feinstaubkonzentrationen, welche selbst mit Messfehlern keine Überschreitungen der Grenzwerte erwarten lassen. Ein bislang Nichtbekanntwerden von Erkrankungsfällen durch diese Stäube hat die Festlegung eines Grenzwertes verhindert. Zur Bestimmung einer kritischen Dosis wären weitere Versuche notwendig. Falls es eine kritische Dosis gibt, so wird diese aber mit großer Wahrscheinlichkeit am Arbeitsplatz eines Zahntechnikers nie erreicht.

8.3.2 Staubmenge/Staubkonzentration im Dentallabor

Epidemiologische Untersuchungen und Begutachtungen von Berufskrankheiten bei Zahntechnikern müssen nach PANGERT et al. (1985) mindestens fünfzehn Schichtmessungen zur

Ermittlung der mittleren Staubkonzentration umfassen. Erst dann geht er von ausreichend genauen Ergebnissen aus. Dieser Forderung wurde bei den Untersuchungen im Zahntechniklabor nicht nachgekommen, so dass die Genauigkeit der Messwerte in Frage gestellt und kritisch betrachtet werden sollte. Eines wurde aber deutlich, nämlich dass Stäube in Zahntechniklaboren durchaus eine Rolle spielen und mancherorts selbst bei einer Zwei-Schicht-Messung zu hohe Grobstaubkonzentrationen (Gipsabscheider, Feuchttrimmer, Trennschleifer) erreicht werden. GEBHART et al. (1984) stellten die Ergebnisse von fotometrischen Messungen während verschiedener Arbeitsvorgänge vor, die ergaben, dass sehr hohe Feinstaubkonzentrationen bei der Verarbeitung von Gips entstehen. Trotz eines anderen Staubprobenahmeverfahrens stimmen die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse diesbezüglich mit denen von GEBHART et al. überein. Dennoch wurde die maximale Arbeitsplatzkonzentration für Gipsfeinstäube nicht überschritten. Die hohen Grobstaubmengen am Trennschleifer sind nicht akzeptabel, so dass in diesem Arbeitsbereich gesundheitsschutztechnische Maßnahmen ergriffen werden sollten.

8.3.3 Erörterung der Passivsammlermessung

Die Passivsammlung volatiler Substanzen in der Raumluft ergab keine hilfreichen Informationen, da die Auswertung der Ergebnisse aus der Passivsammlung sich als sehr schwierig herausstellte, denn eine Zuordnung der ermittelten volatilen Stoffe zu den Verblendkompositen war ausgeschlossen. Da es sich um vollständig auspolymerisierte Prüfkörper gehandelt hat, erschien es eher unwahrscheinlich, dass bei der Bearbeitung von Verblendwerkstoffen gesundheitsschädliche Substanzen in bedrohlichem Umfang frei werden.

Zwischen Modellarbeitsplatz und Zahntechniklabor bestanden gravierende Unterschiede in den gemessenen Konzentrationen, die auf die Einflüsse der Behandlungszimmernutzung durch einen Zahnarzt, wie anfangs erwähnt, zurückzuführen sind. Inhaltsstoffe aus den Reinigungsmitteln der Zahnarzhelferin überschatteten die Messungen. Dennoch bedenklich erscheinen die Grenzwertüberschreitungen, z. B. durch Lösungsmittel. Dieser „Zufallsbefund“ gibt Anstoß für neue Untersuchungen. Es ist ratsam, bis zur Klärung der Problematik Absaugungen und Abzüge im Umgang mit Lösungsmitteln konsequent zu nutzen.

HENSTEN-PETERSEN UND JACOBSEN berichteten 1990 von vorübergehenden Reizreaktionen an Augen und Luftwegen, meist hervorgerufen durch flüchtige Substanzen aus Kunststoffmaterialien und Reinigern. Die Passivsammlungen zeigten eindrucksvoll wie hoch die Konzen-

trationen von Desinfektionsmitteln und anderen Detergenzien in den Räumen eines Zahntechniklabores sein können. In ihnen wird laut HENSTEN-PETTERSEN UND JACOBSEN (1990) die Ursache für Dermatosen gesehen, und auch die hier untersuchten Zahntechniker klagten in 64 % über Händeauffälligkeiten. Die Autoren sind der Auffassung, dass Materialien auf Kunststoffbasis mit verschiedenen Monomeren, z. B. in Form von Füllungs-Kompositen, sowie prothetische Kunststoffe zum Beschwerdebild von Zahntechnikern und Zahnärzten beitragen (HENSTEN-PETTERSEN UND JACOBSEN, 1991).

8.3.4 Erörterung von Absaugeinrichtungen und weiteren Schutzmaßnahmen

Die Bekämpfung von Staub am Entstehungsort bereitet wegen der schwer beeinflussbaren kleinsten Staubteilchen Probleme. Trotz großer Anzahl von Entstaubungssystemen, wie beispielsweise Arbeitsplatzabsaugungen in Dentallabors, konnten mancherorts Feinstäube wie bei BRUNE UND BELTEBREKKE (1981b) gemessen werden. Eine Ursache dafür kann sein, dass Feinstäube mit Absaugvorrichtungen nur teilweise eliminiert werden und in der Raumluft rezirkulieren. Die Nützlichkeit und Wirksamkeit von Absaugungen ist durch Einhaltung des zulässigen Allgemeinen Staubgrenzwertes dennoch nicht von der Hand zu weisen. Die Höhe der Feinstaubkonzentration spricht dann für die Effizienz einer Absauganlage.

Eine Stellungnahme zu den installierten Absaugsystemen in den hier untersuchten Laborräumen ist nur eingeschränkt möglich, denn umfassende Prüfungen wurden nicht vorgenommen. Die Messwerte dort gaben Hinweise dafür, dass in bestimmten Arbeitsbereichen die Schutzmaßnahmen gegen Grobstäube nicht ausreichend und akzeptabel erscheinen. Bei sachgerechter Nutzung und hoher Effizienz der Absaugungen können wie bei KEMPF UND PFEIFFER (1987) künftig dennoch Staublungerkrankung bei angehenden Zahntechnikern ausgeschlossen werden. Wie bei BRUNE UND BELTESBREKKE (1980c), FRANZ UND SCHULZE (1983), GEBHART et al. (1984), KEMPF UND PFEIFFER (1987), VOLLMER et al. (1988), GROH et al. (1989), PURT (1991) und SELDEN et al. (1995) wurde deutlich, dass es durch den Einsatz von Absaugungen zu einer drastischen Senkung der Staubmengen kommt. Bereits im Jahre 1960 forderten STRAUBE UND KRETZSCHMAR eine wirksame Absaugvorrichtung an jedem zahntechnischen Polierarbeitsplatz. Auch MÖHLER UND PALUSZYNSKI (1956) sowie KUMBIER (1989) sprechen ausführlich über die Erfordernis von Staubbekämpfungsmaßnahmen in Form von Arbeitsplatzabsaugungen, Lüftungsanlagen, Atemschutzgeräten, Filtermasken und Filter-

luftgeräten. ZIEGLER UND MEYER (1991) konnten in ihren Überprüfungen verschiedener Absauganlagen (darunter auch „Wassermann“-Staubabsauganlagen) feststellen, dass mit diesen sich der Gesamtstaub im Atemluftbereich von 50 % bis auf 2 % reduzieren lässt. LIEBISCH beschreibt 1983 eine Absaugschubblende, mit der man bei mittlerer Saugleistung einen Wirkungsgrad von durchschnittlich 75 % erreichte. Durch Zuhilfenahme einer Absaugung konnte PURT (1991) in seinen Untersuchungen die Staubmenge um 37 % reduzieren. Vergleichend dazu wurden bei den durchgeführten Staubmessungen am Modellarbeitsplatz zum Werkstoffvergleich die Grobstäube um ca. 96 % bis zu 100 % mit Absaugung reduziert. Die Feinstaubverringerung mit einer Tischabsaugung bewegt sich ebenfalls in diesem Bereich zwischen 85 und 100 %. Ähnliche Ergebnisse wurden im Werkzeugvergleich bei der Grobstaubmessung erzielt (Reduktion zu 92 bis 100 %). Bei der Betrachtung der Feinstaubmengen muss den Werten besonders aus der Bearbeitung mit Korundstein kritisch gegenübergestellt werden. Es bleibt offen, wieso mit einer Absaugung mehr Feinstaub gemessen werden konnte als ohne. Das stellt die Funktionstüchtigkeit der Absaugung in Frage. Hier liegen also mit Sicherheit Messfehler vor. Korundstein und Ziegenhaarbürste erschwerten während der Messung durchaus durch einen geringen Materialabtrag die Staubgewinnung, so dass hier externe Faktoren bis zur wägenischen Ermittlung der Staubmenge starken Einfluss haben können. Hierfür scheinen andere Messverfahren geeigneter, mit denen auch so kleine Mengen besser erfasst werden. Neben den bereits genannten Vorrichtungen gibt es weitere Atem- und Staubschutzgeräte, die nun diskutiert werden sollen. BRUNE UND BELTESBREKKE (1983) untersuchten elektrostatische Filter, die vielerorts der allgemeinen Ventilation in Dentalräumen dienen. Nachteil diese Systeme ist die erneute Abgabe respirationsfähiger Partikel unter 5 µm in die Raumluft. Kleine Staubpartikel passieren nach BRUNE UND BELTESBREKKE (1980c) Gesichtsmasken und werden zum potentiellen Gesundheitsrisiko für den Zahntechniker. Sie vermögen den Staubgehalt der Luft zu reduzieren, aber respirationsfähiger Staub wird nur teilweise zurückgehalten. Bei alleinigem Gebrauch leisten sie also keinen ausreichenden Schutz. Gesichtsmasken finden nur selten Anwendung, denn STABEROW (1995) beschreibt signifikante Auswirkungen von Staubmasken auf Kreislauf- und Lungenfunktion bei Patienten mit und ohne chronisch obstruktive Lungenerkrankungen. Diese Wirkungen sind zwar bei kurzzeitigem Gebrauch zumutbar, fordern aber bei bereits Erkrankten eine medikamentöse Normalisierung der Lungenfunktionsstörung, was die Anwendung erschwert.

ENGELHARDT`S Untersuchungen zu Folge gebrauchen etwa 1/3 der Laboratorien unregelmäßig und ausschließlich zum Schutz vor Schleif- und Polierstäuben Schutzmasken. Zudem bemerkte er 1980, dass Schutzbrillen von Zahntechnikern regelmäßig bei besonders gefährlichen Arbeitsgängen, wie dem Ausarbeiten von Kunststoff oder CrCo-Gerüsten, getragen werden. Diese Ergebnisse können nach Auswertung der Fragebögen nicht ganz geteilt werden. Nur zwei der vierzehn Zahntechniker benutzen unregelmäßig einen Mundschutz. Vom Gebrauch der Schutzbrillen wurde nichts mitgeteilt, so dass davon auszugehen ist, dass diese keine Anwendung finden. Zusätzlich stehen Handschuhe zur Verfügung, die von nur 21 % teilweise getragen werden.

Die Fragebogenerhebung ergab vergleichend zu ENGELHARDT (1980), bei dem noch nicht in jedem Labor Staubsauganlagen am Sandstrahler (eine von 54) oder als Integration am Arbeitsplatz (47 von 54) angebracht waren, dass alle Arbeitsräume der Zahntechniker mit Luftreinigungsgeräten ausgestattet sind. Jeder Arbeitsplatz verfügt über eine Tischabsaugung. Es sind Absaugungen an allen Polier- und Strahleinheiten angebracht, und es wurden auch weitere Belüftungsanlagen in den Laborräumen genannt. Zentrale Klimaanlage existieren im Gegensatz zu den Untersuchungen von ENGELHARDT (1980) nicht. Leider nutzen nur vier der vierzehn Zahntechniker diese Schutzeinrichtungen zu 100 %. 57 % der Zahntechniker machen zu $\frac{3}{4}$ der Tätigkeiten davon Gebrauch. Zwei Techniker gaben an, sich nur zu $\frac{1}{4}$ der Tätigkeiten vor schwebenden Staubpartikeln zu schützen.

Die Suche nach zweckmäßigen und leistungsfähigen Absauganlagen bestanden über die Jahre fort. Im Jahr 1987 entsprachen laut BIA die Absaug- und Abscheidanlagen häufig nicht dem Stand der Technik. Heute legt das BIA sicherheitstechnische Anforderungen zur Gewährleistung eines wirksamen Schutzes an derartigen Einrichtungen fest und bietet geprüfte Geräte an. Unabdingbar ist die Überwachung der heute zum Standard gehörenden Absauganlagen. Eine Vermeidung der Inhalation von Feinstäuben jeder Art kann durch diese technischen Maßnahmen und einen individuellen Atemschutz erreicht werden.

8.4 Erörterung der Rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung

In den Laborräumen müssen eine Vielzahl verschiedenster Partikel in der Raumluft schweben, denn die Raster-Aufnahmen gestalten sich sehr vielfältig. Es handelt sich meist um Mischstäube. Ohne chemische Analyse war eine Differenzierung und Benennung der Partikel im Staubgemisch nicht möglich.

Am Modellarbeitsplatz erwartete man reine Kunststoffstäube. Wie sich im Bildmaterial herausstellte, ist auch dies bei strengster Einhaltung von Sauberkeit nicht möglich gewesen. Zum einen mischte sich der Werkzeugabrieb unter die Probenahmen, und zum anderen musste mit Fremdstäuben gerechnet werden, da nicht unter Vakuum gearbeitet wurde. Da die Arbeitsgänge Schleifen, Fräsen und Polieren spanabhebende mechanische Umformungen eines Werkstoffes sind, wobei Späne bis hin zu Feinststäuben entstehen, machten die morphologischen Untersuchungen deutlich.

Insgesamt dienten die Aufnahmen zur Beschreibung von Partikelformen und -gestalten. Unterschiedliche Körnergrößen sind erkennbar, aber Aussagen zur Körnerverteilung konnten nicht getroffen werden. Die Vielgestaltigkeit der Stäube in Abhängigkeit vom Bearbeitungsinstrument (Werkzeugvergleich) wurde nachgewiesen. Wie bei CAESAR UND ERNST (1993) sind die entstehenden Späne aus Fräsvorgängen größer als die Schleifstaubteile der anderen Werkzeuge. Daraus ist zu schlussfolgern, dass zur Grobgestaltung von Verblendungen Hartmetallfräser im Hinblick auf lungengängige Stäube günstiger als Diamantschleifer sind.

Andererseits kann scharfkantiger Schleifstaub aus Fräsarbeiten, welcher in die Lunge transportiert wird, zu Verletzungen der Schleimhäute und Lungenbläschen führen (KÄUFER, 1968). Die REM-Aufnahmen zeigen spitze Kunststoffspäne, die bei unzureichendem Schutz in die Atemwege, Augen oder Haut gelangen und einen Zahntechniker dann gefährden können. Aber aus der Legierungsverarbeitung gehen weitaus scharfkantigere Partikel mit einem größeren Partikeldurchmesser hervor. Metallspäne stellen aufgrund ihrer Härte und scharfen Ränder für den Zahntechniker eine größere Gefahr dar als Kunststoffspäne.

Grobstaubpartikel scheinen zwar ungefährlich für die tiefen Atemwege, gelten aber als Irritans für die Haut und Augen des Bearbeiters. Den Aufnahmen nach kann zwar von einer geringen Lungenbelastung von Zahntechnikern durch alveolengängige Partikel gesprochen werden, aber die Untersuchungen zeigten, dass ein Zahntechniker im Umgang mit Verblendkunststoffen deutlich stärker durch Grobstäube belastet sein kann.

Die elektronenmikroskopischen Betrachtungen offenbarten den Abrieb vieler Polierinstrumente, was die Grobstaubmenge zusätzlich steigern kann und in gewisser Weise verfälscht. Bei den Hartmetallfräsern war ein Herausbrechen von Schneiden wegen der hohen Härte von 16000 HV (Werkzeugstahl hat nur 850 HV) nicht zu erwarten. Aber ein hoher Werkzeugabrieb wie bei den weichen Gummi- und Silikonpolierern oder das Herausbrechen von Diamanten war unter dem Mikroskop erkennbar.

8.5 Erörterung der Fragebogen- und Lungenfunktionsuntersuchung

8.5.1 Auswertung der Fragebögen

Obwohl man bei dieser Fragebogenuntersuchung eher von einem nicht repräsentativen Kollektiv (14 Befragte) sprechen muss, wurde deutlich, dass jeder Zahntechniker sich verschiedensten Staubbelastungen ausgesetzt fühlt. Jeder der vierzehn Befragten beklagte Staubbelastung am Arbeitsplatz, was die noch gegenwertige Aktualität dieser Problematik unterstreicht. Eine Studie zur Staubgefährdung durch Verblendmaterialien hat seine Daseinsberechtigung, denn die befragten Zahntechniker arbeiten mit den ausgewählten Materialien (28 % mit Sinfony®, 50 % mit Artglass® und 28 % mit Targis® sowie Vectris®).

Weitreichende und wechselhafte Tätigkeitsfelder steigern das Risiko, mit schädlichen Materialien konfrontiert zu werden. Die Staubarten richten sich nach den Technologien (Gipsstäube, Metallstäube, Kunststoff- und Keramikstäube). Zu sonstigen Staubbelastungen zählen die Techniker Strahlsand- und Einbettmassenstäube. Jeder Arbeitsbereich birgt demzufolge Gefahren von Stäuben.

Da lungengängige Stäube mit Absaugungen erheblich reduziert werden können, wurde die Nutzung von Luftreinigungsgeräten, die allorts vorhanden waren, hinterfragt. Nur 28 % schützen sich immer während ihrer Tätigkeiten mit den ihnen zur Verfügung stehenden Luftreinigungsgeräten. Eine Prüfung über die Einhaltung der Vorschriften in Zahntechniklaboren (z. B. VBG 1; VBG 119) durch das BIA ließ ebenfalls Mängel erkennen (MITTEILUNG DES BIA, 1987). Arbeitssicherheit und eigene Gesundheitsvorsorge werden nicht von jedem Zahntechniker ernst genommen.

Eine Beurteilung von Arbeitsplätzen durch KRONEBERGER et al. (1982) ergab, dass die Arbeitsplatzhygiene mancherorts unzureichend ist. Als Gründe für diese Nachlässigkeit gaben die Zahntechniker Unkenntnis von Risiken, subjektives Missempfinden und die Lärmbelastung an. Ähnliche Faktoren haben vermutlich auch in dem untersuchten Zahntechnikerkollektiv zu dem Ergebniss einer schlechten Nutzung von Luftreinigungsgeräten geführt. Infolgedessen sind Aufklärungsbedarf und die Ausstattung der Labore mit zweckmäßigen Sicherheitseinrichtungen gegenwärtig noch geboten.

Die Auswertung des derzeitigen Befindens oder langjähriger Beschwerden ergab, dass eine Zahntechnikerin über Augenbrennen beim Ausarbeiten von Artglass® klagt. In dem Fall kann dieser Werkstoff Reizstoff sein. HENNING (1999) schließt allerdings ein reales Gesundheits-

risiko für Patient, Zahnarzt und Zahntechniker bei Verwendung eines geprüften Verblendwerkstoffes, wie Artglass®, bei Einhaltung der Sicherheitsvorschriften aus. Es muss bei dieser Technikerin geklärt werden, ob sie die Sicherheitsvorschriften einhält oder von einer tatsächlichen Unverträglichkeit gesprochen werden kann.

64 % der Zahntechniker haben mit Quarz zu tun. Das war eigentlich nicht zu erwarten, da in der Zahntechnik mittlerweile quarzfreie Einbett-, Strahl- und Poliermittel angeboten werden und nur keramische Massen über einen Quarzgehalt verfügen.

Wie sich herausstellte haben Zahntechniker dieses Kollektives gesundheitliche Probleme. Zum derzeitigen Zeitpunkt beklagen einige Zahntechniker Erkrankungen der Atmungsorgane. Falls es dabei zu klinischen Auffälligkeiten gekommen sein sollte, so lassen sich diese nicht ausschließlich auf die Kunststoffe zurückführen, welche zwar nachweislich toxisch auf die Schleimhäute wirken, aber bisweilen noch keine Fibrosen durch Kunststoffe bekannt wurden (MUNTEANU, 1983). Es wurden bislang nur bei PVC-Arbeitern Pneumokoniosen beschrieben (KRONENBERGER, 1987).

In der Regel ist eine langjährige Exposition für das Auftreten einer Erkrankung, z. B. einer Pneumokoniose, erforderlich (SPRINGER, 1979). Es wurden deshalb die Berufsjahre und Spezialisierungen hinterfragt. Grundvoraussetzung für die Teilnahme an dieser Erhebung waren mindestens zehn Jahre Tätigkeit in diesem Beruf. Um zu untersuchen, ob bei Zahntechnikern durch Verblendkunststoffe Pneumokoniosen verursacht werden können, wäre es sinnvoll, dafür nur monoexponierte Zahntechniker heranzuziehen. Eine Untersuchung durch KRONENBERGER et al. ergab (1985a), dass Zahntechniker während ihrer Berufstätigkeit durchschnittlich drei unterschiedliche Arbeitstechniken ausführen und nur in wenigen Fällen von monoexponierten Zahntechnikern gesprochen werden kann. Ähnlich verhält es sich in dieser Studie. Kein Zahntechniker dieses Kollektives wird ausschließlich mit Verblendmaterialien konfrontiert. Mögliche Erkrankungen lassen sich deshalb bei diesen Personen nicht allein auf Verblendwerkstoffe zurückführen. Nur in einem Fall handelt es sich um eine Spezialisierung in der Metall- und Legierungsverarbeitung und bei zwei Weiteren um monoexponierte Keramikspezialisten. Hier lassen sich leichter mögliche Zusammenhänge zwischen Gesundheitsbeschwerden und stofflicher Exposition beschreiben.

Zudem können Schwankungen der Expositionszeiten auftreten wie von BRUNE UND BEL??TESBREKKE (1981b) sowie VOLLMER et al. (1988) bei der Bearbeitung von Gussobjekten beschrieben. In kleinen und mittleren Laboren liegt die Expositionszeit dafür bei 2,5 bis fünf

Stunden am Tag. In großen Einrichtungen werden Zeiten bis zu acht Stunden täglich erreicht. Es ist davon auszugehen, dass derartige Schwankungen auch in der Kunststoffverarbeitung anzutreffen sind, die dann bei jedem Zahntechniker andere Expositionszeiten bedingen. Exakte Angaben dazu können anhand der durchgeführten Befragung nicht gemacht werden.

Bei der Ursachenfindung für Allergien, Hautauffälligkeiten und Atemwegserkrankungen spielt neben der Expositions- und Beschäftigungsdauer sowie dem Rauchverhalten auch die erbliche Komponente eine Rolle. Nicht in jedem Fall entstehen Gesundheitsveränderungen durch den Umgang mit Gefahrenstoffen im Zahntechniklabor. Obwohl 50 % unter einer Allergie leiden, war in den meisten Fällen kein Zusammenhang mit der beruflichen Exposition erkennbar. Bei einigen Untersuchten lassen sich Parallelen in der Familienanamnese finden. So handelt es sich in einem Fall um eine Bronchitis, welche durchaus erblich bedingt sein kann, da in der Familie ebenfalls ein Bronchitisfall bekannt ist.

Unterschiedliche Angaben zu Anlässen und Beschwerdebild belegen, dass anfallsartige Nasen- und Atemwegsbeschwerden bei Zahntechnikern auch durch nichtzahntechnische allergische Stoffe verursacht werden können. Die Informationen zum zeitliche Auftreten lassen teilweise Rückschlüsse auf den Auslöser zu. Treten die Beschwerden beispielsweise nur zeitweise auf, gibt es möglicherweise einen saisonalen Zusammenhang, oder im Arbeitsbereich ist nach bestimmten Reizstoffen zu suchen. Schnelle Schlüsse zu den Ursachen für die Beschwerden aus dem Arbeitsumfeld sind also nicht zulässig.

Unter den angegebenen Erkrankungen befinden sich dennoch typische Formen, die für die Berufsgruppe Zahntechniker sprechen, so z. B. Rückenbeschwerden, Lärmempfindlichkeit, Kopfschmerz und Atemwegserkrankungen (chronischer oder allergischer Husten/Schnupfen, Behinderung der Nasenatmung, Bronchitis und Bronchialasthma). Die Auswertung zeigt aber auch, dass die meisten Arbeitsausfälle weniger dadurch, sondern vielmehr durch Erkältungen hervorgerufen wurden und fast ein Drittel der Beschäftigten in den letzten Jahren gar keiner Krankschreibung bedurfte.

Die umfangreiche Fragebogenaktion KRONENBERGER'S et al. 1990 ergab vergleichend mehr Patienten mit den Symptomen wie trockener Reizhusten, Atemnot bei Anstrengung und Husten mit Auswurf. Die Autoren sprechen von einer kausalen Beziehung zwischen den pulmonalen Beschwerden und der beruflichen Staubbelastung. Solch ein Zusammenhang war bei der kleinen Untersuchungsgruppe dieser Studie nicht feststellbar. Nur bei einer Zahntechnikerin mit einem Bronchialasthma spricht nichts für eine erbliche Disposition oder andere

Umwelteinflüsse. Hierbei kann es sich möglicherweise tatsächlich um eine berufsbedingte Erkrankung handeln, da sie erst vor zwei Jahren mit einer chronischen Bronchitis einherging, seither die Patientin häufig unter Atemnot leidet und diese durch das Beschleifen von Werkstoffen ausgelöst wird.

Pneumokoniosen wurden bei dieser Probandengruppe bislang nicht bekannt, was verdeutlicht, dass diese Berufskrankheit bei Zahntechnikern selbst nach langer Exposition mit gesundheitsgefährdenden, zahnmedizinischen Materialien selten auftritt. Auffällig erschien aber die zu 28 % beklagte ständige Behinderung der Nasenatmung und in 35 % ein Fall von Bindehautentzündung. Auch die Tatsache, dass in je 14 % chronischer Husten und Schnupfen sowie Niesanfalle/Nasenlaufen, Heiserkeit und Augenbrennen auftreten, spricht für Gesundheitsgefahren aus dem Arbeitsumfeld. Die Zahntechniker selbst führen in 42 % ihre Beschwerden auf zahntechnische Tätigkeiten zurück. Dabei handelt es sich aber nicht nur bzw. kaum um Verblendkunststoffe, so dass von einer guten Verträglichkeit dieser Materialien gesprochen werden kann. Aber auch zu viel Kunststoffstaub kann Staublungenerkrankungen verursachen, sonst hätte man keinen Allgemeinen Staubgrenzwert für die „E-Fraktion“ festgelegt.

Neben dem eigenen Staub-Schutz, wie bereits oben diskutiert, ist anzuraten, Vorsorgeuntersuchungen in Anspruch zu nehmen. In 71 % der Zahntechniker wurden in der Vergangenheit spezielle Untersuchungen durchgeführt, wie Lungenfunktionsprüfungen (bei 64 %), röntgenologische Thoraxaufnahmen (bei 50 %) und Allergietestungen (bei 64 %). Das sollte auch weiterhin Aufgabe der Arbeitsmediziner sein, um frühestmöglich bei pathologischen Befunden entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

8.5.2 Beurteilung der Befunde der Lungenfunktionsprüfung

Die Bodyplethysmographie stellt derzeit das Mittel der Wahl zur Diagnostik von Lungenerkrankungen dar. Bodyplethysmographische Untersuchungen an Zahntechnikerkollektiven sind in der Literatur bislang nicht bekannt geworden. Bei Pneumokonioseprüfungen wurde bisher das spirometrische Verfahren verwandt (HUGONNAUD UND LOB, 1976; KRONENBERGER et al., 1981a; ROM et al., 1983; FROUDARAKIS et al., 1999).

Die Lungenfunktionsanalyse umfasste die üblichen spirometrischen Parameter wie auch anderer Autoren, so die Vitalkapazität, Sekundenkapazität und den Tiffeneau-Index. Auf Blutgasanalysen in Ruhe und unter ergometrischer Belastung wie bei MORGENROTH et al. (1981a),

KRONENBERGER et al. (1983a) wurde verzichtet, da die klinische Untersuchung von Zahntechnikern nicht Ziel war.

Die Faktoren Alter, Geschlecht oder Konstitution beeinflussen die Resistance bei Erwachsenen nur unwesentlich. Die Mitarbeit des Patienten spielt bei der bodyplethysmographischen Untersuchung eine weitgehend untergeordnete Rolle, so dass die Ergebnisse ein hohes Maß an Sensitivität, Spezifität und Prädiktivem Wert haben (RUFF et al., 2003). Für die Ausreißerwerte in den Boxplotabbildungen (Abb. 37, Abb. 38) für ITGV (Ist), ITGV (Ist/Soll) und RV (Ist/Soll) ist als Ursache eine falsche Patientenmitarbeit dennoch denkbar. Bedeutsam erscheint auch der Tabakkonsum, denn Nikotin hat weitaus mehr Einfluss auf die Lungenfunktion als die berufliche Exposition beim Zahntechniker (KRONENBERGER et al., 1983a; CHOUDAT, 1994). Das Rauchverhalten kann die beruflichen Schadstoffeinflüsse maskieren. Nach WELKER (2000) können lokal toxische Effekte am Lungengewebe durch Rauchen die Lungenselbstreinigung verschlechtern. Da sich unter den untersuchten Zahntechnikern nur eine Raucherin befand und diese keinerlei Auffälligkeiten zeigte, muss hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

ROM et al. (1983) wie auch SHERSON et al. (1988) sprechen von einer Korrelation zwischen spirometrischen Werten (FVC, FEV1) und beruflicher Expositionsdauer, denn die Lungenfunktionswerte wichen verstärkt im höheren Alter von den Sollwerten ab. Dies war bei den hier durchgeführten Untersuchung nicht der Fall. Eher die jüngeren Mitarbeiterinnen tendierten zu höheren Sollwert-Abweichungen. Zwischen Beschäftigungsdauer und Lungenfunktion konnte also wie bei KRONENBERGER (1987) bei keinem Parameter eine korrelative Beziehung aufgezeigt werden, obwohl die durchschnittliche Expositionszeit 29 Jahre betrug.

Eine verminderte FEV1 resultiert aus einer Einschränkung der ventilatorischen Flussreserve durch eine endobronchiale und exobronchiale Obstruktion oder die Herabsetzung der Lungenretraktionskraft und Schwäche der Atemmuskulatur. Die Ergebnisse der Lungenfunktionsuntersuchung wiesen erwartungsgemäß keine massiv normabweichenden Befunde wie bei KEMPF et al. (1986) auf. Nur drei Probanden zeigten Auffälligkeiten. Eine Probandin hatte Erhöhungen des ITGV und RV, welche ein Hinweis für das Vorliegen einer restriktiven Lunge, einer Lungenüberblähung, obstruktiven Ventilationsstörung oder eines Lungenemphysems sein können. Nach SCHULTZ UND PETRO (1998) führte das erhöhte RV sekundär zu einer Einschränkung der VC, was wiederum für eine restriktive oder obstruktive Ventilationsstörung spricht. Im Fragebogen findet man aber keinerlei Hinweise für derzeitige Beschwerden

oder bekannte Erkrankungen der Atmungsorgane. Zur exakten Interpretation wären hier weitere Untersuchungen empfehlenswert.

Bei zwei Probanden handelt es sich um einen grenzwertigen R tot, da die obere physiologische Grenze von 0,3 kPA*s/l überschritten wurde. Einer endobronchialen Obstruktion in den großen Atemwegen sollte nachgegangen werden. Eine der beiden Untersuchten leidet seit zwei Jahren an Bronchialasthma sowie einer akuten Bronchitis mit chronischen und anfallsartigen Atembeschwerden. Die andere Technikerin mit einem erhöhten R tot gibt eine Hausstauballergie und Duftstoffallergie sowie eine ständige Behinderung der Nasenatmung und chronischen Schnupfen seit fünf Jahren an. Zudem zeigt sie auch ein erniedrigtes RV und TLC. Die leichten Erhöhungen des ITGV lassen bei den anderen Parametern der Untersuchten keine pathologischen Auffälligkeiten erkennen.

Die Lungenfunktionsprüfungen der Probanden zeigten wie bei BIRKE et al. (1985), FEHN (1989), SZADKOWSKI et al. (1987) und FROUDARAKIS et al. (1999), dass keiner der Zahntechniker Lungenveränderungen im Sinne einer Pneumokoniose hat. Anlass für Silikosen und Hartmetallfibrosen ist durch Mangel an obstruktiven und restriktiven Ventilationsstörungen nicht gegeben. HUGONNAUD UND LOB (1976), MUNTEANU (1983) und KRONENBERGER et al. (1980a, 1981a, 1983a, 1986) hingegen gelangten bei ihren Lungenfunktionsprüfungen zu anderen Ergebnissen. Teilweise konnten sie bei bis zu 64 % der Probanden eine eingeschränkte Lungenfunktion und spirometrische Auffälligkeiten nachweisen.

Abschließend muss erwähnt werden, dass die Erfassung atemphysiologischer Daten wie Atemwegswiderstand, Tiffeneau-Index usw. Veränderungen im Atemtrakt bei Einhaltung der Normbereiche nicht ausschließt, denn mit der Untersuchungsmethode der Regionaldepositionsmessung konnte STAHLHOFEN et al. (1984) deutliche Veränderungen bei mindestens zehn Jahre lang Exponierten nachweisen. Auch KRONENBERGER spricht in seiner Habilschrift 1987 davon, dass die Routinespirometrie wenig geeignet scheint, für die Erfassung der Auswirkungen beruflicher Stäube auf die Lungenfunktion von Zahntechnikern. Im Individualfall kann eine Pneumokoniose anhand der Radiologie oder Morphologie sicherer diagnostiziert, funktionsanalytisch dagegen eher unterschätzt werden. Somit muss den Ergebnissen kritisch gegenübergestellt werden (KRONENBERGER et al., 1981b), und es sollten möglicherweise weitere Untersuchungen bei grenzwertigen Fällen vorgenommen werden.

8.6 Schlussfolgerung und Arbeitshinweise für Zahntechniker und Zahnarzt

Abschließend kann gesagt werden, dass vor dem Hintergrund der hier durchgeführten Untersuchungen und bereits bestehender Studien zu anderen Werkstoffen mit einem gewissen Gefährdungspotential von Zahntechnikern durch Kunststoffstäube gerechnet werden muss. LINDEMANN machte 2002 ebenfalls darauf aufmerksam, dass bei der Bearbeitung von Kunststoffen mit rotierenden Instrumenten alveolengängige Staubpartikel entstehen.

Die werkstoffkundliche und toxikologische Andersartigkeit der Verblendwerkstoffe im Vergleich zu Hartmetallen, Quarz oder Asbest bedingt aber weniger stark Belastungen der Atmungsorgane. Gravimetrische Staubmessungen haben gezeigt, dass die Allgemeinen Staubgrenzwerte für die „E- und A-Fraktion“ in den meisten Fällen eingehalten wurden. Voraussetzung aber war die sachgemäße Handhabung einer Absaugung, welche insbesondere die Grobstaubmenge drastisch senkte.

Fortschreitende Technik und Entwicklung in der Zahnmedizin ziehen neue Arbeitsmethoden und neue Werkzeuge nach sich, so dass zum einen in dieser Studie nur ein Auszug von rotierenden Werkzeugen Gegenstand der Untersuchungen war. Desweiteren müssen in Zukunft neue Produkte mit der Fachwelt diskutiert und kritisch untersucht werden. KRONENBERGER (1987) schließt beispielsweise nicht aus, dass künftig die Vielfalt der in der Zahntechnik gebräuchlichen Werkstoffe und Arbeitsverfahren zu einer Zunahme manifester Staublungenerkrankungen führt, falls keine ausreichenden präventiven Maßnahmen ergriffen werden. Sollten neue Fälle von Pneumokoniosen oder Silikosen bzw. weitere Staublungenerkrankungen auftreten, so kann es sich dabei aber auch um ein „Altlasten“-Phänomen handeln. Ein dringender Aufklärungsbedarf auf dem Gebiet der dentalen Arbeitssicherheit besteht weiterhin fort.

Untersuchungen hinsichtlich der Mikromorphologie von Kunststoffstäuben zeigten die Relevanz jeglichen Staubes als Irritans für die Haut und Augen des Bearbeiters. Es kann nicht ausgeschlossen werden, ob diese Stäube aufgrund ihrer Staubpartikelgestalt zu mechanischen Verletzungen des Lungengewebes führen. Auch WELKER (2001) spricht wie HOHMANN UND HIELSCHER (1993) den Schutz und die Pflege von Haut und Atemorganen an. Selbst kurze Bearbeitungsvorgänge im zahntechnischen Labor oder am zahnärztlichen Arbeitsplatz erfordern eine konsequente Absaugung von Stäuben, Dämpfen und Gasen, da auch atoxische, inerte Stäube zu unspezifischen Erkrankungen der Atemwege führen können. Deshalb sollen

abschließend einige Ausführungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz von Zahntechnikern folgen.

Arbeitsplatzabsaugungen für Zahntechniker sollten Schleifstäube und gasförmige Schadstoffe sicher erfassen, effektiven Gesundheitsschutz bieten, energie günstig und wirtschaftlich sowie geräuscharm arbeiten (VOLLMER et al., 1985; MITTEILUNG QUINTESENZ ZT, 1983). Zwischen Emissionsquelle und Arbeitskraft empfiehlt sich die Anbringung einer Glas- oder Kunststoffscheibe, damit es zu einer mechanischen Umlenkung des Schleifstaubes zur Ansaugöffnung kommt. Da es sich bei Kunststoffen um ein Material geringer Dichte handelt und bei hohen Schnitt- bzw. Bearbeitungsgeschwindigkeiten schnell ein großes Staubvolumen entsteht (KÄUFER, 1968), sind Absaugvorrichtungen unbedingt erforderlich. Laut BATSCHKAT (1980) reichen zum Staubschutz natürliche Lüftung und konventionelle Mittel nicht aus. Adäquate und zusätzliche Absaug- und Belüftungsanlagen in den Laborräumen sind deshalb zur Reinhaltung der Raumluft notwendig. Hochwertige Absauganlagen, derzeit mit 3-Filter-System (Filterbeutel, Mikro- und Aktivkohlefiltern), Automatikbetrieb und automatischer Saugleistungsanpassung, gewähren Funktionalität, angenehme Anwendung und Schutz besonders vor Feinstäuben. Die Gesamtstaubmenge kann am Arbeitsplatz zusätzlich durch effizientes und ausreichendes Lüften der Laborräume reduziert werden (ZIEGLER UND MEYER, 1991).

Eine ständige Überprüfung der Saugleistung von Staubabsaugungen, die nach HARTER (2002) für allgemeine zahntechnische Arbeiten 18 l/s und für Gipstrimmer bis zu 36 l/s betragen soll, sowie der Funktionstüchtigkeit von Poliermotoren ist unbedingt erforderlich zur Vorbeugung von Gesundheitsschäden des Zahntechnikers bei Schleif- und Polierarbeiten. Dies wird durch geprüfte Filter, Teil- und Gesamtanlagen des BIA gewährleistet.

Grundsätzlich sollte bei Schleif- und Poliertätigkeiten die gewartete Absauganlage eingeschaltet, bei nicht Vorliegen eines Absolutfilters ein Mundschutz oder eine Atemschutzmaske getragen und bestimmter Orts eine Schutzbrille aufgesetzt werden. Handschuhe schützen vor heißen, scharfkantigen Spänen aus der Metallverarbeitung. Bei spanabhebenden Umformungen empfiehlt sich zudem die Nasenatmung, denn eine Reinigung durch Nasenhärchen ist in der Mundhöhle nicht gegeben.

Die Wahl des Werkzeuges bestimmt über die Feinstaubbildung mit. Lange spitze Metallspäne können durch den Einsatz von Schleifsteinen oder HM-Fräsern mit Kreuzverzahnung vermieden werden. Untersuchungen zur Luftwegpassage der Stäube unterschiedlicher Spangröße ergaben, dass lange Späne weniger leicht den Atemtrakt durchwandern und damit die tieferen

Atemwege nicht gefährden. Dieser Prozess kann durch den Einsatz rotierender Instrumente mit langem Spanabtrag unterstützt werden. Für ein hervorragendes, optisches Ergebnis einer Verblendung sind die Ausarbeitungsempfehlungen der Anbieter aber zu berücksichtigen, welche wiederum die Anwendung eines Werkzeuges mit hoher Staubbildungsrate erforderlich machen. Nicht immer ist somit eine Reduzierung des Staubes durch gezielten Werkzeugeinsatz möglich.

Falls es die Indikation zulässt, kann nach dem Werkstoffvergleich dieser Studie das Material mit der geringsten Staubbildungsrate (in diesem Fall Sinfony®) verwandt werden, um das Staubrisiko so gering wie möglich zu halten.

Auch bei Strahlarbeiten muss auf die Dichtigkeit des Strahlgerätes, eine funktionstüchtige Absauganlage mit Feinstfilter und einen regelmäßigen Wechsel des Strahlmittels geachtet werden (SCHLAGOWSKI, 1989; CAESAR UND ERNST 1993). Zudem reicht eine Nassbearbeitung, z. B. von Gipsmodellen, nicht aus, um sich vor dem Einatmen von Aerosol aufgrund der hohen Drehzahl zu schützen (WELKER, 2000). Deshalb sollte das Sägen von Gips unter einer konsequenten Absaugung und das Trennen mit Trennscheiben mit einer Schutzbrille erfolgen.

Quarzhaltige Poliermittel sollten heute durch unschädliche Materialien ersetzt werden, da im Umgang mit quarzhaltigen Poliermitteln silikoseauslösender Quarzstaub entstehen kann (KNISCHEWSKI UND GROSSE, 1968). Asbesthaltige Stäube können vermieden werden, da es anstelle von Asbestpapieren als Trenn- und Isoliermittel in Gussmuffeln heute asbestfreie Austauschstoffe gibt. Nach DIN 13912 sollen heute Dentallegierungen kein Beryllium mehr enthalten. Wer heute noch berylliumhaltige Legierungen verarbeitet, muss die Unfallverhütungsvorschrift VBG 113 beachten, denn es handelt sich um einen allgemein toxischen Werkstoff (SIEBERT, 1983).

Bei konsequenter Einhaltung dieser Arbeits- und Gesundheitsschutzvorschläge im Berufsalltag stellen Verblendkunststoffstäube keine Gefahr für den Zahntechniker und Zahnarzt dar. Eine Risikominimierung von Gesundheitsgefahren in diese Berufsgruppe, auch durch andere zahnmedizinische Materialien, ist mit der Einhaltung heutiger Schutzmaßnahmen gewährleistet, aber ein individuell determiniertes, geringes Restrisiko für Verblendwerkstoffe ist auch nach dieser Studie nicht völlig auszuschließen. Zahntechniker und Zahnarzt werden dazu angehalten, diese Maßnahmen zu ergreifen und umzusetzen.

9 Literaturverzeichnis

1. **Augthun M (1992):** Staubbelastung bei der Bearbeitung palladiumhaltiger Legierungen. dental labor LX: 2109 – 2013
2. **Augthun M, Kirkpatrick CJ und Schyma S (1991):** Untersuchungen zum Pneumokonioserisiko von Zahn Technikern durch palladiumhaltige Stäube. Dtsch Zahnärztl Z 46: 519 – 522
3. **Bancalione P, Weynand B, DeVuyst P, Stanescu D and Pieters T (1998):** Lung granulomatosis in a dental technician. Am J Ind Med 34: 628 – 631
4. **Barig A und Blome H (1999):** Allgemeiner Staubgrenzwert Teil 1: Allgemeines. Gefahrst Reinhalt L 59: 261 – 265
5. **Barig A und Blome H (2002):** Allgemeiner Staubgrenzwert Teil 4: Spezielle Probleme und Aspekte, internationale Grenzwerte, Ausblick. Gefahrst Reinhalt L 62: 37 – 43
6. **Barret TE, Pietra GG, Maycock RL, Rossman MD, Minda JM and Johns LW (1989):** Acrylic resin pneumoconiosis: Report of a case in a dental student. Am Rev Respir Dis 139: 841 – 843
7. **Bartsch F (1999):** Die Herstellung einer metallfreien Inlaybrucke aus Targis/Vectris. Quintessenz Zahntechnik 25: 154 – 178
8. **Batschkat R (1980):** Geruch- und Staubbelastigungen in Laboratorien für Stomatologische Technik. Zahntechnik 21: 239 – 243
9. **Beck B und Irmischer G (1974):** Silikosen durch weniger bekannte Expositionsarten. Z Erkrank Atm Org 140: 282 – 293
10. **Beck B, Rehbohle E, Schneider WD, Konetzke GW und Pangert R (1983):** Zur Begutachtung der chronischen Staubbronchitis als Berufskrankheit. Z Erkr Atm Org 160: 201 – 207
11. **Begerow J, Schauer M und Dunemann L:** VIII 6.1 Werkstoffe der konservierenden Zahnheilkunde. In: Wichman H-E, Schlipkötter H-W, Fülgraff G, (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. 11. Erg. Lfg. 7 (1997) Ecomed, Landsberg/Lech S. 1 – 20
12. **Behr M, Rosentritt M, Leibrock A, Schneider-Freyer S and Handel G (1999):** Finishing and polishing of the ceromer material Targis. Lab-side and chair-side methods. J Oral Rehabil 26: 1 – 6
13. **Behr M, Rosentritt M, Leibrock A, Schneider-Freyer S and Handel G (1998):** Composite, Compomere and Ceromere materials. Comparison of thermogravimetric analysis and polishing properties. J Dent Res 77 (IADR Abstract 435)

14. **Berges M (2002):** Messtechnik für Stäube. Vortrag auf dem BIA/BG-Symposium Allgemeiner Staubgrenzwert 25. und 26.02.2002 Berufsgenossenschaftliche Akademie – BGA Hennef/Sieg
(Mitteilung im Internet unter: www.hvbg.de/d/bia/vera/staub/berges_f.pdf)
15. **Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik (1983):** Kaum Stäube in gefährlichen Konzentrationen. dental labor XXXI: 185 – 186
16. **Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (1986):** Zur Staublungegefährdung von Zahntechnikern. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 21: 330
17. **Birke R, Szadkowski D und Lehnert G (1985):** Klinische und funktionsanalytische Befunde bei Zahntechnikern. In: Aktuelle arbeitsmedizinische Probleme in der Schwerindustrie Theorie und Praxis. Dtsch. Gesellschaft für Arbeitsmedizin, Gentner Verlag, Stuttgart (1985) S. 589 – 592
18. **Brändli O (1996):** Sind inhalierte Staubpartikel schädlich für unsere Lungen? Schweiz Med Wschr 126: 2165 – 2174
19. **Braunwarth J (1998):** Verblendtechnik mit Sinfony. Dental Spectrum III, 4: 315 – 320
20. **Brolin I, Boisen M, Fröström K, Hagberg S, Kheddache S, Larsson S, Thiringer G and Tylén U (1996):** Pneumoconiosis in dental technicians in Sweden. Eur Respir J 9 (Suppl. 23): 219
21. **Bruhn L, Gerber A und Pohling HH (1983):** Zur klinischen Bewährung unterschiedlicher Verblendsysteme. Zahntechnik 24: 381 – 385
22. **Brune D and Beltesbrekke H (1980a):** Dust in dental laboratories. Part I: Types and levels in specific operations. J Prosthet Dent 43: 687 – 692
23. **Brune D and Beltesbrekke H (1980b):** Dust in dental laboratories. Part II: Measurement of particle size distributions. J Prosthet Dent 44: 82 – 89
24. **Brune D and Beltesbrekke H (1980c):** Dust in dental laboratories. Part III: Efficiency of ventilation systems and face masks. J Prosthet Dent 44: 211 – 215
25. **Brune D and Beltesbrekke H (1981a):** Levels of methylmethacrylate, formaldehyde, and asbestos in dental workroom air. Scand J Dent Res 89: 113 – 116
26. **Brune D, Beltesbrekke H and Melsom S (1981b):** Dust in workrooms air of dental laboratories. Swed Dent J 5: 247 – 251
27. **Brune D und Beltesbrekke H (1983):** Die Wirksamkeit von Absaugsystemen und Gesichtsmasken. dental labor XXXI: 777 – 779

28. **Buchter A (1984):** Kunststoffbedingte Lungenerkrankungen. Atemw Lungenkrkh 10: 212 – 214
29. **Buckup H (1966):** Berufskrankheiten der Bronchien und Lungen durch anorganische Stäube. Zbl Arbeitsmed 16: 203 – 210
30. **Bühl A und Zöfel P:** Professionelle Datenanalyse mit SPSS für Windows. Addison Wesley Verlag, Bonn; Paris [u.a.] (1996) S. 382 - 384
31. **Buth K und Schulz A (1980):** Zur Ableitung einer arbeitshygienischen Arbeitsplatzcharakteristik für die stomatologische Technik. Zahntechnik 21: 280 – 286
32. **Caesar HH und Ernst S:** Grundwissen für Zahntechnik Teil 2: Werkstoffkunde: Die Nichtmetalle in der Zahntechnik. 3. Aufl. Neuer Merkur, München (1993)
33. **Carles P, Fabre J, Pujol M, Duprez A et Bollinelle R (1978):** Pneumoconioses complexes chez les prothesistes dentaires. Le Poumon et le Coeur 34: 189 – 192
34. **Choudat D (1994):** Occupational lung diseases among dental technicians. Tuber Lung Dis 75: 99 – 104
35. **Choudat D, Triem S, Weill B, Vicrey C, Ameille J, Brochard P, Letourneux M and Rossignol C (1993):** Respiratory symptoms, lung function and pneumoconiosis among self employed dental technicians. Br J Ind Med 50: 443 – 449
36. **Dähnlicke M (1978):** Gesundheitsgefährdung bei der Verarbeitung von Kalloacryl? Zahntechnik 19: 398 – 399
37. **Daniele RP (1986):** Pulmonary Responses to Silica and Beryllium. Prax Klin Pneumol 40: 205 – 208
38. **Davidson CL (1982):** Gefahren bei der Verarbeitung von Nickel-Chrom-Kobalt-Legierungen. dental labor XXX: 1255 – 1256
39. **De Vuyst P, Jedwab J, Dumortier P, Vandermoten G, Vande Weyer R und Yernault JC (1982):** Asbestos bodies in bronchoalveolar lavage. Am Rev Respir Dis 126: 972 – 976
40. **De Vuyst P, Vande Weyer R, De Coster A, Marchandise FX, Dumortier P, Ketelbant P, Jedwab J and Yernault JC (1986):** Dental technician's pneumoconiosis: A report of two cases. Am Rev Respir Dis 133: 316 – 320
41. **Ducke G:** Staub in der Arbeitsumwelt. Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der DDR (Hrsg.), Verlag Tribüne, Berlin (1980)
42. **Ducke G:** Staub am Arbeitsplatz - Messung, Bewertung, Bekämpfung. Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der DDR (Hrsg.), Verlag Tribüne, Berlin (1990)

43. **Effenberger I (1981):** Aspekte des Gesundheitsschutzes in Fachlaboratorien für Keramik. *Zahntechnik* 22: 248 – 250
44. **Ekenvall L, Ancker K, Gustavsson P and Göthe CJ (1981):** Aspects of occupational medicine on work with room temperature cured methylmethacrylate (MMA) in dental care. *Tandteniken* 50: 444
45. **Engeldinger P (1999):** Das 1 x 1 der modernen Frästechnik. *Zahntechnik* 6: 337 – 344
46. **Engelhardt JP (1980):** Bedeutung, Möglichkeit und Praktikabilität von Hygienemaßnahmen im zahntechnischen Laboratorium. *Dtsch Zahnärztl Z* 35: 886 – 893
47. **ESPE - Produktinformation (1999):** Produktdosier Sinfony. *Clinical Research* 5
48. **Fehn K:** Studie zur Staubbelastung von Zahntechnikern. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Friedrich Schiller Universität Jena (1989)
49. **Ferlinz R:** Die Messung der Atemmechanik. In: Ferlinz R (Hrsg.): *Praktische Lungenfunktionsprüfung*. Thieme Verlag, Stuttgart (1978) S.19-31
50. **Franz G und Schulze G (1983):** Staubmesstechnische Untersuchungen in Zahntechnischen Laboratorien. *dental labor XXXI*: 437 – 441
51. **Froudarakis M, Voloudaki A, Bouros D, Drakonakis G, Hatzakis K and Siafakas NM (1999):** Pneumoconiosis among Cretan Dental Technicians. *Respiration* 66: 338 – 342
52. **Froudarakis M, Voloudaki A, Bouros D, Koudakis M, Hatzakis K, Gourtsoyiannis N and Siafakas N (1996):** Pneumoconiosis among Dental Technicians. *Eur Respir J* 9 (Suppl.23): 219
53. **Fubini B and Otero Arean C (1999):** Chemical aspects of the toxicity of inhaled mineral dusts. *Chem Soc Rev* 28: 373 – 381
54. **Gebhart J, Roth C und Haas F (1984):** Photometrische Untersuchung der Feinstaub-Produktion im Dentallabor. *dental labor XXXII*: 1365 – 1366
55. **Groh U, Otto J, Hellinger K, Kampmann M und Kühnberg M (1989):** Absaugvorrichtungen für den stomatologisch-technischen Arbeitsplatz. *Zahntechnik* 30: 253 – 258
56. **Hansen HM (1983):** A dental technician with silicosis. *Ugeskr Laeger* 145: 2378 – 2379
57. **Harter M (2002):** Saubere Luft im Dentallabor. *Dentalzeitung* 3: 84 – 85
58. **Heidermanns G, Kühnen G und Riediger G (1980):** Messung und Beurteilung gesundheitsgefährlicher Stäube am Arbeitsplatz. *Staub Reinhalt Luft* 40: 367 – 373

-
59. **Heimann M und Hinte K-H (1993):** Staubemissionen von Bearbeitungsgeräten in zahntechnischen Labors. Die BG-Fachzeitschrift für Arbeitssicherheit und Unfallversicherung Band 2, Erich Schmidt Verlag: 92 – 96
 60. **Henning G (1999):** Untersuchung zu Biokompatibilität von Dentalkunststoffen. dental labor LXVII: 1791 – 1796
 61. **Hensten-Pettersen A and Jacobsen N (1990):** The role of biomaterials as occupational hazards in dentistry. Int Dent J 40: 159 – 166
 62. **Hensten-Pettersen A and Jacobsen N (1991):** Toxic effects of dental materials. Int Dent J 41: 265 – 273
 63. **Hinman RW, Lynde TA, Pelleu GB and Gaugler RW (1975):** Factors affecting airborne beryllium concentrations in dental spaces. J Prosthet Dent 33: 210 – 215
 64. **Hofmann F und Walker T:** Arbeitsbedingte Belastungen in der Zahnheilkunde (Fortschritte in der Präventiv- und Arbeitsmedizin; 10). Hofmann F (Hrsg.), Ecomed Landsberg/Lech (1999)
 65. **Hohmann A und Hielscher W:** Lehrbuch der Zahntechnik, Band 3: Universalien der Werkstoffkunde, Werkstoffe, Hilfswerkstoffe und Verarbeitungstechniken; 2. Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin, Chicago, London, São Paulo, Tokio (1993)
 66. **Hugonnaud C et Lob M (1976):** Preliminary survey on occupational hazards by dental technicians working on metallic prostheses. Med Soc Prev 21: 139
 67. **Jacobsen N and Hensten-Pettersen A (1993):** Self-reported occupational-related health complaints among dental laboratory technicians. Quintessence International 24 : 409 – 415
 68. **Jacobsen N, Derand F and Hensten-Pettersen A (1996):** Profile of work-related health complaints among Swedish dental laboratory technicians. Community Dent Oral Epidemiol 24: 138 – 144
 69. **Janda R (1996):** Verblendkunststoffe – Materialien und Leistungsfähigkeit. Quintessenz Zahntech 22: 1003 - 1015
 70. **Janda R (2000):** Verblendkomposits. Quintessenz Zahntech 26: 53 – 64
 71. **Jung T und Borchers L (1988):** Schleif- und Poliermittel. In: Eichner K (Hrsg.): Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung Band 1: Grundlagen und Verarbeitung. 5. Auflage, Hüthig Verlag, Heidelberg (1988) S. 299 – 309
 72. **Käufer H:** Arbeiten mit Kunststoffen. Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf (1968) S. 191

-
73. **Kempf E und Pfeiffer W (1987):** Gesundheitsgefahren durch Stäube im Dentallabor. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 1, 22: 13 – 18
 74. **Kempf E, Renz K und Szadkowski D (1986):** Zur Frage der Staublungengefahrung von Zahntechnikern. Staub Reinhalt Luft 46: 533 – 534
 75. **Kirchhoff M (1982):** Gesundheitsgefahrung durch Stäube in der Zahntechnik? Zahntechnik 23: 374 – 376
 76. **Kliffmuller R (1989):** Hygiene ist unumstößliches Gebot, um sich vor gefährlichen Stoffen zu schützen. dental labor XXXVII: 1830 – 1837
 77. **Klötzer WT (1973):** Gefahrung des Zahntechnikers durch Materialien. dental labor XXI: 714 – 717
 78. **Knischewski F und Grosse G:** Die theoretischen Grundlagen der Zahnprothetik Teil II: Die nichtmetallischen Werk- und Hilfsstoffe der Zahntechnik. 10. Auflage, Verlag Neuer Merkur, München (1968) S. 20
 79. **Konietzko H, Fleischmann R, Reill G und Reinhard U (1980):** Lungenfibrosen bei der Bearbeitung von Hartmetallen. Dtsch Med Wschr 105: 120 - 123
 80. **Konn G, Schejbal V und Oellig W-P:** 12. Kapitel Pneumokoniosen. In: Doerr-Seifert-Uehlinger: Spezielle pathologische Anatomie, Band 16/II, Pathologie der Lunge. Springer-Verlag (1983) S.647 – 779
 81. **Körber KH und Körber S (1998):** Experimentelle Untersuchung zur Pagenauigkeit von GFK-Bruckengerusten „Vectris“. Quintessenz Zahntech 24: 43 - 53
 82. **Kownazki MA:** Entstehung der Pneumokoniosen vom Standpunkt heutiger Erkenntnisse aus. In: Kownazki MA: Silikatosen. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1961) S. 16 - 31
 83. **Kroidel RF, Amthor M, Meier-Sydow J, Thiel CL, Kronenberger H und Riether W:** Hartmetallstaublunge bei Zahntechnikern. Vortragsmanuskript der Gesellschaft für Lungen- und Atmungsforschung, Bochum (1976)
 84. **Kronenberger H:** Pneumokoniosen bei Zahntechnikern. Habilschrift Frankfurt am Main (1987)
 85. **Kronenberger H, Nerger K und Meier-Sydow J (1983b):** Pathophysiologie der Störungen durch lungengängige Substanzen. Kongressbericht der 18. Wissenschaftlichen Tagung der Norddeutschen Gesellschaft für Lungen- und Bronchialheilkunde. Band 18 Hansisches Verlagskontor, Lübeck (1985): 401 – 407
 86. **Kronenberger H, Schröter U und Meier-Sydow J (1990):** Ergebnisse einer Fragebogenerhebung zu pulmonalen Beschwerden von Zahntechnikern: Einfluß der

- beruflichen Tätigkeitsdauer (Gesamt-Expositionszeit). *Pneumologie* 44 (Suppl 1): 247 – 249
87. **Kronenberger H, Kappos D, Munteanu M und Meier-Sydow J (1983a):** Lungenfunktionsveränderungen durch berufliche Staubbelastungen und Rauchen bei einem Zahntechnikerkollektiv. *Atemw Lungenkrkh* 9: 309 – 312
88. **Kronenberger H, Morgenroth K, Meier-Sydow J, Schneider M und Tuengerthal S (1980b):** Spurenanalyse am transbronchialen Lungenbiopat: Neue Wege in der Diagnose der Asbestose. *Verhandlung der Dtsch. Gesellschaft für innere Medizin* 86: 1155 – 1162
89. **Kronenberger H, Tuengerthal S, Meier-Sydow J, Schmidts L und Schultze-Werninghaus G (1981c):** Kasuistik zu häufigen und seltenen chronischen Inhalationsschäden. In: Meier-Sydow, ed: *Fortbildg. in Thoraxkrankheiten Band 10*, Hippokraten Verlag, Stuttgart (1981) S. 29 – 40
90. **Kronenberger H, Morgenroth K, Bönning J, Hagenauer R und Meier-Sydow J (1982):** Staubbelastung und Arbeitsplatzhygiene im Dentallabor. *Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed* 11: 278 – 281
91. **Kronenberger H, Jäger J, Meier-Sydow J, Morgenroth K und Schneider M (1985a):** Zeitliche Beanspruchung von Zahntechnikern bei der Ausübung berufstypischer Techniken und ihre Bedeutung für die inhalativen Belastungen im Dentallabor. *Prax Klin Pneumol* 39: 684 – 686
92. **Kronenberger H, Abt K, Diefenbach G, Meier-Sydow J und Tews KH:** Inhalative Belastung von Zahntechnikern. In: Hofmann und Stössel K: *1. Freiburger Symposium Arbeitsmedizin im Gesundheitswesen Arbeitsmedizin im Gesundheitsdienst, Vorträge und Podiumsdiskussionen*, Gentner Verlag, Stuttgart (1986) S. 87 – 93
93. **Kronenberger H, Abt K, Diefenbach G, Meier-Sydow J, Morgenroth K und Tews K-H:** Asbestexposition von Zahntechnikern: Ergebnisse einer Fragebogenerhebung in hessischen und nordrheinwestfälischen Dental-Laboratorien. In: Bolt HM, Piekarski C et al.: *Verhandlungen der Dtsch. Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V. (25. Jahrestagung in Dortmund, Mai 1985)* Gentner Verlag, Stuttgart (1985b): 565 – 569
94. **Kronenberger H, Morgenroth K, Tuengerthal S, Schneider M, Meier-Sydow J, Riemann H, Kroidel RF und Amthor M (1980a):** Pneumokoniosen bei einem Zahntechnikerkollektiv. *Atemw Lungenkrkh* 6: 279 – 282
95. **Kronenberger H, Morgenroth K, Tuengerthal S, Schneider M, Meier-Sydow J, Riemann H, Neger K-H and Rust M (1981a):** Pneumoconiosis in dental technicians: clinical, physiological, radiological and histological findings. *Am Rev Respir Dis* 123: 127 (abstr.)

-
96. **Kronenberger H, Schneider M, Tuengerthal S, Meier-Sydow J, Nerger KH, Riemann H, Rust M und Schmidts HL(1981b):** Differentialdiagnostische Probleme bei interstitiellen Lungenerkrankungen - Grenzen und Möglichkeiten der interdisziplinären Konferenz von Pneumologen, Pathologen und Radiologen. *Prax Pneumol* 35: 815 – 822
 97. **Kumbier D (1989):** Variante Arbeitsplatzabsaugung zur Erklärung des Gesundheitsschutzes am zahntechnischen Arbeitsplatz. *Zahntechnik* 30: 177 – 180
 98. **Kuntze A und Kuntze E:** Arbeitshygienische Komplexanalyse in der Zahntechnik der stomatologischen Kliniken der Karl-Marx-Universität Leipzig. Diplomarbeit, KMU Leipzig (1985)
 99. **Lahmann E:** IV-1.1.2 Staub und Staubinhaltsstoffe. In: Wichmann H-E, Schlipkötter H-W, Fülgraff G, (Eds.): *Handbuch der Umweltmedizin*. 10. erg. Lfg. 4 Ecomed, Landsberg/Lech (2003) S. 1 - 12
 100. **Lambert J, Hahn JU, Pfeiffer W und Siekmann H:** BIA Empfehlungen: Allgemeine Anforderungen an Messverfahren zur Feststellung der Gefahrenstoffkonzentration am Arbeitsplatz. *Arbeitsmedizin aktuell*, Lieferung 25, 11 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1989) S.145 – 158
 101. **Lammert KH:** Berufsschäden im Zahn-Mund-Kieferbereich. 1.Auflage VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1979) S. 27 -32
 102. **Lichtenstein N (Herausgebermitteilung des BIA) (2003):** Neue Messverfahren für Gefahrenstoffe. *Gefahrst Reinhalt L* 63: 57 – 58
 103. **Liebisch S (1983):** Entwicklung einer Absaugschublade für zahntechnische Arbeitsplätze. *Zahntechnik* 24: 488 – 493
 104. **Lindemann W (2002):** Mikromorphologie der Stäube bei der Bearbeitung dentaler Werkstoffe und deren Gefährdungspotential. (Kongressbroschüre) Kurzreferat der 31. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Dentale Technologie e.V., Sindelfingen (2002) S. 36 - 38
 105. **Lob M und Hugonnoud C (1977):** Pathologie pulmonaire (Lungenpathologie). *Arch Mal Prof* 38: 543 – 549
 106. **Loewen GW, Weiner D and McMahan J (1988):** Pneumoconiosis in an elderly dentist. *Chest* 93: 1312 – 1313
 107. **Lozewicz S, Davison AG, Hopkirk A, Burge PS, Boldy DAR, Riordan JF, McGivern DV, Platts BW, Davies D and Newman Taylor AJ (1985):** Occupational asthma due to methyl methacrylate and cyanoacrylates. *Thorax* 40: 836 – 839

-
108. **Ludwig K (1997):** Werkstoffkunde der Verblendkunststoffe. Quintessenz Zahntech 23: 683 - 692
 109. **Mainer H (2001):** Formgebung mit rotierenden Hartmetall-Fräswerkzeugen im zahn-technischen Labor. Quintessenz Zahntech 27: 1390 – 1404
 110. **Mašek V (1979):** Staub an Arbeitsplätzen einer Eisen- und Stahlgießerei Teil 1: Flugstaub- und Feinstaub-Bestimmungen. Zbl Arbeitsmed 5: 133 – 136
 111. **Melle B, Lenz E, Raser G und Sorge H-C (1999):** Experimentelle Untersuchung zur Bewertung metallfreier, faserarmer Brücken. Quintessenz Zahntech 25: 71 – 82
 112. **Meurer E (1983):** Staublungengefährdung bei Zahntechnikern. Quintessenz Zahntech 11: 1197 – 1200
 113. **Meyer K (1999):** Material und Verarbeitung eines lichthärtenden Komposits. dental labor LXVII: 365 – 368
 114. **Mitteilung Dental labor (1983):** Uni Frankfurt erforscht „Zahntechniker-Lunge“ Fragebogenaktion wird jetzt gestartet. dental labor XXXI: 1055
 115. **Mitteilung Quintessenz ZT (1983):** Absaugung von Feinstäuben am zahntechnischen Arbeitsplatz. Quintessenz Zahntech 9: 1201 – 1205
 116. **Mitteilung des BIA (1987):** Schutz vor Stäuben im Dentallabor. Sicherheitsbeauftragter, 22 (Suppl. 9): 36 – 39
 117. **Mitteilung des BIA (2001):** Der allgemeine Staubgrenzwert. Faltblatt der BIA September 2001
 118. **Möhler E und Paluszynski P:** Neuartige technische Mittel zur Verhütung von Staub-lungenerkrankungen. Schriftenreihe Arbeitsschutz des Instituts für Arbeitsökonomik und Arbeitsschutzforschung Dresden, Verlag Tribüne, Berlin (1956) S. 5 – 8
 119. **Mönnich H (1958a):** Entstehung schwerer Silikosen trotz gleichzeitiger Inhalation von Quarzstaub und Gipsstaub. Dtsch Ges Wesen 13: 1103 – 1106
 120. **Mönnich H (1958b):** Gipsstaub und Silikoseentstehung. In: Holstein E (Hrsg.): Staub-lungenerkrankungen. Johann Ambrosius Garth Verlag, Leipzig (1958) S.164 – 171
 121. **Morgan WKC and Seaton A:** Occupational lung diseases. WB Saunders Company, Philadelphia/London (1984)
 122. **Morgenroth K und Kronenberger H (1983):** Lungenveränderungen durch zahnärztliche Werkstoffe. Quintessenz Zahntech 9: 203 – 220

-
123. **Morgenroth K, Schneider M and Kronenberger H (1981b):** Histologic features and x-ray microanalysis in pneumoconiosis of dental technicians. *Am Rev respir Dis* 123: 127 (abstr.)
 124. **Morgenroth K, Kronenberger H, Tuengerthal H, Schneider M, Meyer-Sydow J, Riemann H, Kroidl RF und Amthor M (1981a):** Histologische Lungenbefunde bei Pneumokoniosen von Zahntechnikern. *Prax Pneumol* 35: 670 – 673
 125. **Müller H:** Staubgefährdete Arbeitsplätze. In: Bohlig H, ed: *Staublungenkrankheiten und ihre Differentialdiagnose*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1964) S. 27 – 46
 126. **Munteanu M:** Zur Frage einer Pneumokoniose bei Zahntechnikern-Klinische, funktionsanalytische und röntgenologische Ergebnisse einer Reihenuntersuchung. Dissertation aus der Abteilung für Pneumologie des Zentrums der Inneren Medizin der J.W. Goethe-Universität Frankfurt a.M. (1983)
 127. **Nayebzadeh A, Dufresne A, Harvie S and Begin R (1999):** Mineralogy of lung tissue in dental laboratory technicians' pneumoconiosis. *Am Ind Hyg Assoc Journal* (May/June) 60: 349 – 353
 128. **Olk C (1999):** Ästhetik in der Komposit-Verblendtechnik Verblendarbeiten mit dem Solidex-System von Shofu. *Quintessenz Zahntech* 25: 758 – 767
 129. **Ollagnier CH, Toltot F, Perrin LF et Bongard G (1962):** Une observation de silicose chez un mecanician dentiste [Observation of silicosis in a dental laboratory]. *Arch Mal Prof* 23: 385 – 386
 130. **Olliges M:** Staublungenerkrankungen - Wertigkeit klinischer Untersuchungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der Elementanalyse. Inaugural-Dissertation an der Hohen Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (1993)
 131. **Pangert R und Duwe K (1981):** Meßstrategie und arbeitshygienische Bewertung der Ergebnisse von Staubmessungen. *Z Gesamte Hyg* 27: 15 – 19
 132. **Pangert R, Beck B, Rebohle E, Schneider WD und Konetzke GW (1985):** Retrospektive Beurteilung von Expositionen bei der Begutachtung der chronischen Staubbronchitis als Berufskrankheit. *Z Gesamte Hyg* 31: 532 – 535
 133. **Pfannenstiel H (1978):** Formgebung mit rotierenden Werkzeugen. Kritische Betrachtung (II). *dental labor* XXVI: 208 – 211
 134. **Pfeiffer W (1984):** Praxis der Probenahmetechnik bei partikelförmigen luftfremden Stoffen zur Beurteilung der gewerbehygienischen Verhältnisse. *Arbeitsmedizin aktuell*, Lieferung 15, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1984): S. 81-91

-
135. **Pichl R und Guggenberger R (1990):** Kronen- und Brückenverblendmaterialien auf der Basis lichthärtender Komposits. Quintessenz Zahntech 16: 589 - 598
 136. **Pommer D:** Härteprüfverfahren nach Vickers, Knoop, Brinell und Rockwell für zahnärztliche Verblendkunststoffe. Dissertation aus der Abteilung für Werkstoffkunde an der Freien Universität Berlin (1991)
 137. **Pott F (1977):** Krebserzeugende faserige Feinstäube. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 8: 172 – 76
 138. **Pott F, Blome H, Bruch J, Friedberg KD, Rödelsperger K und Woitowitz H-J (1990):** Einstufungsvorschlag für anorganische und organische Fasern. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 10: 463 – 466
 139. **Purt R (1991):** Mögliche Gesundheitsgefahren durch Palladium-Basislegierungen. Quintessenz Zahntech 17: 329 – 334
 140. **Raithel HJ (1984):** Berufsbedingte Lungenfibrose bei einem Zahnarzt. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 19: 60 – 63
 141. **Reichel G:** Auf anorganische Stäube mit geringen oder fehlendem Quarzgehalt zurückgehende Lungenveränderungen. In: Schweigh H. (Hrsg.): Handbuch der Inneren Medizin. Band 4: Erkrankungen der Atmungsorgane, 1. Teil „Pneumokoniosen“; 5. Auflage; Springer-Verlag (1976) S. 467 – 497
 142. **Reichel G (1985):** Pneumokoniosen nach Exposition mit Quarz- und Asbest-freien Stäuben. Atemw Lungenkrkh 11: 253 – 259
 143. **Reisner M (1968):** Untersuchungen über die Beziehung zwischen der Staubexposition und der Pneumokonioseentwicklung im Ruhrbergbau mit einem Vorschlag für die Arbeitseinsatzlenkung. Beiträge zur Silikose-Forschung, Bochum (1968)
 144. **Reitmeier B und Hänsel J (1989):** Berufskrankheiten stomatolog. Berufsgruppen unter besonderer Berücksichtigung der Zahntechniker. Zahntechnik 30: 139 – 142
 145. **Rom WN, Lockey JE, Bang KM and Johns R (1983):** Pilot epidemiologic studie of dental laboratoy technicians. Am Rev Resp Dis 127: 159 (Suppl.)
 146. **Rom WN, Lockey JE, Lee JS, Kimball AC, Bang KM, Leaman H, Johns RE, Perrota D and Gibbons HL (1984):** Pneumoconiosis and Exposures of Dental Laboratory Technicians (Pneumokoniose und Exposition von Zahntechnikern). Am J Public Health 74: 1252 – 1257
 147. **Rosenthal T, Trinkner T and Pescatore C (1997):** A new system for posterior restorations: a combination of ceramic optimized polymer and fibre reinforced composite. Pract Period Aesthet Dent 9: 6 – 10

-
148. **Roshchin AV (1984):** Industrial toxicology of metals of the platinum group. J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol 28: 17 – 24
149. **Ruff L, Teschler H, Dierkesmann R Hellmann A und Barozok M (2003):** Bodyplethysmographie bei obstruktiven Atemwegserkrankungen und ihre Wertigkeit im Vergleich zu anderen Lungenfunktionsprüfungen. (Mitteilung im Internet unter: www.pneumologenverband.de/aktuell/download/mitteilungen/BDP_56-02-Literatur/015%20Bodyplethysmographie%20%20.pdf.)
150. **Ruppe K und Nienerowski K:** Methoden der Arbeitshygiene. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1988)
151. **Rzanny A und Welker D (2000):** Bearbeitung moderner Verblend- und Füllungskomposite (Sonderdruck). Teamwork Interdisziplinär J Proth Zahnheilkd, 3. Jahrgang: 203 – 212
152. **Scheufler C und Knirck H-D (1986):** Zur Quarzstaubbelastung am Zahntechniker-Arbeitsplatz. Zahntechnik 27: 84 – 86
153. **Schiele R und Hanslik A (1990):** Progressive Sklerodermie bei beruflicher Quarzstaub-Exposition - eine neue Berufskrankheit? In: Meyer-Falke A und Jansen G (Hrsg.): XVI. Arbeitsmedizinisches Kolloquium des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Gentner Verlag, Stuttgart (1990) S. 207 – 210
154. **Schlagowski E (1989):** Technologische Grundverfahren in der Zahntechnik. Zahntechnik 30: 134 – 137
155. **Schmalz J (1982):** Zweistufiges gravimetrisches Staubprobenahmegerät SPG 210. Staub Reinhalt Luft 42: 343 – 346
156. **Schröter U, Kronenberger H und Meier-Sydow J (1990):** Ergebnisse einer Fragebogenerhebung zu pulmonalen Beschwerden von Zahntechnikern: Einfluß der inhalativen Belastung durch Schwermetallstäube (Kobalt-Chrom-Legierung). Pneumologie 44 (Suppl 1): 322 – 324
157. **Schulz K:** Systematik der Luftschadstoffe. In: Schulz K und Petro W (Hrsg.): Pneumologische Umweltmedizin, Atmungsorgane und Umwelt. Springer-Verlag, Berlin u.a. (1998) S. 287 – 305
158. **Schultz K und Petro W:** Lungenfunktionsdiagnostik in der Pneumologischen Umweltmedizin. In: Schulz K und Petro W (Hrsg.): Pneumologische Umweltmedizin, Atmungsorgane und Umwelt. Springer-Verlag (1998) S. 165 – 201
159. **Schwaß D (1984):** Meßgeräte zur Bestimmung der Staubkonzentration am Arbeitsplatz. Arbeitsmedizin aktuell, Lieferung 15, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 139-143

-
160. **Seifert B und Salthammer T**: IV-1.2 Innenräume. In: Wichmann H-E, Schlipkötter H-W, Fülgraff G (Eds.): Handbuch der Umweltmedizin. 26. Erg. Lfg. 2 (1997) Ecomed, Landsberg/Lech S. 1 – 31
161. **Seldén AI, Persson B, Bornberger-Dankvardt SI, Winström LE and Bodin LS (1995)**: Exposure to cobalt chromium dust and lung disorders in dental technicians. Thorax 50: 769-772
162. **Seldén A, Sahle W, Johannsson L, Sörenson S and Persson B (1996)**: Three cases of dental technician`s pneumoconiosis related to cobalt- chromium- molybdenum dust exposure. Chest 109: 837 – 842
163. **Sherson D, Maltbaek N and Olsen O (1988)**: Small opacities among dental laboratory technician in Copenhagen. Brit J Ind Med 45: 320 – 324
164. **Sherson D, Maltbaek N and Heydorn K (1990)**: A dental technician with pulmonary fibrosis: a case of chromium-cobalt alloy pneumoconiosis? Eur Respir J 3: 1227 – 1229
165. **Siebert M (1983)**: „Problem Feinstaub“: Eine Bestandaufnahme der geltenden Vorschriften. dental labor XXXI: 1525 – 1527
166. **Siltzbach LE (1939)**: The Silicosis Hazard in Mechanical Dentistry. JAMA 113: 1116 – 1119
167. **Smidt U**: Referenzwerte für die Lungenfunktionsdiagnostik. In: Ferlinz R, ed: Diagnostik in der Pneumologie. Thieme Verlag, Stuttgart (1986) S. 424 – 440
168. **Smidt U und Nerger K (1976)**: Sollwerte - Normwerte - Referenzwerte. Atemw Lungenkrkh 2: 174 – 191
169. **Springer E**: Grundlagen der Arbeitshygiene. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1979)
170. **Staberow M**: Kurzfristiger Einsatz partikelfiltrierender Staubmasken bei chronisch obstruktiver Atemwegserkrankung. Dissertation im Fachbereich Medizin, Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der Universität Hamburg (1995)
170. **Stahlhofen W, Scheuch G und Kronenberger H (1984)**: Die Regionaldeposition von Aerosolteilchen im Atemtrakt von Zahntechnikern. dental labor XXXII: 1007 – 1009
171. **Stapper H (1990)**: Arbeitssicherheit in der Zahntechnik. Zahntechnik 31: 243-244
172. **Stokinger HE**: The metals. In: Clayton GD and Clayton FE, ed.: Patty`s Industrial Hygiene and Toxicologie. 3rd Revised Edition, Volume 2A.: Toxicology. New York-Chichester-Brisbane-Toronto, John Wiley and Sons (1981)
173. **Straube W und Kretzschmar H (1960)**: Beitrag zur Vermeidung der Silikosegefahr beim Polieren zahntechnischer Arbeiten. Dtsch Stomat 10: 625 - 628

-
174. **Szadkowski D, Zietz M, Angerer J und Birke R (1987):** Gesundheitsgefahren durch Stäube im Dentallabor. *Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed* 2: 29 – 33
 175. **Trendelenburg F (1985):** Pneumokoniosen durch organische und nichtorganische Stäube (außer Silikose und Asbestose). *Prax Klin Pneumol* 39: 698 – 702
 176. **TRGS 402:** Technische Regeln für Gefahrenstoffe. Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (Ausgabe November 1986), *BArbBl* (1986) Nr. 11: 92 – 96
 177. **TRGS 900:** Technische Regeln für Gefahrenstoffe. MAK-Werte 1986 (Ausgabe November 1986), *BArbBl* (1986) Nr. 11: 37 - 91
 178. **Trilck HJ und Vollmer D (1989):** Arbeitshygienische Studie zur Staubbelastung bei der Bearbeitung von NiCr- und CoCr-Legierungen im zahntechnischen Labor. *Stomatol DDR* 39: 544 – 553
 179. **Ulmer WT (1979):** Klinik und Prophylaxe der Pneumokoniosen durch anorganische Stäube. *Prax Pneumol* 33 (Suppl 1): 633 – 639
 180. **Vollmer H-J, Krempien W-M und Khler S (1985):** Gestaltung einer Arbeitsplatzabsaugung für einen Zahntechniker-Arbeitstisch. *Zahntechnik* 26: 132 – 134
 181. **Vollmer D, Winkel L und Trilck HJ (1988):** Untersuchungen zur Schwermetall-Exposition der Zahntechniker. *Z Gesamte Hyg* 34: 317 – 319
 182. **Walkenhorst W:** Physikalische Eigenschaften von Stuben sowie Grundlagen der Staubmessung und Staubbekämpfung. In: Schweigh H (Hrsg.): *Handbuch der Inneren Medizin Band 4: Erkrankungen der Atmungsorgane, 1. Teil: „Pneumokoniosen“*; 5. Auflage; Springer-Verlag (1976) S. 11-65
 183. **Welker D (2000):** Zahnmedizinische Werkstoffe - ein biologisches Risiko? *Zahn Prax* 4: 310 - 319
 184. **Welker D (2001):** Zum toxikologischen und allergologischen Risiko von Dentalwerkstoffen für Zahntechniker und Patienten. *Quintessenz Zahntech* 27: 57 – 62
 185. **Wichnalek N (1999):** Metallfreie Inlays, Veneers und Kronen aus Artglass. *Quintessenz Zahntech* 25: 850 – 866
 186. **Willard JJ et Personne CL (1969):** Note medicale concernant une silicose nodulaire. *J Eur Toxicol* 2: 79 – 82
 187. **Winkel A und Walter E:** Staub am Arbeitsplatz. *RKW-Reihe Arbeitsphysiologie - Arbeitspsychologie*, Beuth Verlag, Berlin (1964) S. 7 – 36

188. **Woitowitz H-J und Rödelsperger K (1998):** Grenzwerte für chemische Einwirkungen an Arbeitsplätzen: Der neue Allgemeine Luftgrenzwert für Stäube. Arbeitsmed Sozialmed. Präventivmed 33: 344 – 349
189. **Worth G (1975a):** Staublungenerkrankungen Teil 1. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 2: 42 – 44
190. **Worth G (1975b):** Staublungenerkrankungen Teil 2. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 3: 63-64
191. **Würz C:** Beitrag zur Analyse der Staubemission bei der Fräsbearbeitung von Bauteilen aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen. Dissertation, RWTH Aachen, (1999)
192. **Ziegler W und Meyer E (1991):** Effektivität verschiedener dentaler Staubabsaug-Anlagen beim Bearbeiten von Kobalt-Chrom-Legierungen. Dtsch Stomatol 41: 303 – 305
193. **Zukunft D (1978):** Werkstoffe für Modellgußprothesen. Zahntechnik 19: 155 – 161

10 Umweltmedizinischer Fragebogen

Sehr geehrte(r) Zahntechniker(in),

zur Unterstützung einer wissenschaftlichen Arbeit bitte ich Sie die nachfolgenden Fragen genau durchzulesen. Versuchen Sie bitte, den Fragebogen nach bestem Wissen auszufüllen. Ich möchte mit Hilfe Ihrer Antworten mögliche berufsbedingte Erkrankungen erfassen und auswerten. Selbstverständlich wird dies auf anonymem Weg erfolgen!

Ich bedanke mich schon jetzt recht herzlich für Ihre Mitarbeit und Ihr Entgegenkommen. Falls sich Fragen ergeben sollten, so stehe ich Ihnen gern zur Verfügung.

Symbolerklärung!

In dieses Kästchen bitte nur Zahlen eintragen! (Bsp.:)

Erscheint dieses Symbol , setzen Sie bitte ein Kreuz in dieses Feld, wenn diese Antwort zutrifft! (Bsp.:)

Bei einigen Fragen sind auch Wörter zu schreiben. Diese sind auf den vorgegebenen Linien einzutragen (_____)!

1. Persönliche Daten

Name: Vorname:

Probanden-Nr.: geb.am:

Geschlecht:

Raucheranamnese: Raucher Extraucher (über 1 Jahr = Nichtraucher)
 Nichtraucher

Wenn „Raucher“, wie viele Zigaretten Zigarren Pfeifen am Tag?
seit wie vielen Jahren: ?

2. Berufsausübung

Wie viele Jahre sind Sie schon als Zahntechniker(in) tätig? Jahre.

Haben Sie vor Ihrer Zeit als Zahntechniker andere Berufe ausgeübt?

ja nein

Wenn „ja“, welche(n)? _____

Bitte beschreiben Sie Ihren Arbeitsplatz:

Haben Sie zu tun mit: (Zutreffendes bitte ankreuzen!)

Lösungsmittel Keramik Asbest
 Kunststoffverarbeitung: wenn „ja“, welche? PMMA Artglass Targis
 Vectris Espe Sinfony

Andere: _____

Welche Vorerkrankungen, die Atmungsorgane betreffend, haben bzw. hatten Sie?

- chronische Bronchitis Lungenentzündung Asthma
 Pneumokoniose (Staublungense/Silikose/Asbestose) chronischer Husten
 ständige Behinderung der Nasenatmung chronischer Schnupfen
 Heuschnupfen keine
 Sonstige: _____

Bestehen derzeit Beschwerden, wenn „ja“, welcher Art?

(Zutreffendes bitte ankreuzen!) ja nein

- Bindehautentzündung Niesanfälle/Nasenlaufen
 Behinderung der Nasenatmung Husten mit Auswurf
 Atembeklemmung trockener Reizhusten
 Atemnot: chronisch anfallsweise (Asthma) mit hörbarem Pfeifen
 in Ruhe bei Anstrengungen

Falls anfallsartig Nasen- oder Atembeschwerden bei Ihnen auftreten, wann haben diese begonnen? Vor Jahren

Anlass: _____

Sind die angegebenen Beschwerden: immer häufig zeitweise selten?

Wann und wodurch treten die Beschwerden auf:

- bei zahntechnischen Arbeiten: Welche? _____
 bei körperlicher Anstrengung
 in Ruhe
 in der häuslichen Wohnung
 zu bestimmten Jahreszeiten
 Andere Gelegenheiten: _____

Nehmen Sie gegen die Beschwerden Medikamente ein? ja nein

Wenn „ja“, welche: _____

Wie viele Krankheitstage haben Sie ungefähr im Jahr? ca. Tage

Welche Erkrankungen lagen dabei vor? _____

Gibt es weitere Umwelteinflüsse auf die Sie Ihre Beschwerden zurückführen?

ja nein

Wenn „ja“, z. B.:

- das Arbeitsumfeld Rauchergewohnheiten
 Wohnlage: Industriegebiet Land Großstadt Kleinstadt
 Wohninnenraum: Altbau Neubau
 Haustiere
 Ausübung eines Hobbys mit besonderen Einwirkungen: _____,
 dabei Kontakt mit: _____
 dabei auftretende Beschwerden: _____

Andere: _____

Zeigen Sie Auffälligkeiten an den Händen oder im Gesicht?

ja nein

Wenn „ja“: abnorme Trockenheit Ausschlag/Ekzem

Andere Auffälligkeiten: _____

Gibt es Kollegen und Kolleginnen, die unter den gleichen bronchialen Beschwerden leiden? ja nein

Befinden sich in Ihrem häuslichen Umfeld ähnliche Fälle, Ihre Symptome betreffend?

ja nein

Wurden schon spezielle Untersuchungen auf Grund Ihrer Beschwerden durchgeführt?

ja nein

Wenn „ja“, welche: Allergietestungen

Lungenfunktionsuntersuchung

röntgenologische Thoraxaufnahme

Andere Untersuchungen: _____

10 Anhang

Lebenslauf

Persönliches

Name: Jacqueline Göhler
geboren am: 09.07.1978 in Gera
Familienstand: ledig

Schulbildung

09/1985 – 08/1989 Grundschule Hermsdorf
09/1989 - 08/1991 Oberschule Hermsdorf
09/1991 - 06/1997 Gymnasium Hermsdorf
Abschluss: Abitur (1,3)

Hochschulbildung

10/1997 - 01/2003 Studium der Zahnmedizin
an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
(10 Fachsemester, 6 Monate Prüfungssemester)
07/1998 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
03/2000 Zahnärztliche Vorprüfung
seit 06/2000 Promotionstätigkeit am Institut für Arbeits-, Sozial- und
Umweltmedizin
01/2003 Abschluss: Staatsexamen (Prädikat: sehr gut)
04/2003 Erhalt des Graduiertenstipendiums der FSU Jena für ein Jahr

Praktika

06/1996 Schülerpraktikum in einem Zahntechniklabor
09/1998 Praktika in einer Zahnarztpraxis während der Semesterferien
08/2001 Praktika in einer Zahnarztpraxis während der Semesterferien
03/2002 Praktika in einer Zahnarztpraxis während der Semesterferien

Waldeck, den 29.08.2003

Danksagung

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. R. Schiele am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, danke ich für die Überlassung des Themas sowie die großzügige Unterstützung und fachliche Betreuung bei der Anfertigung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. R. Bartsch, Frau Dr. Scheidt-Illig und Frau Trommler, welche mir jederzeit tatkräftig zur Seite standen. Mein Dank geht auch an die Arbeitsgruppe Raumklimatologie des Institutes für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin in Erfurt unter der Leitung von Herrn Dr. Witthauer, welche die Auswertung der Passivsammlermessung vornahmen und eine Zuarbeit lieferten.

Großer Dank gilt auch Prof. Dr. med. dent. D. Welker und seinen Mitarbeitern der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde an der FSU Jena, für die Bereitstellung der Untersuchungsräume, Werkstoffe sowie Werkzeuge. Die gute fachliche Beratung und Zusammenarbeit mit ihnen haben einst zur Fertigstellung dieser Dissertation geführt.

Frau Kaiser danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung der Versuchsreihen am Rasterelektronenmikroskop im Institut für Ultrastrukturforschung Jena.

Frau Dr. Seidel und Frau Cebulla möchte ich für die Anfertigung und Auswertung der Lungenfunktionprüfung Dank aussprechen.

Mein Dank geht auch an all die Zahntechniker, welche sich an der Fragebogenerhebung und Lungenfunktionsprüfung beteiligt haben.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes unterstützt haben: Herr Prof. Dr. med. R. Schiele, Herr Dr. R. Bartsch, Herr Prof. Dr. med. dent. D. Welker, Frau Dr. Seidel und Frau R. Trommler,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und das Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Waldeck, den 29.08.2003