

2 Literaturübersicht

2.1 Definition von Mundgeruch

Mundgeruch (syn. oral malodor, bad breath, Halitosis, foetor ex ore) ist ein unangenehmer, übelriechender Geruch im Bereich der Mundhöhle. Das Symptom Mundgeruch impliziert jedoch nicht automatisch die Ursache.

Seit der ersten Veröffentlichung zur Terminologie im Jahre 1939 (Sulser et al. 1939) gab es immer wieder Versuche, eine eindeutige Abgrenzung unter Berücksichtigung der Ursachen zwischen den Synonyma zu schaffen, jedoch sind die Übergänge fließend. Crohn und Drosd (Crohn 1941) empfahlen die Verwendung des Begriffes *foetor ex ore* für von Mund- und assoziierten Nasennebenhöhlen ausgehende Gerüche. Der Begriff *Halitosis* sollte nur für üble Gerüche mit systemischem Ursprung gebraucht werden.

Touyz (Touyz 1993) unterscheidet vier Untergruppen: foetor ex ore, Halitosis, Stomatodysodia und Ozostomia. Unter *foetor ex ore* (lat.: foetor = starker Geruch; os = Mund) versteht er einen pathologischen Geruch, der vor allem durch pathologische Erscheinungen im Bereich der Mundhöhle hervorgerufen wird. *Halitosis* dagegen (lat.: halitus = Atem) hat ihre Ursache in systemischen metabolischen oder gastrointestinalen Erkrankungen bzw. pathophysiologischen Dysfunktionen. *Stomatodysodia* (griech. stoma = Mund; disodia = schlechter Geruch) ist dagegen ein Geruch, der aufgrund eines pathologischen Prozesses im Bereich des unteren Respirationstraktes entsteht. Unter *Ozostomia* (griech. ozo = riechen; stoma = Mund) versteht man einen eitrigen Geruch, der v. a. aus dem oberen Respirationstrakt wie Pharynx, Larynx respektive Nase stammt.

Unter der Festlegung, dass Mundgeruch bzw. schlechter Atem als Symptom und nicht als eine Erkrankung angesehen wird, können die Begriffe Halitosis und Mundgeruch synonym gebraucht werden (Lucente et al. 1993). Zur Vereinfachung der Problematik soll dies im Folgenden so gehandhabt werden.

2.2 Epidemiologie der Halitosis

Zur Epidemiologie der Halitosis liegen nur sehr wenig verwertbare Studien vor, jedoch lässt sich annehmen, dass es ein Problem ist, das weite Teile der Bevölkerung betrifft.

Nach Miyazaki et al. leiden 25% der japanischen Bevölkerung zumindest gelegentlich und 6% dauerhaft unter Mundgeruch (Miyazaki et al. 1995). Andere Autoren geben die Prävalenz dieses ernsthaften Problems innerhalb der nordamerikanischen Bevölkerung mit 20% an (Brunette et al. 1998). Delanghe et al. (Delanghe et al. 1996) postulieren, dass mehr als 50% der europäischen Bevölkerung zumindest am Morgen einen wahrnehmbaren Mundgeruch haben. Aufgrund des diskontinuierlichen Auftretens haben weitestgehend alle Teile der Bevölkerung periodische Erscheinungen von Mundgeruch (Tonzetich 1977).

In einer von Seemann durchgeführten Fragebogen-Studie in einer zahnärztlichen Fachzeitschrift gaben 76% von 520 teilnehmenden Zahnärzten an, gelegentlich und weitere 7% dauerhaft unter Mundgeruch zu leiden. 58% der Befragten kannten Kollegen, die dauerhaft von Halitosis betroffen waren (Seemann 1999).

2.3 Mögliche Ursachen einer Halitosis

Eine Übersicht über die verschiedenen Formen der Halitosis wurde von Miyazaki et al. erarbeitet und von Yaegaki sowie Seemann modifiziert (Tab. 2-1).

In der Mehrzahl der Fälle entsteht Mundgeruch in der Mundhöhle als Ergebnis mikrobiellen Stoffwechsels (McNamara et al. 1972, Tonzetich 1977, Claesson et al. 1990) und kann für die betroffenen Personen die Ursache für schwer wiegende soziale und psychologische Probleme sein (Hine 1956).

Delanghe et al. (Delanghe et al. 1996, Delanghe et al. 1999) untersuchten das Patientengut einer belgischen Spezialsprechstunde für Mundgeruch hinsichtlich der Ursachen (Abb. 2-1). In 86% der Fälle lag eine orale Ursache vor. Auf den Hals-Nasen-Ohren-Bereich entfielen 5%, weitere 3% ergaben sich aus kombinierten Ursachen im oralen sowie HNO-Bereich. In beiden Studien konnte nur in maximal einem Prozent der Fälle eine eindeutige gastrointestinale Ursache diagnostiziert werden.

Tab. 2-1 Halitosis Klassifikation (Miyazaki et al. 1999), modifiziert von Yaegaki et al. sowie Seemann (Yaegaki et al. 2000, Seemann 2002)

Klassifikation	Merkmale
I echte Halitosis	Deutlicher Foetor über dem sozial verträglichen Level.
A) physiologische Halitosis	Temporär auftretender Foetor mit Ursprung in der Mundhöhle, wobei weder eine spezielle Erkrankung noch ein pathologischer Prozess vorliegt. Geruchsquelle ist meist der dorsale Anteil des Zungenrückens.
B) pathologische Halitosis	Temporär auftretender Foetor aufgrund des Genusses bestimmter Nahrungs- und Genussmittel (Knoblauch, Alkohol) sollte ausgeschlossen werden. Orale Ursache: Foetor durch pathologischen Prozess innerhalb der Mundhöhle Foetor durch Zungenbelag, modifiziert durch pathologische Zustände (z. B. Parodontopathien, Xerostomie) Extraorale Ursache: Foetor aus dem HNO-Bereich (z. B. nasal, paranasal, laryngeal) Foetor aus dem Atmungs- und dem oberen Verdauungstrakt Foetor aufgrund anderer Allgemein-Erkrankungen (z. B. Diabetes, Leberzirrhose, Urämie)
II Pseudo-Halitosis	Patient klagt über Mundgeruch, obwohl von anderen Personen dieser nicht wahrgenommen werden kann. Die Situation verbessert sich durch Aufklärung des Patienten mit Hilfe von Literatur und der Besprechung der Untersuchungsergebnisse.
III Halitophobie	Patient klagt über Mundgeruch, obwohl dieser von anderen Personen nicht wahrgenommen werden kann. Der Patient ist durch intensive Aufklärung und Besprechung der Untersuchungsergebnisse nicht davon zu überzeugen, dass kein Foetor vorliegt.

In einer deutschen interdisziplinären Mundgeruchsprechstunde wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt 407 Patienten untersucht und behandelt (Seemann et al. 2004). In 92,7% der Fälle mit objektivierbarem Mundgeruch lag eine orale Ursache vor. Für die restlichen 7,3% konnte eine extraorale Ursache der Geruchsbildung bestimmt werden (Abb. 2-2).

Die immer noch bei vielen Personen - auch Zahnärzten - vorhandene Annahme, dass bei Mundgeruch in der Regel eine Ursache im Gastrointestinaltrakt oder des Stoffwechsels vorliege (Seemann 1999, Seemann 2000), ist längst obsolet. Trotzdem unterzogen sich von den Patienten ohne objektivierbaren Mundgeruch 36% im Vorfeld des Besuches der deutschen Mundgeruchsprechstunde einer Gastroskopie und weitere 14% einer HNO-Operation (meist Tonsillektomie) (Seemann et al. 2004).

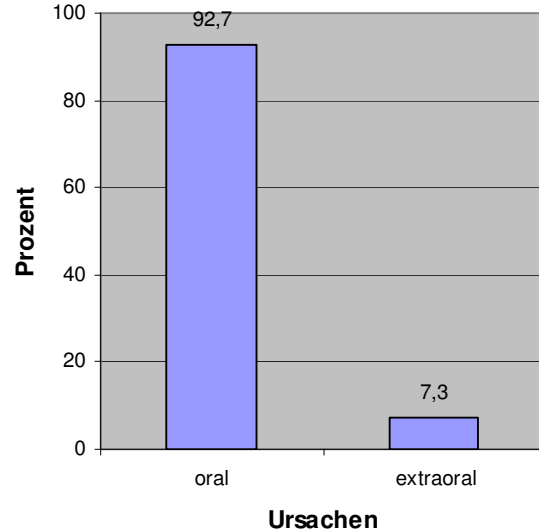
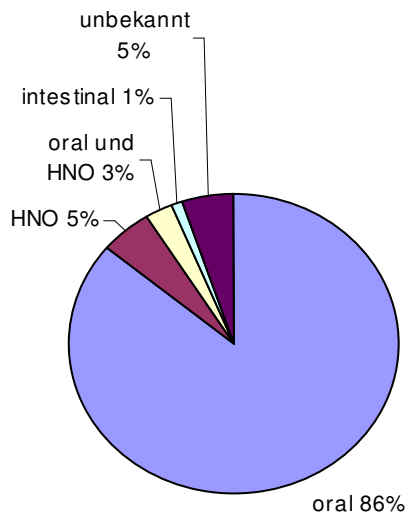


Abb. 2-1: Verteilung der Ursachen für Mundgeruch (Delanghe et al. 1999).

Abb. 2-2: Verteilung der Ursachen für Mundgeruch in einer deutschen interdisziplinären MG-Sprechstunde (Seemann et al. 2004).

Aufgrund der Komplexität und engen Vernetzung ursächlicher Faktoren für eine Halitosis ist eine interdisziplinäre Sprechstunde bestehend aus einem Zahnarzt, einem Hals-Nasen-Ohren-Spezialisten, einem Facharzt für Innere Medizin sowie einem Psychologen wünschenswert, wie im Folgenden herausgearbeitet werden soll.

2.3.1 Orale Ursachen

Der Pathogenese oral bedingten Mundgeruchs liegt eine anaerobe Bakterienaktivität zugrunde, in deren Folge v. a. flüchtige Schwefelverbindungen (Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan und Dimethylsulfid) durch Abbau von Eiweißen entstehen (Tonzetich et al. 1964, Tonzetich 1971). Der metabolische Prozess der bakteriellen Fäulnis ist diphasisch. Im ersten Schritt entstehen infolge der Hydrolyse von Peptiden und Proteinen verschiedene Aminosäuren. Danach erfolgt die Zerlegung dieser Aminosäuren in eine Reihe von Endprodukten, von denen einige flüchtig und übelriechend sind (Kleinberg et al. 1999). An den Abbauprozessen sind insbesondere gramnegative anaerobe Bakterien wie *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*

und *Treponema denticola* beteiligt, die auch bei parodontalen Erkrankungen zu finden sind (Tonzetich 1971, De Boever et al. 1995).

Als organische Substrate dienen Eiweißreste der täglichen Ernährung, Zelldebris, abgeschilferte Epithelzellen, sowie Blutbestandteile und Wirtssekrete wie Speichel und Sulkusflüssigkeit (Tonzetich 1971, De Boever et al. 1996). Insbesondere schwefelhaltige Aminosäuren (Methionin, Cystein und Cystin) tragen zur Bildung flüchtiger Schwefelverbindungen bei (Kleinberg et al. 1999). Durch den proteolytischen Abbau und Wasserstoffanlagerung entsteht aus Cystein Schwefelwasserstoff, aus Methionin Methylmercaptan und aus Cystin Dimethylsulfid.

Auch die weniger flüchtigen Diamine, Kohlenwasserstoffe mit zwei Aminogruppen, die durch Decarboxylierung aus Diaminosäuren entstehen, können eine Schlüsselrolle bei Mundgeruch spielen. So entsteht aus Ornithin das Diamin Putreszin und aus Lysin entsteht Kadaverin. Auch Indol und Skatol, zwei Abbauprodukte des Tryptophans, und kurzkettige Fettsäuren aus Valin, Leucin oder Isoleucin können Ursache einer Halitosis sein (Goldberg et al. 1994, Goldberg et al. 1997, Kleinberg et al. 1997, Kleinberg et al. 1999).

Innerhalb der oralen Ursachen von Mundgeruch entfallen nach Delanghe (Delanghe et al. 1996) 41% auf das Vorhandensein von Zungenbelag, 31% auf Gingivitis und 28% auf eine bestehende Parodontitis (Abb. 2-3).

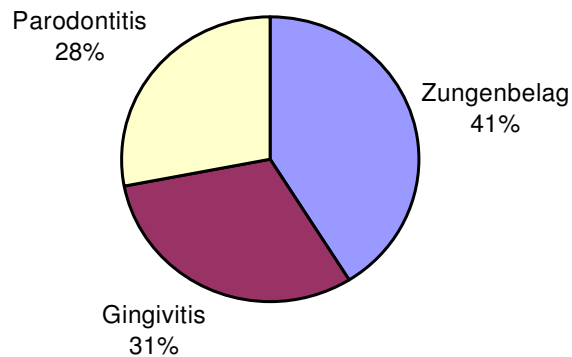


Abb. 2-3: Verteilung der oralen Ursachen für Mundgeruch nach Delanghe (Delanghe et al. 1996).

2.3.1.1 Die Rolle der Zunge

Die besondere Morphologie der Zunge, die durch Fissuren und depapillierte Areale charakterisiert ist, bietet hervorragende Voraussetzungen zur Retention von Nahrungsbestandteilen und Bakterien. Untersuchungen von De Boever (De Boever et al. 1995) ergaben, dass das Vorhandensein tiefer Fissuren zum einen mit der Gesamtzahl von Bakterien und Mikroorganismen und zum anderen mit signifikant höheren Werten für Mund- und Zungengeruch korrelierte.

Die Mikroflora des Zungenbelages wurde in verschiedenen Studien als vorwiegend anaerobe Mikroflora mit einer großen Variabilität und Diversität charakterisiert (Loesche et al. 2002), deren Ausbildung auf den Abfall des Sauerstoffgehaltes zurückzuführen ist (van Steenberghe et al. 1996). Die Mikroflora beinhaltet Bakterien-Spezies aus allen oralen Nischen, einschließlich denjenigen aus subgingivalen Regionen (Roldan et al. 2003). Parodontalpathogene wie *P. gingivalis*, *P. intermedia*, *A. actinomycetemcomitans*, *E. corrodens* und orale Spirochäten wurden nachgewiesen und können noch während konservativer Parodontaltherapie zur Rückbesiedlung der bereits behandelten Zahnoberflächen führen (Quirynen et al. 1995). Somit erlangt der Zungenbelag als Keimreservoir große Bedeutung. Eine Arbeitsgruppe um Vasilakis (Vasilakis et al. 1981) fand heraus, dass nach täglicher Zungenreinigung bei Ratten die interdentale Plaqueneubildung deutlich reduziert war.

Im Bereich der Fissuren, Krypten und Papillen können sich darüber hinaus große Mengen Zungenbelag bilden, der neben Bakterien aus desquamierten Epithelzellen, Leukozyten und anderen Blutbestandteilen und Nahrungsrückständen besteht (Yaegaki et al. 1992). Delanghe, Ghyselen et al. (Delanghe et al. 1996) publizierten, dass auf den Zungenbelag innerhalb der Gruppe der oralen Ursachen bei der Entstehung von Mundgeruch 41% entfallen. Positive Korrelationen bestehen zwischen dem Vorhandensein respektive der Menge von Zungenbelag und der Menge flüchtiger Schwefelverbindungen sowie organoleptischer Parameter (De Boever et al. 1995, Miyazaki et al. 1995, Quirynen et al. 1998). Fehlender mechanischer Abrieb durch zu weiche Nahrung, vor allem im höheren Lebensalter, kann entsprechend zu gesteigertem Mundgeruch führen (Christensen 1998, Kison 2004).

Die Zusammensetzung des Zungenbelages unterliegt vielen modifizierenden Einflüssen wie z. B. Speichelfluss, Alter, Mundhygiene und parodontalen Verhältnissen (Yaegaki et al. 1992). Sowohl bei Gesunden als auch bei parodontal Erkrankten ist der

Zungenbelag im dorsalen Bereich der Zunge als ein Hauptfaktor bei der Entstehung von Mundgeruch und Freisetzung von flüchtigen Schwefelverbindungen anzusehen (Yaegaki et al. 1992, Bony et al. 1994, De Boever et al. 1995).

Die Arbeitsgruppe um Quirynen postuliert, dass der Zungenbelag - und nicht die Bakterien - für die Entstehung von Mundgeruch verantwortlich ist (Quirynen et al. 1998). Diese Vermutung basiert darauf, dass es bei Patienten mit profunder Parodontitis nach erfolgter Parodontaltherapie zu signifikanten Reduktionen innerhalb organoleptischer Parameter kam, obwohl keine quantitative Veränderung bezüglich der im Bereich des Zungenrückens befindlichen Mikroorganismen stattfand. Nach ihrer Einschätzung tragen wahrscheinlich Blutmetabolite, Nahrungsrückstände und desquamierte Epithelzellen durch Gärungsprozesse maßgeblich zur Entstehung von flüchtigen Schwefelverbindungen bei.

Zur Quantifizierung des Zungenbelages bietet sich der Zungenbelag-Index nach Winkel an (Winkel et al. 2003), welcher die Zunge in sechs Regionen einteilt und in Abhängigkeit von der Dicke des vorhanden Belages eine Einteilung gemäß einer Skala von 0 (kein Belag) über 1 (leichter Belag) zu 2 (dicker Belag) vornimmt. Nach Addition aller Werte ergibt sich der Zungenbelags-Index.

Alternativ kann der Zungenbelag auch nach Miyazaki bestimmt werden (Tab. 2-2) (Miyazaki et al. 1995).

Tab. 2-2: Zungenbelagsindex nach Miyazaki (Miyazaki et al. 1995)

Grad	Zungenbelag
0	kein sichtbarer Belag
1	weniger als ein Drittel der Zungenoberfläche ist belegt
2	weniger als zwei Drittel der Zungenoberfläche sind belegt
3	mehr als zwei Drittel der Zungenoberfläche sind belegt

2.3.1.2 Gingivitis

Etwa 40% der adulten Bevölkerung leiden an Gingivitis. Bereits Hippokrates stellte den Zusammenhang zwischen entzündetem Zahnfleisch und Halitosis wie folgt dar: „Wird das Zahnfleisch wieder gesund, verschwindet auch der schlechte Atem“ [zitiert bei (Geist 1956)]. Gingivitis ist neben einem Symptom systemischer Erkrankungen und als Medikamentennebenwirkung als Ausdruck unzureichender Mundhygiene anzusehen. Insbesondere in den Interdenträumen kommt es zu einer Plaque- und

Bakterienakkumulation, die neben dem Vermögen, Karies zu induzieren, auch in der Lage ist, die Gingiva zu entzünden und einen Anstieg der Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen hervorzurufen. Zusätzliche Retentionsstellen wie überstehende Füllungs- respektive Kronenränder, Rauigkeiten bzw. Porositäten und Zahnfleischtaschen können die Entstehung einer Gingivitis begünstigen.

Verschiedene Studien belegen einen Zusammenhang zwischen insuffizienter Mundhygiene und dem Auftreten erhöhter Messwerte für Mundgeruch (Morris et al. 1949, Maita 1996, Seemann 1999, Nogueira-Filho et al. 2002, Seemann et al. 2004). Bei Personen, die 24 Stunden auf jegliche Mundhygiene verzichteten, führte einmaliges Putzen zu einer signifikanten Reduktion der VSC-Konzentration (Maita 1996). Im Rahmen einer professionellen Zahnreinigung kommt es ebenfalls zu einer deutlichen Abnahme mundgeruchassoziierter Parameter (Morris et al. 1949, Seemann et al. 2004). Dennoch entwickelt nicht jeder Patient mit unzureichender Mundhygiene eine Halitosis. Als unentbehrliche Kofaktoren gelten neben Schlupfwinkeln in Form von Zahnfleischtaschen und überstehenden Restaurationsrändern Bakterienmenge und -art (Seemann 2000). Unter den Mikroorganismen befinden sich zahlreiche parodontalpathogene Keime; die große Nähe zur Parodontitis ist offenkundig.

2.3.1.3 Parodontitis

Aus einer chronischen Gingivitis kann sich durch fortschreitenden Verlust von Attachment eine Parodontitis entwickeln. Unter der Vielzahl der parodontalpathogenen Mikroorganismen wurden verschiedene Vertreter in In-vitro-Studien identifiziert, die als Monokultur Schwefelverbindungen und üble Gerüche produzieren, welche jedoch mit dem natürlich auftretenden Mundgeruch niemals identisch sind (Seemann 2000). Zu diesen parodontalpathogenen Mikroorganismen zählen *Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Haemophilus spp.*, *Veillonella spp.* sowie *Fusobacterium spp.* (Richter et al. 1964, Tonzetich 1971, Persson et al. 1989, Claesson et al. 1990, Persson et al. 1990, Kleinberg et al. 1997). Als wichtigste Erzeuger schwefelhaltiger Verbindungen werden *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* und *Treponema denticola* angesehen (Richter et al. 1964, Tonzetich 1971). Kostelc et al. (Kostelc et al. 1984) und weitere zeigten (Coil et al. 1992, Yaegaki et al. 1992), dass Patienten mit Parodontalerkrankungen mehr Mundgeruch und eine höhere Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen (VSC) aufweisen als Patienten mit

gesundem Parodontium. Hier kommt der Schwere der Erkrankung, ausgedrückt durch Anzahl und Tiefe der vorhandenen Parodontaltaschen, großes Modifikationspotenzial zu (Tonzetich 1978, Yaegaki et al. 1992, Yaegaki et al. 1992). Blutende respektive tiefe Taschen weisen höhere VSC-Konzentrationen als gesunde oder weniger tiefe Taschen auf (Rizzo 1967, Coil et al. 1992, Persson 1992). Die Bildung flüchtiger Schwefelverbindungen wird wahrscheinlich durch Blut gefördert, da dies ein essentielles Substrat für diesen Prozess darstellt (Tonzetich et al. 1969). In entzündeten tiefen Taschen ist die Konzentration von Methylmercaptan und Diaminen im Vergleich zu Schwefelwasserstoff höher (Coil et al. 1992, Goldberg et al. 1996). Daraus erklärt sich, warum das Verhältnis von Methylmercaptan zu Schwefelwasserstoff in der Atemluft von Parodontitispatienten mit der Schwere der Erkrankung zunimmt (Yaegaki et al. 1992).

Flüchtige Schwefelverbindungen sind potenziell in der Lage, die Permeabilität der gingivalen Weichgewebe zu verändern, Entzündungsreaktionen hervorzurufen und die Funktion gingivaler Fibroblasten zu modulieren (direkte Toxizität) (Ratcliff et al. 1999). Gesunde Gingiva zeigte nach lokaler Applikation von Lipopolysacchariden (LPS) keine Veränderung im Sinne einer entzündlichen Reaktion, wohingegen nach Exposition gesunder Gingiva mit Schwefelwasserstoff eine erleichterte Penetration von LPS stattfand und sich dies in einer Entzündungsreaktion äußerte (Persson 1993). Ng (Ng et al. 1984) wiesen nach, dass sich nach Methylmercaptan- bzw. Schwefelwasserstoff-Exposition die Permeabilität der nichtkeratinisierten oralen Mukosa für Endotoxine und Prostaglandin E₂ um 103% respektive 75% erhöhte. Expositionsdauer und Konzentration der flüchtigen Schwefelverbindungen beeinflussten das Ansteigen der Permeabilität. Von Johnson (Johnson et al. 1992) wurde gezeigt, dass VSCs tief in die Weichgewebe eindringen können, wo sie destruktive Prozesse (Kollagen- und Proteinabbau, reduzierte Synthese von Kollagen, Proteinen und DNA) im nichtkeratinisierten Epithel, der Basalmembran und in der Lamina propria bedingen können. Darüber hinaus regen sie die Produktion von Sauerstoffradikalen durch polymorphkernige Granulozyten an (Yaegaki 1997).

Oben angeführte Studien zeigen nicht nur, dass flüchtige Schwefelverbindungen orale Weichgewebe beeinflussen können, sondern auch, dass diese Effekte auch bei nur geringer Expositionszeit und niedriger Konzentration entstehen. Durch die Fähigkeit, die Permeabilität oraler Gewebe z. B. für LPS zu erhöhen, können flüchtige Schwefelverbindungen als wichtige Initiatoren von Gingivitis angesehen werden (Ratcliff

et al. 1999) und das Voranschreiten einer bestehenden Parodontalerkrankung beschleunigen.

2.3.1.4 Karies

Ein einfaches Experiment von Miller (Miller 1892, Kleinberg et al. 1997) verdeutlicht die Hemmung der Geruchsentwicklung durch den herabgesetzten (sauren) pH-Wert. Nach Inkubation von Voll-Speichel bei Körpertemperatur für vier bis 24 Stunden trat bei den Proben, denen Glukose hinzugefügt wurde, keine Geruchsbildung auf, was auf den sauren pH-Wert, der im Rahmen der Zuckerfermentation entsteht, zurückzuführen ist. Die Speichelproben, denen keine Glukose hinzugesetzt wurde, entwickelten ausnahmslos einen beträchtlichen unangenehmen Geruch. Kariöse Läsionen scheinen daher nicht primär mit Mundgeruchentstehung assoziiert zu sein, vielmehr ist davon auszugehen, dass die mit multiplen kariösen Läsionen meist einhergehende schlechte Mundhygiene (insbesondere interdental) für die Geruchsbildung verantwortlich ist.

2.3.1.5 Speichel und morgendlich schlechter Atem

Ein verminderter Speichelfluss begünstigt die Entstehung bakteriell bedingten Mundgeruchs (Tonzetich 1977, Fox et al. 1985, Edgar 1990, Edgar 1992, Edgar et al. 1994). Neben Erkrankungen der Speicheldrüsen können auch Medikamenteneinnahme (Anti-Parkinsonmittel) oder systemische Erkrankungen (Sjögren-Syndrom) (Gumpel 1982) ursächlich für einen verminderten Speichelfluss sein. Ebenso kann emotionaler Stress Einfluss auf die Speichelsekretionsrate und -zusammensetzung nehmen (Edgar 1992).

Unmittelbar nach dem Essen ist der Anteil flüchtiger Schwefelverbindungen niedriger als vor dem Essen oder nach mehrstündigen Perioden ohne Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme (Gerlach et al. 1998, Suarez et al. 2000), was vermutlich mit der Speichelfließrate, der Zungenaktivität und dem mechanischen Abrieb des Zungenbelags zusammenhängt (Tonzetich 1978, Miyazaki et al. 1997, Kison 2004). Gerlach et al. (Gerlach et al. 1998) beobachteten ausschließlich einen Abfall der VSC-Konzentration (Halimeter), wohingegen die organoleptischen Werte keine Verringerung erfuhren. Ursache hierfür könnte die höhere Sensitivität des Halimeters bezüglich des

Schwefelwasserstoffs sein (Richter 1996), die zu niedrigeren instrumentellen Werten führen kann, ohne dass dies organoleptisch feststellbar ist.

Prothesen-Träger entwickeln häufig einen typischen „Prothesen-Mundgeruch“ aufgrund einer Stagnation des Speichelflusses und der porösen Struktur des Prothesenkunststoffes, der die Akkumulation von Mikroorganismen und Nahrungsresten begünstigen kann (Massler et al. 1951, Lu 1982).

Die Freisetzung von flüchtigen Verbindungen ist außer von der Speichelflussrate vom Trockenheitsgrad der Mundhöhle abhängig. Richter macht einen Zustand überschrittener Sättigung zur Freisetzung von VSCs verantwortlich (Richter 1996). Er postuliert, dass sowohl die Weichgewebe als auch der Speichel flüchtige Schwefelverbindungen binden können und diese nach Erreichen der Sättigung freigesetzt werden. Folge davon können Schwankungen im objektiv feststellbaren Mundgeruch sein, obgleich die Gesamtkonzentration flüchtiger Schwefelverbindungen stets höher ist. Kleinberg et al. (Kleinberg et al. 1997) demonstrierten, dass es infolge von Austrocknung neben der Freisetzung flüchtiger Schwefelverbindungen auch zur Freisetzung von nicht schwefelhaltigen Gasen wie Kadaverin, Putreszin, Skatol, Indol, Butter- und Isovaleriansäure kommen kann.

Die Ursache für morgendlich auftretenden Mundgeruch (sogenannter *morning (bad) breath*) kann ein verminderter Speichelfluss während der Nacht sein, eventuell verstärkt durch Schnarchen, habituelle oder funktionelle Mundatmung. Die Selbstreinigung der Mundhöhle ist darüber hinaus aufgrund der Bewegungslosigkeit der Zungen- und Wangenmuskulatur eingeschränkt (Tonzetich 1977). Die Proliferation von oralen Bakterien und die Freisetzung übelriechender Gase sind gesteigert (Quirynen et al. 2002). Der morgendliche schlechte Atem ist, im Gegensatz zur oralen Halitosis, von vorübergehender Natur. Sowohl der transiente Morning-Breath als auch die permanente orale Halitosis haben ihren Ursprung größtenteils in den schwefelhaltigen Gasen bakterieller Genese (Rosenberg et al. 1991, Rosenberg et al. 1992). Daher kann angenommen werden, dass wissenschaftliche Untersuchungen, die bei Probanden mit Morning-Breath durchgeführt werden, auch einen Effekt auf Patienten mit oraler Halitosis erzielen (van Steenberghe et al. 2001, Quirynen et al. 2002). Dies erklärt, warum vergleichsweise viele klinische Studien von Probanden mit Morning-Breath vorliegen (Tonzetich et al. 1976, Rosenberg et al. 1992, Hoshi et al. 1996, Olshan et al. 2000, Suarez et al. 2000, van Steenberghe et al. 2001, Quirynen et al. 2002). Neben ethischen Gründen ist die Auswahl von Probanden mit morgendlich schlechtem Atem

sehr praktikabel, da nach Delanghe et al. mehr als 50% der (belgischen) Bevölkerung daran leiden (Delanghe et al. 1996).

2.3.1.6 Andere orale Ursachen

Für einen Überblick über die restlichen infrage kommenden oralen und anderen Ursachen einer Halitosis gibt Tab. 2-3 Auskunft.

Tab. 2-3: Halitosis-Ursachen (Seemann 2000)

Mundbereich	Zungenbelag, mangelhafte Hygiene und Infektionen (Stomatitis, Gingivitis, Parodontitis, Candidiasis, ungepflegte Prothese, überstehende Kronenränder, offene Wurzelkanäle), Pemphigus, Morbus Behcet, Erythema exsudativum multiforme, Abszesse, ulzerierende und zerfallende Tumoren
HNO-Bereich	Tonsillitis, Sinusitis, Pharyngitis, Diphtherie, Pfeiffersches Drüsenfieber, Angina Plaut Vincent, Fremdkörper, Abszesse, Lues III, chronische Rhinitis (Ozaena), Postnasal Drip, ulzerierende und zerfallende Tumoren
internistischer Bereich	eitrige Bronchitis, Pneumonie, Fremdkörper, Abszesse (Lunge), Lungengangrän, Wegnersche Granulomatose, Divertikel, Ösophagitis, Magen und Darmerkrankungen, Diabetes mellitus, präkomatöse Zustände und Koma (Urämie, Coma hepaticum), Gelbfieber, Medikamente (z. B. Dimethylsulfoxid), Trimethylaminurie, ulzerierende und zerfallende Tumoren

2.3.2 Ursachen im HNO-Bereich

Nach Delanghe et al. (Delanghe et al. 1996) entfallen innerhalb der Ursachen im Hals-Nasen-Ohren-Bereich (durchschnittlich 5-8%) 71% auf eine chronische Tonsillitis, 19% auf eine chronische Sinusitis und je 5% auf einen Fremdkörper bzw. Ozaena. Seemann et al. (Seemann et al. 2004) gehen mit der chronischen Tonsillitis als Hauptursache konform (71,5%), die chronische Sinusitis und ein nasaler Fremdkörper sind zu je 9,5% ursächlich beteiligt (Abb. 2-4). Rosenberg und Finkelstein geben ebenfalls die beiden erstgenannten Hauptursachen an (Finkelstein 1997, Rosenberg 1997).

Prinzipiell können alle Infektionen des oberen Respirationstraktes, die primär oder sekundär mit geruchsbildenden Bakterien einhergehen, zu Mundgeruch führen (Kison 2004).

Nach van Winkelhoff et al. (van Winkelhoff et al. 1986) beherbergen die Tonsillen eine Vielzahl geruchsbildender Mikroorganismen inklusive parodontalpathogener Keime. Die israelische Arbeitsgruppe um Rosenberg stellte fest, dass in einigen Fällen ein unangenehmer Geruch, sowohl von den Tonsillen selbst als auch von den Tonsillolithen ausgehend, feststellbar war, dieser aber nicht zwangsläufig zu schlechtem Atem und dementsprechend sehr häufig zu Fehleinschätzungen führt (Rosenberg 1997). Darrow et al. (Darrow et al. 2002) erarbeiteten in ihrem Übersichtsartikel eine relative Indikation zur Tonsillektomie bei Halitosis.

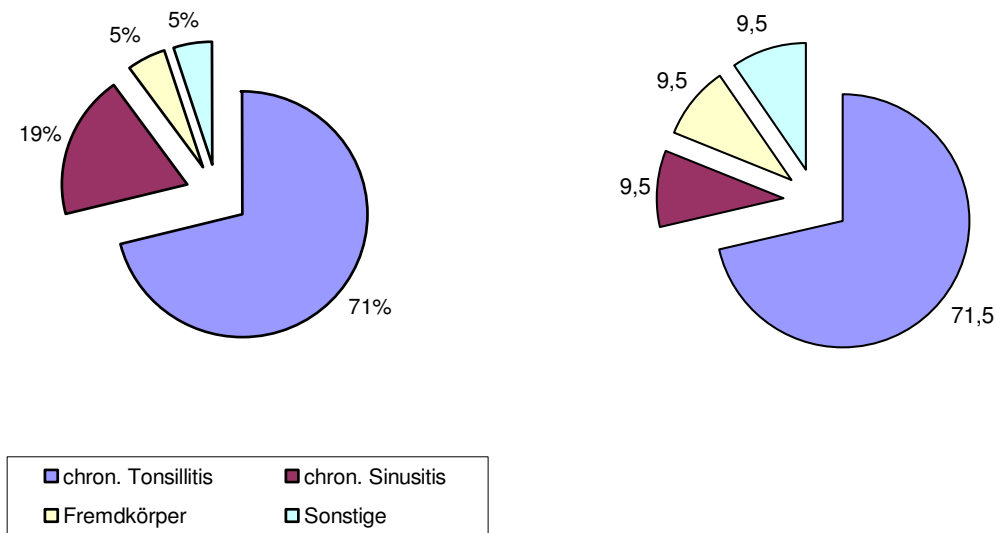


Abb. 2-4: Prozentuale Häufigkeiten innerhalb der Ursachen im HNO-Bereich nach (Delanghe et al. 1996) (links) sowie für extraorale Ursachen einer pathologische Halitosis (Seemann et al. 2004) (rechts); alle Angaben in Prozent.

Anatomische Besonderheiten wie eine Septumdeviation können die Geruchsbildung ebenfalls begünstigen (Finkelstein 1997). Ein permanenter, primär geruchloser, Sekretfluss aus den posterioren Nasenteilen auf den dorsalen Anteil der Zunge (postnasal drip) wird als Ursache für einen Zungengeruch beschrieben, der durch nachfolgende Verwesung (Putrefaktion) entsteht (Rosenberg 1997, Amir et al. 1999). Nasale Fremdkörper sind eine seltene Ursache und sind vorwiegend auf Fremdkörperinkorporation im Kindes- respektive Jugendalter zurückzuführen (Katz et al. 1979, Bennett 1988, Rosenberg 1997). Besondere Sorgfalt sollte bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten herrschen, da durch die offene Verbindung von Mund- zu Nasenhöhle die Verschleppung von organischem und anorganischem Material, z. B.

in Form von Abdruckmaterial im Rahmen prothetischer Rekonstruktionen, möglich ist (Seemann et al. 2004).

Alle mit Gewebeerfall einhergehenden Erkrankungen können mit der Ausbildung von Mundgeruch verbunden sein, da die anaerobe Standortflora des Oropharynx die Fähigkeit zur Besiedlung des Tumors bzw. chirurgischer Wunden aufweist (Dankert et al. 1981, McGregor et al. 1982).

2.3.3 Systemische Ursachen

Noch immer wird häufig angenommen, dass Mundgeruch primär auf eine Erkrankung des Magens zurückzuführen ist [Umfrage (Seemann 2000)]. Das ist unzutreffend. Sowohl Rosenberg (Rosenberg 1997) als auch viel früher bereits Prinz (Prinz 1930) publizierten, dass der Ösophagus normalerweise kollabiert ist und aus diesem Grunde nur während des Aufstoßens (Ruktus) respektive Erbrechens (Vomitus) eine Verbindung zwischen Magen und Mundhöhle besteht. Der hermetische Verschluss des Ösophagus-Sphinkters wird nur im Falle einer Hiatushernie oder Reflux-Ösophagitis aufgehoben und lässt dann eine Beeinflussung der Atemluft durch Magengase zu (van Steenberghe 1997).

Für eine Reihe systemischer Erkrankungen wird das Auftreten von Mundgeruch als Symptom angegeben (Preti et al. 1992, Preti et al. 1997). So besitzen schlecht eingestellte Diabetiker einen deutlich wahrnehmbaren Azetongeruch, was auf eine Anhäufung von Ketonkörpern im Blut zurückzuführen ist (Coma diabeticum). Bei Leberversagen findet man den sogenannten foetor hepaticus (Kadavergeruch) (Walshe 1994), welcher durch eine Anhäufung von Methylmercaptan, Ethylmercaptan ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$) und Dimethylsulfid charakterisiert ist. Gelegentlich entwickeln sich aufgrund einer schweren Allgemeinerkrankung wie Syphilis, Diphtherie oder AIDS sekundäre Erkrankungen, wie zum Beispiel eine akut nekrotisierende ulzerierende Gingivitis (ANUG) mit entsprechend charakteristischem Geruch (Lu 1982). Es sind bis heute nur für wenige Erkrankungen charakterisierende Messungen über die freigesetzten flüchtigen Schwefelverbindungen durchgeführt worden (Kison 2004).

Einige Erkrankungen und die bei ihrem Vorliegen nachgewiesenen Metabolite sind in der nachfolgenden Tabelle nach Preti und Lawley dargestellt (Tab. 2-4).

Tab. 2-4: Metabolite der Atemluft bei systemischen Erkrankungen (Preti et al. 1997)

Erkrankung	Metabolite in der Atemluft
Diabetes mellitus	Ketonkörper
Urämie, Nierenversagen	Dimethylamin, Trimethylamin
Lungenkarzinom	Azeton, Methylethylketon, n-Propanol, Anilin, o-Toluidin
Karzinome des oberen Respirationstraktes / Oropharynx	gerade und verzweigte organische Säuren (C ₂ -C ₈)
Lebererkrankungen	Schwefelwasserstoff, aliphatische Säuren (C ₂ -C ₅), Methylmercaptan, Ethylmercaptan, Dimethylsulfid
Trimethylaminurie	Trimethylamin

Weitere, z. T. sehr seltene Systemerkrankungen sind im Übersichtsartikel von Lu (Lu 1982), Seite 522 ff. beschrieben.

In Abhängigkeit der Schwankungen der Konzentrationen der Sexualhormone während des Menstruationszyklus der Frau verändern sich viele biochemische, zytologische und mikrobielle Faktoren (Preti et al. 1997). In den Tagen um den Eisprung (± 48 h) erhöht sich die Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen in der morgendlichen Atemluft um das zwei- bis vierfache (Tonzetich et al. 1978, Preti et al. 1997).

Geruchintensive Nahrungsmittel, wie Knoblauch, Zwiebeln etc. werden im Darm ebenso wie Fett bzw. Fettsäuren resorbiert, in der Leber verstoffwechselt und über die Lunge abgeatmet (Lu 1982, McDowell et al. 1993, Suarez et al. 1999). Im Falle der Allyl-Methyl-Sulfide des Knoblauchs dauert dieser Prozess bis zu 72 Stunden (Morris et al. 1949). Dass Vegetarier aufgrund des geringeren Gehaltes von proteinhaltigen Abbauprodukten ihrer Nahrung eine geringere Tendenz haben, Halitosis zu entwickeln, als starke Fleisch-Esser (Lu 1982) wurde kürzlich von Lee et al. widerlegt (Lee et al. 2005).

2.3.4 Medikamentenassoziierte Halitosis

Die Einnahme von Medikamenten kann direkt und indirekt zu Mundgeruch führen. Dies geschieht auf direktem Wege, indem Metabolite, wie zum Beispiel Dimethylsulfid, eine allicinähnliche Verbindung aus dem Abbau von Dimethylsulfoxid, abgeatmet werden. Auf der anderen Seite kann durch bestimmte Medikamente auch die Entstehung einer bakteriell bedingten Halitosis begünstigt werden, wenn sie einen negativen Einfluss auf die Speichelfließrate ausüben (Preti et al. 1992). Beispiele für Medikamente, die einen

bakteriell bedingten Mundgeruch begünstigen, sind Antihistaminika, Diuretika, Tranquilizer und Chemotherapeutika (Kison 2004).

Durch einige Antineoplastika, wie zum Beispiel Methotrexat, Actinomycin D, Fluorouracil, Adriamycin und Bleomycin kann es neben der Ausbildung einer Xerostomie auch zu einer Candidiasis, Gingivitis oder oralen Ulzerationen kommen. Ursache hierfür ist die hervorgerufene Leukopenie (Lu 1982).

Zur Vertiefung dieses Themas sei auf die Übersichtsarbeit von Lu (Lu 1982) Seite 523 ff. verwiesen.

2.3.5 Sonstige bzw. nichtpathologische Ursachen

Durch den Genuss von Tabak haben Raucher einen ganz speziellen Mundgeruch, den sogenannten smokers-breath (Christen 1970, Bastiaan et al. 1976, Christen et al. 1991). Tabak-Geruch ist gesellschaftlich akzeptiert. Daher wird er von vielen Personen, die unter Mundgeruch leiden, genutzt um diesen zu überdecken (Delanghe et al. 1996). Der smokers-breath entsteht durch Ausatmen von Tabakrauchbestandteilen. Diese haben sich auf den Schleimhäuten des oberen und unteren Respirationstraktes abgelagert und werden, ebenso wie die resorbierten Rauchanteile, die über den Blutstrom zurück in die Lunge gelangen, über die Lunge abgeatmet (Christen 1992). Da in Zigarren- und Pfeifentabak im Schnitt mehr Schwefelverbindungen enthalten sind, ist der smokers-breath bei Zigarren- und Pfeifenrauchern stärker ausgeprägt als bei Zigarettenrauchern (Bastiaan et al. 1976). Ebenso können Passivraucher leichtere Formen des smokers-breath aufweisen (Rosenberg 1996).

Massler et al. berichten, dass in Abhängigkeit vom Lebensalter charakteristische Gerüche vorkommen. Kleinkinder im Alter von zwei bis fünf Jahren weisen häufig einen süßen fötiden Mundgeruch auf, der von ihren Tonsillen ausgeht. Bei Jugendlichen bedingt die hohe Inzidenz der akut nekrotisierenden ulzerierenden Gingivitis (ANUG, engl. Vincent's disease) eine eigene Geruchsform. Im mittleren Lebensalter ist die Geruchsbildung von solidem Morning-Breath und darüber hinaus von zunehmenden Parodontalerkrankungen bestimmt. Im hohen Lebensalter gewinnt Prothesen-Mundgeruch an Bedeutung.

2.3.6 *Helicobacter pylori* als Ursache einer oralen Halitosis

Der Keim *Helicobacter pylori* spielt bei der Entstehung von Magenulzera eine wesentliche Rolle. Circa ein Drittel der europäischen Bevölkerung beherbergt diesen Keim (Delanghe et al. 1996).

Hoshi et al. (Hoshi et al. 2002) fanden in einer Studie mit 80 Probanden (31 *H.-pylori*-positive; 49 *H.-pylori*-negative) heraus, dass bei *Helicobacter*-positiven Personen signifikant höhere Schwefelwasserstoff- sowie Dimethylsulfid-Konzentrationen in der Mundhöhle, jedoch nicht in der Expirationsluft, vorlagen. Die Standardtherapie bei *H. pylori*-Befall (Eradikation), die sog. Triple-Therapie, besteht aus Verabreichung einer Kombination mehrerer Antibiotika. Hierzu zählen Clarithromycin, Omeprazol und Amoxicillin respektive Metronidazol (Pschyrembel 1998). In der Mundgeruchsprechstunde des Zentrums für Zahnmedizin der Charité Universitätsmedizin Berlin und durch weitere Arbeitsgruppen konnte eine positive Beeinflussung des Mundgeruches nach Antibiotikagabe gegen *H. pylori* mit Reduktion des Mundgeruches beobachtet werden (Tiomny et al. 1992, Norfleet 1993, Ierardi et al. 1998).

Inwieweit tatsächlich die Eliminierung von *H. pylori* für die Mundgeruchsreduktion maßgeblich war oder ob die angewendeten Breitband-Antibiotika auf andere (orale) Mikroorganismen, welche an der Entstehung von Mundgeruch beteiligt sind, Einfluss nahmen und sozusagen sekundär zu einer Mundgeruchsreduktion führten, ist ungeklärt. Eine belgische Arbeitsgruppe wies nach, dass eine Elimination von *H. pylori* nicht zwangsläufig zu einer Mundgeruchsreduktion führt. In einer interdisziplinären Mundgeruchsprechstunde wurde bei drei der Patienten mit diagnostiziertem *Helicobacter*-befall eine Antibiotikabehandlung mit Amoxicillin, Metronidazol sowie Omeprazol durchgeführt. Trotz negativem *H. pylori* Befund „nahm niemand eine Reduzierung bzw. Verbesserung des Mundgeruches wahr“ (Delanghe et al. 1996). Es bleibt an dieser Stelle leider offen, ob es sich hierbei um eine subjektive Einschätzung der Patienten selbst oder der Arbeitsgruppe um Delanghe handelte.

Die ursächliche Beteiligung von *Helicobacter pylori* bei der Genese von Halitosis bleibt somit weiterhin fraglich (Seemann 2000).

2.3.7 Pseudohalitoses und Halitophobie

Nach der Halitosis-Klassifikation von Miyazaki [modifiziert von Yaegaki et al. (Yaegaki et al. 2000)] (Tab. 2-1) wird zwischen der echten Halitosis, der Pseudo-Halitosis und der Halitophobie unterschieden. Bei Patienten mit Pseudo-Halitosis und Halitophobie ist klinisch kein Geruchsbefund feststellbar.

In einer deutschen interdisziplinären Mundgeruchsprechstunde lag der Anteil der Ratsuchenden ohne objektivierbaren Geruchsbefund bei 27,1%, wobei der Anteil der Frauen signifikant höher als der der Männer war (Seemann et al. 2004). Die Gesamtzahl der Betroffenen war im Vergleich mit der Zahl der Betroffenen an belgischen und israelischen Kliniken höher (Delanghe et al. 1996, Rosenberg 1997).

Die Gruppe der Ratsuchenden ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Personen trotz fehlender positiver Befunde fest daran glauben, unter unerträglichem Mundgeruch zu leiden (Rosenberg 1997). Zur Verifizierung ihrer Annahme werden Verhaltensweisen Dritter angeführt, welche vom Betroffenen oft als eine Abwehrreaktion dieser Personen gegenüber einer vermeintlichen Geruchsbelästigung fehlinterpretiert werden (Yaegaki et al. 1999). Häufig wurde niemals ein offenes Wort darüber gesprochen (Malasi et al. 1990, Johnson 1996, Seemann 2000).

Verbessert sich die Situation durch Aufklärung des Patienten in Form von sachlicher Information, Beratung und Besprechung der Untersuchungsergebnisse (Yaegaki et al. 1999, Yaegaki et al. 2000), handelt es sich um eine sogenannte Pseudo-Halitosis.

Eine psychisch bedingte Halitosis kann sich aber auch zu einer Phobie, der sogenannten Halitophobie, entwickeln, welche meist mit weiteren psychischen Disbalancen bis hin zu suizidalen Absichten einhergeht (Yaegaki et al. 1999). Diese Patienten sind trotz intensiver Aufklärung und Darstellung des nicht vorhandenen Mundgeruches fest davon überzeugt, einen solchen zu besitzen. Ihnen klar zu machen, dass kein objektivierbarer Befund vorliegt, ist sehr schwer. Auf psychologischem Gebiet existiert ein sogenanntes Olfaktorisches Referenz Syndrom, welches einer Halitophobie zugrunde liegen kann; affektive Störungen und Schizophrenie sind mögliche Weiterentwicklungen (Richter 1996). Bei Vorliegen eines Verdachtes einer Halitophobie sollte in jedem Fall eine Überweisung zu einem Psychologen zur Abklärung und Behandlung erfolgen. In der Regel wird jedoch das Angebot einer psychologischen Konsultation von den Patienten nicht in Anspruch genommen (Delanghe et al. 1996, Yaegaki et al. 1999, Seemann et al. 2004).

Um zu vermeiden, dass die Diagnose Pseudo-Halitosis respektive Halitophobie zu früh gestellt wird, ist es notwendig, im Falle eines negativen Befundes einen weiteren Untersuchungstermin bzw. -termine zu vereinbaren, da aufgrund des episodischen Auftretens von Mundgeruch eventuell zu einem anderen Zeitpunkt ein entsprechend positiver Befund erhoben werden kann (Morris et al. 1949, Richter 1996, Seemann et al. 2004). Sinnvoll ist es auch, Angehörige, die Auskunft über die Häufigkeit des Auftretens respektive die Stärke des unangenehmen Geruches geben können, zur Begleitung zum Folgetermin zu bitten (Rosenberg 1996, Seemann 2000, Seemann et al. 2004).

2.4 Diagnostik

2.4.1 Organoleptische, hedonische Diagnostik

Auf dem Gebiet der Diagnostik von Mundgeruch ist die sensorische Beurteilung der Atemluft der sogenannte Goldstandard (Rosenberg 1997). Bei der organoleptischen Messung beurteilen ein oder mehrere trainierte Geruchsrichter mit ihrem Geruchssinn die Atemluft der Patienten. Hierzu findet eine Skala Verwendung, die von den einzelnen Untersuchern zwischen einer Fünf- bis Neunpunktskala variieren kann. Allen ist gemein, dass dem Wert 0 „kein ungenehmer Geruch“ zugeordnet wird und sich die Geruchsintensität bis zu einem „extrem unangenehmen Geruch“, ausgedrückt durch den höchsten verfügbaren Wert, steigert.

Tab. 2-5: Rosenbergs Fünfpunktskala (Rosenberg et al. 1991)

Grad	wahrnehmbarer Geruch
0	keiner
1	leicht
2	mittelschwer
3	stark
4	extrem faulig

Die Messungen können entweder ohne räumliche Trennung in einem Abstand von ca. zehn Zentimeter oberhalb vom Patientenmund (Rosenberg et al. 1992) erfolgen oder alternativ auch unter Zuhilfenahme eines Röhrchens durchgeführt werden, welches durch einen Sichtschutz reicht und bei dem Patienten das Gefühl der Scham reduziert (Yaegaki et al. 2000). Der Patient umfasst hier mit den Lippen das Röhrchen und atmet

aus. Auf der anderen Seite des Sichtschutzes nimmt der Geruchsrichter die sensorische Beurteilung vor. Bei der direkten (face-to-face) Methode wird der Patient beispielsweise aufgefordert, von eins bis zehn zu zählen und ruhig durch den Mund auszuatmen. Zur besseren Quantifizierung wird die organoleptische Einschätzung nach doppeltem Durchlauf vorgenommen. Zur besseren Geruchsvalidierung kann ein Geruchsrichtergremium (Geruchsrichterpanel) aus mehreren Personen eingerichtet werden.

Ein Problem der organoleptischen Beurteilung stellt die Überlagerung des Mundgeruchs durch andere Gerüche dar. Daher ist es den Patienten (genauso wie dem Untersucher) nicht gestattet, bereits am Vortag stark geruchsintensive Speisen wie z. B. Knoblauch, Zwiebeln o.ä. zu konsumieren und am Tage der Untersuchung riechende Körperkosmetika wie Parfüm, Deodorant, Rasierwasser, Lippenstift, parfümierte Tagescreme etc. zu verwenden. Der Genuss von pfefferminzhaltigen Kaugummis und Pastillen sollte genauso wie die allgemeine Nahrungsaufnahme mindestens vier Stunden vor der Untersuchung eingestellt und am Untersuchungstag auf die morgendliche Mundhygiene verzichtet werden. Außerdem sollte in den letzten drei Wochen keine Antibiotikabehandlung erfolgt sein (Rosenberg et al. 1991).

Bei der organoleptischen Beurteilung spielen interindividuelle Unterschiede der Geruchsrichter sowie der Patienten eine wichtige Rolle. So sind beispielsweise Hunger, der Menstruationszyklus, die Kopfposition, der Aufmerksamkeitsgrad und die Erwartung wichtige modifizierende Faktoren (Rosenberg et al. 1992). Frauen wird eine besser entwickelte Fähigkeit zur Geruchspertzeption nachgesagt, was sie entsprechend zu sensibleren Geruchsrichtern macht (Doty et al. 1982). Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Abnahme der Fähigkeit zur Geruchspertzeption (Doty et al. 1982). Weiterhin besteht die Gefahr der Adaption bei Personen, die ständig mit starken Gerüchen in Kontakt kommen. So sind beispielsweise Zahnärzte, die häufig üblen Gerüchen ausgesetzt sind respektive Personen, die eigenen Mund- oder anderen starken Körpergeruch aufweisen, als Geruchsrichter ungeeignet (Rosenberg et al. 1992).

Da die Geruchspertzeption über die Schleimhäute der Nase erfolgt, ist es wichtig, dass diese ständig befeuchtet sind. Regelmäßige Flüssigkeitsaufnahme und optimales Raumklima sind daher unentbehrlich.

Die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit von organoleptischen Messungen können durch spezielles Training der Geruchsrichter verbessert werden (Rosenberg et al. 1992). In einer Studie von Rosenberg et al., in der ein erfahrener Geruchsrichter im Vergleich

zu einem Neuling agierte, wiesen dessen Befunde höhere Korrelationen mit der instrumentellen Sulfid-Analyse mittels Sulfidmonitor auf (Rosenberg et al. 1991). Die Forderung, dass trainierte Geruchsrichter zur organoleptischen Beurteilung eingesetzt werden sollen, wurde durch Nachnani et al. (Nachnani et al. 2005) unterstützt. Ein im Vorfeld der anstehenden Untersuchung durchgeführtes Training führte sowohl bei erfahrenen Geruchsrichtern als auch bei noch unerfahrenen Personen zu einer signifikanten Reduktion der fehlerhaften Einschätzungen. Zwischen den beiden Testgruppen bestanden keine signifikanten Unterschiede, es gab für alle Geruchsstoffe mit Ausnahme des Dimethylsulfides eine konstante Verbesserung.

Lineare Anstiege organoleptischer Werte korrelieren gewöhnlich mit eher exponentiellen (statt linearen) Steigerungen der Konzentrationen von Geruchsstoffen (Rosenberg et al. 1992). Die Ursache ist darin zu suchen, dass nach Überschreitung der menschlichen Wahrnehmungsschwelle bestimmter Gerüche eine Verzehnfachung der Geruchstoffkonzentration einer Verdopplung der organoleptischen Einschätzung entspricht.

2.4.2 Instrumentelle Diagnostik

2.4.2.1 Osmoskop

Erste Instrumente zur Messung von Mundgeruch gehen auf Fosdick et. al (1939) zurück. Es handelte sich hierbei um das Osmoskop, welches in vielen Studien der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Verwendung fand (Morris et al. 1949). Das Prinzip dieses Gerätes beruht darauf, dass ein Geruch schrittweise verdünnt wird, bis er gerade verschwindet bzw. eine Konzentration gesteigert wird, bis der Geruch erstmalig wahrnehmbar wird.

Zu den Neuentwicklungen und heute gebräuchlichen Geräten zählen die Gaschromatographen und die Sulfid-Monitore.

2.4.2.2 Gaschromatographie

Tonzetich und Mitarbeiter entwickelten das Prinzip der Gaschromatographie mit gekoppelter Flammenfotometrie und setzten es zur Analyse von Mundgeruch erfolgreich ein (Richter et al. 1964, Tonzetich et al. 1964, Tonzetich et al. 1969, Tonzetich 1971, Solis Gaffar et al. 1975, Tonzetich et al. 1976, Tonzetich 1977, Tonzetich 1978, Niles et al. 1997).

In diesen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass unangenehmer Mundgeruch primär mit flüchtigen Schwefelverbindungen [Schwefelwasserstoff (Hydrosulfid) und Methylmercaptan, Tonzetich] assoziiert ist. Es besteht eine enge Korrelation zwischen organoleptischen Messwerten und der VSC-Konzentration, sodass die Gaschromatographie ein probates Mittel zur Mundgeruchsquantifizierung darstellt (Niles et al. 1986, Murata et al. 2002, Hunter et al. 2003).

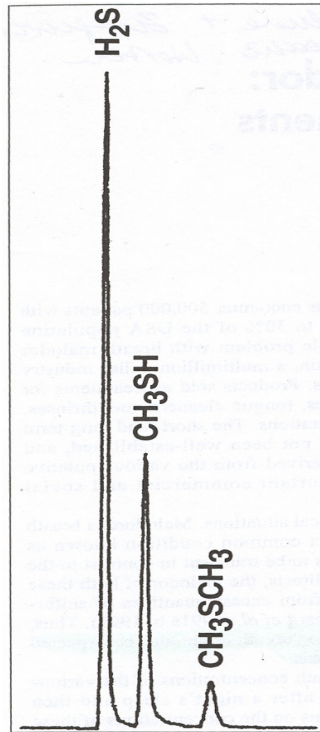


Abb. 2-5: Gaschromatographische Analyse der drei Hauptkomponenten Schwefelwasserstoff (H_2S), Methylmercaptan (CH_3SH) und Dimethylsulfid (CH_3SCH_3) einer oralen Luftprobe (Suarez et al. 2000).

Verglichen mit organoleptischen Messungen hat die Gaschromatographie folgende Vorteile:

- Separation und quantitative Bestimmung verschiedener Gase und
- die Fähigkeit, auch sehr niedrige Konzentrationen verschiedener Gase zur Analyse heranziehen zu können.

Demgegenüber stehen einige Nachteile wie:

- relativ hohe Kosten,
- Notwendigkeit von speziell ausgebildetem Personal,
- durch seine Größe bedingte Unhandlichkeit und fehlende Transportmöglichkeiten sowie
- hoher Zeitaufwand für Probengewinnung und -auswertung (Rosenberg et al. 1992).

Neueste Entwicklungen führten zu kompakten Gaschromatographen, die für den Einsatz direkt am Patientenstuhl geeignet sind (OralChroma, Firma Abilit, USA). Innerhalb von acht Minuten werden die Ergebnisse auf einem Display angezeigt. Das nur 4,5 Kilogramm schwere Gerät arbeitet mit einem Indiumoxid-Semikonduktor.

Bei Hanada et al. wurde ebenfalls ein Gaschromatograph mit einem hochsensiblen Semikonduktor aus Indiumoxid entwickelt. Dieser ist in der Lage, Konzentrationen von Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan und Dimethylsulfid zuverlässig zu bestimmen

und erscheint geeignet, Halitosis in Zahnarztpraxen bzw. Kliniken zu diagnostizieren (Hanada et al. 2003).

2.4.2.3 Sulfid-Monitore

Die Grundlage der Verwendung von Sulfidmonitoren bilden Studien von Rosenberg et al. (Rosenberg et al. 1991, Rosenberg et al. 1991, Rosenberg et al. 1992), die eine hohe Korrelation der Messwerte mit organoleptischen Befunden trainierter Geruchsrichter belegen. Darüber hinaus wiesen Rosenberg et al. für die Sulfidmonitore im Vergleich mit organoleptischen Messungen eine größere Reproduzierbarkeit und Empfindlichkeit zur Bestimmung von Geruchsreduktionen nach (Rosenberg et al. 1991, Rosenberg et al. 1992).

Zur Messung wird ein auswechselbares Mundstück (in der Regel ein Strohhalm) ca. vier Zentimeter im Mund platziert und der Patient aufgefordert, ruhig durch die Nase weiter zu atmen. Durch eine eingebaute Pumpe wird einem elektrochemischen Sensor Luft zugeführt, der die Gesamtkonzentration flüchtiger Schwefelverbindungen bestimmt und in parts per billion (ppb) auf dem Display des Gerätes anzeigt (Rosenberg et al. 1991, Rosenberg et al. 1991) (Abb. 2-6). Es ist möglich, einen Schreiber an das Gerät anzuschließen, was eine Ausgabe in Papierform und bessere Dokumentation der Messwerte mit Hilfe eines Computerprogrammes ermöglicht.



Abb. 2-6: Halimeter mit Sichtblende der Firma Interscan Corporation (Chatsworth, CA., USA).

Die kompakten Geräte (z. B. Halimeter, Firma Interscan Corporation, USA) zeichnen sich gegenüber den Gaschromatographen durch niedrigere Kosten aus. Darüber hinaus

wird kein speziell geschultes Personal zur Bedienung benötigt und die Zwischenzeit zu nachfolgenden Messungen ist deutlich kürzer (Rosenberg et al. 1992). Durch seine Kompaktheit und praktische Handhabung leistet er am Zahnarztstuhl gute Dienste bei der Befunddokumentation und Motivation (Seemann et al. 2004). Aufgrund der Ausgabe eines reinen Zahlenwertes ist ein Sulfid-Monitor auch zur Therapie- respektive Verlaufskontrolle geeignet und kann darüber hinaus bei der Behandlung und Aufklärung von Halitophobiepatienten sinnvoll eingesetzt werden (Seemann 2000).

Die Hauptnachteile liegen in der Unfähigkeit dieser Geräte, zwischen den einzelnen schwefelhaltigen Komponenten zu unterscheiden, der Empfindlichkeit gegenüber hohen Konzentrationen von Ethanol oder ätherischen Ölen (Rosenberg et al. 1992) und im geringen Sensitivitätsverlust, welcher eine Rekalibrierung notwendig macht (Rosenberg et al. 1991).

Die Gesamt-VSCs setzen sich aus Schwefelwasserstoff (H_2S), Methylmercaptan (CH_3SH) und Dimethylsulfid (CH_3SCH_3) zusammen. Wie bereits Yaegaki feststellte, variieren die Konzentrationen von CH_3SH und H_2S zueinander erheblich (Yaegaki et al. 1992). Der Halimeter weist eine erhöhte Sensitivität gegenüber Schwefelwasserstoff auf, die etwa doppelt so groß ist wie für Methylmercaptan (Richter 1996). Die menschliche Nase hingegen besitzt eine um den Faktor drei geringere Wahrnehmbarkeitsschwelle für Methylmercaptan (0,5 ng/ 10 ml für Methylmercaptan und 1,5 ng/ 10 ml für Schwefelwasserstoff) (Tonzetich et al. 1976). Diskrepanzen zwischen objektiv feststellbarem Mundgeruch und Halimeterwerten können die Folge sein, die in diesem Falle nur mit Hilfe der Gaschromatographie aufgeklärt werden können.

Ein weiteres Problem bei den Sulfid-Monitoren stellt darüber hinaus das fehlende Vermögen zur Erkennung von mikrobiellen Gärungsprodukten wie Propion- und Buttersäure, Putreszin und Kadaverin dar (Quiryneen et al. 2003), welche ebenfalls Bestandteile von Mundgeruch sein können.

Insgesamt ist die Angabe eines Grenzwertes, oberhalb dessen ein objektivierbarer Mundgeruch vorliegt, schwierig. Als Normalbereich werden Werte zwischen 70 und 140 ppb Schwefeläquivalent angegeben (Seemann 2000).

2.4.2.4 Künstliche Nasen

Die elektronische respektive „künstliche Nase“ ist eine Nachbildung des menschlichen Geruchorgans und stellt eine Kombination aus Sensor und Computer-Technik dar.

Anders als die Nase trainierter Geruchsrichter unterliegt sie nicht der Beeinflussung durch Ermüdung, Arbeitsbedingungen, emotionalen Zustand und Gewöhnung (Keller 2003). Sie sind nach erforderlichem Training ihrer neuronalen Netzwerke in der Lage, die chemische Zusammensetzung der Luft genau zu bestimmen. Hierbei werden die Chemosensoren auf Basis von Metalloxiden oder leitfähiger Polymere wiederholt wechselnden Konzentrationen bestimmter Duftstoffkonzentrationen ausgesetzt, denen ein definierter Ausgabewert zugeordnet wird. Nach Digitalisierung und Einspeisung in einen Computer kommt es zur Generierung einer großen Datenbank mit einer Vielzahl verschiedener Duftqualitäten (Schreiber 2000). Mit Zunahme der Anzahl der Sätze von Referenzdaten nimmt die Standardabweichung erwartungsgemäß ab und eine genauere Bewertung neuer Duftstoffe wird möglich.

Neben der objektiven Befunderhebung sind die Kompaktheit, Transportfähigkeit, automatische Datenverarbeitung und zeitnahe Geruchsanalyse als Vorzüge der elektronischen Nase zu nennen (Keller 2003). Nachteile sind in der Empfindlichkeit der Sensoren gegenüber der Luftfeuchte, in den relativ hohen Anschaffungskosten von ca. 20.000 Euro und im für das Training erforderlichen Zeitaufwand zu sehen.

Ursprünglich für den Einsatz in der Umwelttechnik, Lebensmittelindustrie (Qualitätssicherung) und medizinischen Diagnostik entwickelt, gibt es in den vergangenen Jahren Bestrebungen, diese Geräte auch in die Diagnostik von Mundgeruch zu integrieren. Nachnani et al. zeigten im Jahre 2000, dass die elektronische Nase zwischen Probanden mit organoleptisch messbarem Mundgeruch der Stärke 4 bis 5 (Skala von 0 bis 5) und Probanden ohne Mundgeruch unterscheiden kann. Die Ergebnisse korrelierten auch mit gaschromatographisch und mengenspektrometrisch ermittelten Werten (Nachnani et al. 2000). In einer aktuellen Studie aus Japan weisen hohe Korrelationskoeffizienten auf einen möglichen Einsatz zur Bestimmung nicht schwefelhaltiger Komponenten, wie z. B. Diaminen, neben den klassischen VSCs hin (Tanaka et al. 2004).

2.5 Therapie

Die Therapie der Halitosis erfolgt in Abhängigkeit von den Ursachen. Nach der Diagnose oraler Halitosis sollte zunächst mit einer zahnärztlichen Untersuchung der Mundhöhle hinsichtlich des Vorhandenseins und der anschließenden Beseitigung von Schlupfwinkeln und Nischen begonnen werden.

Ziel der oralen Inspektion ist das Aufspüren von kariösen Läsionen, insuffizienten Füllungen, parodontalen Taschen, teilretinierten (Weisheits-) Zähnen, Ulzerationen, Aphthen sowie einer stark zerfurchten oder einer sog. Haarzunge. Im Falle von herausnehmbarem Zahnersatz ist dieser hinsichtlich seiner Oberflächenbeschaffenheit zu überprüfen, da auf schlecht polierten, porösen und rauen Oberflächen hervorragende Bedingungen zur Plaque- bzw. Bakterienadhärenz vorliegen. Vorhandener festsitzender Zahnersatz muss auf seine Hygienefähigkeit und insbesondere zervikale Gestaltung überprüft werden, gegebenenfalls ist eine Neuanfertigung notwendig.

Eine professionelle Zahnreinigung entfernt neben fest anhaftendem Zahnstein auch weiche Beläge und führt zu einer signifikanten Abnahme flüchtiger Schwefelverbindungen (Seemann et al. 2001, Seemann et al. 2004). Durch den Zahnarzt respektive die Prophylaxeassistentin müssen dem Patienten entsprechend seiner individuellen Situation und unter Berücksichtigung seiner manuellen Fähigkeiten geeignete Hilfsmittel zur suffizienten Interdentalraumreinigung angeboten, demonstriert und die Anwendung mit ihm geübt werden. Studien zeigen, dass die Akzeptanz der Interdentalraumreinigung bei Personen mit vorliegender Diagnose einer oralen Halitosis höher ist als bei gesunden Personen (Rosenberg 1996). Wie bei der Individualprophylaxe auch sollten alle Empfehlungen und deren Umsetzung im Rahmen eines Recalls etwa zwei- bis dreimal jährlich überprüft und gegebenenfalls remotiviert werden. Wiederholte Remotivierung der optimalen häuslichen Mundhygiene in Kombination mit einer professionellen Zahnreinigung ist auch bei Personen ohne Mundgeruch in der Lage, die Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen zu reduzieren (Seemann et al. 2004).

2.5.1 Mechanische Zungenreinigung

Aufgrund der starken Beeinflussung des Mundgeruchs durch den Zungenbelag kommt der Zungenreinigung bei der Halitosis-Therapie besondere Bedeutung zu. Mehrere Studien haben gezeigt, dass die mechanische Zungenreinigung zu einer deutlichen Reduktion von organoleptischen Parametern (Bosy et al. 1994) und VSC-Werten führt (Tonzetich et al. 1976, Hoshi et al. 1996, Suarez et al. 2000, Seemann et al. 2001).

In Abhängigkeit vom verwendeten Gegenstand (Zungenbürste bzw. Zahnbürste) beträgt die Dauer der Reduktion 15 bis 100 Minuten, mit höheren Werten nach Verwendung eines Zungenreinigers (Kaizu et al. 1978, Hoshi et al. 1996, Seemann et al. 2001).

Auch die relative Reduktion des Mundgeruches ist vom verwendeten Gegenstand abhängig; so erreicht ein speziell geformter Zungenreiniger eine Reduktion des Mundgeruches von maximal 42%, wohingegen mit einer Zahnbürste Werte von maximal 33% erreicht werden (Seemann et al. 2001).

Der parodontale Zustand spielt bei der Reduzierung von Mundgeruch durch Zungenreinigung ebenfalls eine Rolle. So erfolgte bei Patienten mit Halitosis ohne parodontale Erkrankung nach Zungenreinigung eine größere Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen (51,8%) als bei Patienten mit Parodontitis (49%) (Yaegaki et al. 1992).

Nach Hoshi et al. erscheint es sinnvoll, die Zungenreinigung mit einer Zahnpasta zu kombinieren, die neben Triclosan und Zinkzitat auch geschmackmodifizierende Öle enthält (z. B. Signal Global, Unilever Großbritannien) (Hoshi et al. 1996). Die signifikante Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen konnte so sowohl gegenüber der alleinigen Zungenreinigung als auch im Vergleich mit einer Zahnpasta mit Triclosan und Zinkzitat aber ohne ätherische Öle deutlich verlängert werden und besteht noch vier Stunden nach einmaliger Anwendung.



Abb. 2-7: Beispiele verschiedener auf dem Markt erhältlicher Hilfsmittel zur Zungenreinigung.

2.5.2 Antimikrobielle Agenzien in Mundwässern, Zahnpasten, Pastillen und Kaugummis

Über die mechanische Zungenreinigung hinaus gibt es verschiedene antimikrobielle Wirkstoffe, die Zahnpasten, Mundwässern, Pastillen oder Kaugummis beigemischt sind (Tab. 2-6). Die Forderungen, dass antimikrobielle Agenzien weder die natürliche Balance der Mundflora zerstören, noch die Kolonisation exogener Organismen unterstützen oder zur Entwicklung von Resistenzen führen sollen (Marsh 1992), macht Langzeit-Untersuchungen notwendig, von denen es momentan allerdings noch relativ wenig in der internationalen Literatur gibt.

Tab. 2-6: Stoffgruppen und Beispiele von antimikrobiellen und plaquehemmenden Substanzen zur Anwendung in Zahnpasten (Marsh 1991)

Stoffgruppe	Beispiele
Antibiotika	Tetracyclin, Penicillin
Bisbiguanidine	Chlorhexidin (CHX), Alexidin
Enzyme	Mutanase, Amyloglucosidase/Glucoseoxidase
Ätherische Öle	Thymol, Eukalyptol
Fluoride	Monofluorphosphat
Metallionen	Zink, Zinn, Kupfer
Pflanzenextrakte	Sanguinarin
Phenole	Triclosan
quaternäre Ammoniumverbindungen	Cetyl-Pyridinium-Chlorid
Surfaktant	Natriumlaurylsulfat (NLS)

In der Bundesrepublik Deutschland fallen Zahn- und Mundpflegeprodukte aufgrund ihrer Anwendung in der Mundhöhle des Menschen unter die kosmetischen Mittel [§ 4 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG)], welche nicht zulassungspflichtig sind. Zugelassen werden müssen jedoch bestimmte Inhalts- und Zusatzstoffe kosmetischer Mittel wie Konservierungsstoffe, Farbstoffe und UV-Filter. Das Bundesinstitut für Risikobewertung bewertet die Inhaltsstoffe kosmetischer Mittel hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Unbedenklichkeit. Nach § 5a der Kosmetikverordnung müssen alle Riech- und Aromastoffe gekennzeichnet werden, wenn die Konzentration der Stoffe bei Mitteln, die ausgespült werden, 0,01% übersteigt.

2.5.2.1 Chlorhexidin

Chlorhexidin (CHX) gilt als das effektivste Anti-Plaque- und Anti-Gingivitis-Mittel (Loe et al. 1976, Quirynen et al. 2000, Carvalho et al. 2004). Der Wirkmechanismus beruht auf der elektrostatischen Anziehungskraft zwischen dem kationischen Agens und anionischen Teilen der bakteriellen Zelloberfläche. Es kommt zur Zerstörung der bakteriellen Zellmembran und in der Folge zu Zellyse und Zelltod.

Auf dem Gebiet der Halitosis-Therapie hat CHX in Kurzzeitstudien seine antibakterielle Effektivität in der Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen und organoleptischer Werte gezeigt (Bosy et al. 1994, De Boever et al. 1995). Auch der pH-Wert der dorsalen Zunge kann durch Mundspülungen mit 0,2% CHX (z. B. Corsodyl) abgesenkt werden (Bosy et al. 1994), was zu einer Hemmung der Geruchsentwicklung führen kann (Kleinberg et al. 1997). In der Parodontaltherapie findet CHX Verwendung in der full-mouth-disinfection. Im Gegensatz zur konsekutiven Parodontaltherapie, die aus quadrantenweisem deep scaling und Wurzelglättung in zwei bis vier Sitzungen im Abstand von je ca. einer Woche besteht, werden bei der full-mouth-disinfection innerhalb von 24 Stunden sämtliche Zahnfleischtaschen mechanisch gereinigt und zusätzlich alle oralen Nischen mit CHX-Spülungen respektive -Präparaten versehen. Darüber hinaus setzen die Patienten die Mundspülungen mit einem CHX-Präparat über einen Zeitraum von zwei Monaten fort. Bei Patienten mit schwer wiegender Parodontitis führte o. g. Therapie mit CHX zu einer schnelleren und größeren Reduktion organoleptischer Parameter, auch über einen Zeitraum von zwei Monaten (Quirynen et al. 1998). Im Gegensatz mit den organoleptischen Werten blieb die Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen (VSC) unverändert. In der o. g. Studie wurden Patienten mit profunder Parodontitis untersucht, die entsprechend einen hohen Gehalt von Methylmercaptan aufweisen (Yaegaki et al. 1992), welches aufgrund der geringen Sensitivität des Halimeters schlechter wahrgenommen werden kann als mit der menschlichen Nase (Yaegaki et al. 1992).

Therapeutische Wirkstoffkonzentrationen von 0,12 - 0,2% beeinflussen bei dauerhafter Anwendung die Standortflora und erzeugen Nebenwirkungen in Form von Verfärbungen von Zähnen und Zunge oder eine veränderte Geschmacksperzeption (Bosy et al. 1994, Roldan et al. 2003). Eine dauerhafte Anwendung von CHX-Präparaten mit dieser Wirkstoffkonzentration ist aufgrund der angesprochenen Nebenwirkungen ausgeschlossen. Es kann allerdings zur kurzzeitigen Anwendung im Rahmen der

Diagnosesicherung in Form von Gelen oder Mundspüllösungen sinnvoll angewendet werden (Seemann 2000).

Neuere Entwicklungen brachten niedrig dosierte CHX-Mundwässer kombiniert mit Cetyl-Pyridinium-Chlorid (CPC) und Zinklaktat (0,05% CHX, 0,05% CPC, 0,14% Zn-Laktat, Halita) hervor. Halita wies eine signifikante Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen und organoleptischer Werte auf, auch wenn es keinen Einfluss auf die Reduktion des Zungenbelages zeigte (Quirynen et al. 2002, Roldan et al. 2003, Winkel et al. 2003). In der Untersuchung von Quirynen et al. an Morning-Breath-Personen verursachte das niedrig dosierte CHX-CPC-Zinklaktat-Mundwasser (Halita) eine signifikant größere Reduktion der VSC-Werte als eine 0,2%ige CHX-Spüllösung auf Alkoholbasis (Corsodyl). Innerhalb der organoleptischen Parameter zeigten beide Mundwässer signifikante Reduktionen bezüglich der Baseline-Werte, obwohl für den Zeitraum der Testung keine mechanische Plaqueentfernung stattfand (Quirynen et al. 2002).

2.5.2.2 Chlor-Dioxid

Chlordioxid (ClO_2) und Chlorid-Anionen (ClO_2^-) vermögen flüchtige Schwefelverbindungen durch oxidative Vorgänge zu nicht riechenden Produkten umzuwandeln. Insbesondere die Aminosäuren L-Cystein und L-Methionin als Vorläufer der riechenden flüchtigen Schwefelverbindungen können durch ClO_2 und ClO_2^- oxidativ zu nicht riechendem Disulfid-Cystein und Sulfoxid-Methionin umgewandelt werden. Darüber hinaus sind Chlorid-Anionen hochwirksam bzw. toxisch bezüglich geruchsbildender Mikroorganismen (Silwood et al. 2001).

Verschiedene Studien mit Mundwässern (Frascella et al. 1998, Frascella et al. 2000) zeigten statistisch signifikante Reduktionen sowohl organoleptischer Werte allein als auch in Kombination mit VSC-Werten im Vergleich zu einer Wasser-Kontrollgruppe. Die wirksamste Spüllösung gegen Mundgeruch scheint eine Kombination aus Chlorid-Anionen und Chlordioxid (RetarDEX) zu sein, die im Vergleich mit fünf weiteren Mundpflegeprodukten eine mit Abstand längere Wirkung zeigte (Silwood et al. 2001).

Chlordioxid ist auch als hochwirksames Zahnbleichmittel auf dem Markt und wurde in dieser Darreichungsform vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hinsichtlich seiner Unbedenklichkeit untersucht. Innerhalb der ersten vier Tage nach Anwendung traten bei den Probanden Schleimhautreizungen und Mundwinkelrhagaden auf, die

reversibel waren. Weitere Untersuchungen erörterten die Frage nach aufgetretenen Nebenwirkungen nicht oder nur unvollständig, sodass das BfR zu der Schlussfolgerung kommt, dass die gesundheitliche Unbedenklichkeit für den Verbraucher nicht mit ausreichender Sicherheit belegt und eine mögliche Gefährdung der Anwender bzw. Verbraucher durch Chlordioxid nicht ausgeschlossen werden kann. Vor diesem Hintergrund scheint ein bedenkenloser Einsatz von Chlordioxid-Spüllösungen zur Therapie von schlechtem Atem nicht angebracht.

2.5.2.3 Metallionen

Es ist seit langem bekannt, dass einige Metallionen einen Plaque-inhibierenden Effekt haben. Insbesondere Zinn-, Zink- und Kupferionen wurden hier eingehend untersucht und beschrieben. Die Eigenschaft zur Hemmung der Plaqueakkumulation ergibt sich aus der Fähigkeit der Metallionen zur Reduzierung der glycolytischen Aktivität von Mikroorganismen durch Oxidation von schwefelhaltigen funktionellen Gruppen. Durch diese Oxidationsprozesse an essentiellen glycolytischen Enzymen kommt es zu einer Hemmung des bakteriellen Wachstums. Ein weiterer Effekt der Oxidation von Thiolgruppen sowohl von Vorstufen riechender flüchtiger Verbindungen als auch der riechenden Substanzen selbst, vor allem Schwefelwasserstoff und Dimethylsulfid, ist die Bildung vornehmlich nicht flüchtiger Oxidationsprodukte.

Young (Young et al. 2001) postulierte in einer In-vivo-Studie unter Zuhilfenahme eines Gaschromatographen die Hypothese der Schwefelaffinität als verantwortliche Größe für die VSC-Reduktion: in Abhängigkeit von der Stärke der Schwefelaffinität der einzelnen Metallionen kommt es zur VSC-Inhibition. Darüber hinaus arbeitete er heraus, dass es durch die Metallionen zu einer signifikant größeren Reduktion von Schwefelwasserstoff (H_2S) verglichen mit Methylmercaptan (CH_3SH) kam. Aufgrund der Tatsache, dass sowohl Kupfer- als auch Zinnionen die Zähne bei Daueranwendung verfärben können, werden die guten Ergebnisse oben genannter Studie relativiert und lassen eine dauerhafte Anwendung dieser Stoffe nicht zu. Obwohl Zinkionen im Vergleich einen geringeren antibakteriellen Effekt aufwiesen, sind sie wegen ihrer grau-weißen Farbe und des dadurch bedingten unsichtbaren Erscheinungsbildes sowie ihrer geringen Toxizität die am häufigsten verwendeten Metallionen in kommerziellen Produkten zur Bekämpfung von Mundgeruch (Young et al. 2001).

Das Wirkprinzip von Zinkionen beruht wahrscheinlich auf der Bildung von Sulfiden mit Vorstufen von VSCs mit geringer Löslichkeit, solange in der Mundhöhle freie Zinkionen verfügbar sind. Eine weitere Arbeit der gleichen norwegischen Arbeitsgruppe (Rolla et al. 2002) berichtete darüber, dass sich in der Mundhöhle vermutlich Liganden mit einer höheren Affinität zu Zinkionen befinden, als sie die Originalliganden der angewendeten Zinksalze aufweisen. Eine neue Chelatbildung unter Ligandenaustausch ($ZnL^1 + L^2 \rightarrow ZnL^2 + L^1$; L - Ligand) ist die Folge. Infrage kommende starke Liganden mit hoher Zinkaffinität sind Sulfid-Ionen wie HS^- und S^{2-} (Jonski et al. 2004), wobei letzterer der stärkere Ligand und der Prozess als selbstlimitierend einzustufen ist, solange Zink in der Mundhöhle verfügbar ist.

Dass es in Abhängigkeit von der Stärke der Schwefelaffinität der einzelnen Metallionen zur VSC-Inhibition kommt, wurde von Waler in einer In-vitro-Studie unter Verwendung eines Halimeters widerlegt (Waler 1997): innerhalb der Gruppe der untersuchten Metallionen hatte Zink eine mittlere Schwefelaffinität, aber trotzdem die höchste VSC-Inhibition (35%).

Aktuelle Studien der norwegischen Arbeitsgruppe um Young zeigen, dass es einen Synergismus und damit verbundene Wirkungsverstärkung bei Kombination von Zinkacetat mit kationischen Agenzien (Chlorhexidin bzw. CPC) gibt (Young et al. 2003, Young et al. 2003).

Bei regelmäßiger Benutzung von Kaugummis, die Zinkzusätze enthalten, konnte ebenfalls eine Reduktion der flüchtigen Schwefelverbindungen nachgewiesen werden (Waler 1997, Nachnani 1999), wohingegen bei Kaugummis ohne besondere Zusätze keine Wirkung zu verzeichnen war (Greenstein et al. 1997).

2.5.2.4 Triclosan

Triclosan (chemischer Name: 2, 4, 4'-trichloro-2'-hydroxydiphenylether) ist ein fettlöslicher antibakterieller Wirkstoff, welcher größtenteils als antiseptisches Agens benutzt wird. Es findet in der Kosmetikindustrie bereits seit den frühen 70er Jahren vor allem als Zusatz zu Deodorants, Seifen und dermatologischen Produkten Verwendung (DeSalva et al. 1989). In den späten 80er Jahren hielt Triclosan auch Einzug in orale Pflegeprodukte, wie z. B. Zahnpasten.

Der Wirkmechanismus von Triclosan beruht auf der Zerstörung der bakteriellen Zytoplasmamembran, was zu einem Verlust der zellulären Bestandteile führt (Williams

et al. 2003). Triclosan allein hat bei Anwendung in Form einer Mundspüllösung keinen Einfluss auf flüchtige Schwefelverbindungen (Giani et al. 1996). Durch Kombination von Triclosan mit Zinksalzen oder einem Copolymer wird dessen Aktivität und Wirksamkeit gesteigert (Giani et al. 1996). Als Copolymer wird 2%ige Polyvinylmethylether/Maleinsäure (PVM/MA) eingesetzt. Das Copolymer erhöht die Triclosanfreisetzung und -retention an oralen Oberflächen verglichen mit Formulierungen ohne Copolymerzusatz (Gaffar et al. 1990).

Die Wirkung von Triclosan ist abhängig vom Lösungsmittel wie z. B. Glycol und Polyethylenglycol (bei Mundwässern) bzw. von sonstigen Zusätzen wie z. B. geschmacksmodifizierenden Ölen (bei Zahnpasten). Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung handelsüblicher Zahnpasten und Mundwässer kann es sowohl zu positiven als auch negativen Beeinflussungen des klinischen Effektes von Triclosan kommen. Lösungen von Triclosan in reinem Polyethylenglycol weisen eine hohe Plaqueinhibition auf.

Zinkziträt und Triclosan haben komplementäre und additive antibakterielle sowie plaquehemmende Eigenschaften (Marsh 1991). Insbesondere obligate Anaerobier und Actinomyces-Vertreter weisen eine hohe Sensitivität gegenüber den zwei Substanzen auf, wohingegen orale Streptokokken weniger beeinflusst werden. Eine Zahnpasta mit Triclosan und Zinkziträt ohne ätherische Öle zeigte eine deutlich kürzere signifikante Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen als eine Vergleichszahnpasta mit gleichen Inhaltsstoffen und 0,7 bis 1,6% Ölanteil (Signal Global, Unilever Großbritannien) (Hoshi et al. 1996).

Raven zeigte, dass Kombinationen aus Zink und Triclosan zu signifikanten Reduktionen flüchtiger Schwefelverbindungen führten (Raven et al. 1996). In Abhängigkeit davon, ob die Substanzen Zahnpasten oder Mundwässern zugesetzt waren, stiegen die VSC-Werte nach einem starken initialen Abfall unmittelbar nach der Anwendung über einen Zeitraum von drei Stunden leicht an bzw. blieben nahezu konstant. Die höhere Effektivität eines Mundwassers erklärt Raven mit der im Vergleich zu einer Zahnpasta höheren Wirkstoffkonzentration und der besseren Ausbreitungs- und Retentionsmöglichkeit in der gesamten Mundhöhle wegen des fehlenden Ausspülens nach der Anwendung. Bei Mehrfachanwendung über einen Zeitraum von drei Wochen zeigte die Arbeitsgruppe um Raven eine zunehmende signifikante Reduktion der VSCs, welche für das Mundwasser größer war. Eine brasilianische Arbeitsgruppe um Nogueira-Filho untersuchte über einen Testzeitraum von drei Wochen eine Kombination

aus Triclosan (TCN) und Zink neben verschiedenen anderen Triclosan-Kombinationen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen (Nogueira-Filho et al. 2002). Im Vergleich mit den anderen Produkten (TCN+PVM/MA, TCN+Pyrophosphat, TCN+PVM/MA+Zink+Pyrophosphat) wies Triclosan mit Zink nach der Negativkontrolle die geringste VSC-Reduktion auf.

Ein handelsübliches Produkt mit 0,3% Triclosan und 2,0% Polyvinylmethylether/Maleinsäure (PVM/MA) ist Colgate Total (Colgate Palmolive, Hamburg, Deutschland), die in vielen Studien untersucht wurde.

Der erste Teil einer doppelblinden Longitudinalstudie mit 81 Probanden von Hu (Hu et al. 2003) berichtete über signifikante organoleptische Reduktionen von 55,4% nach einmaligem Gebrauch bis zu vier Stunden nach Anwendung. Durch Sharma et al. (Sharma et al. 1999, Sharma et al. 2002) wurde nachgewiesen, dass es nach einmaliger Anwendung von Colgate Total zu einer signifikanten Reduktion organoleptischer Parameter kam und sich eine Umwandlung von übelriechendem Mundgeruch zu angenehmen Gerüchen im Bereich der Mundhöhle vollzog (organoleptische Skala von 1 - 9, baseline > 6, nach zwölf Stunden < 5). Diese Umwandlung war auch nach zwölf Stunden noch verifizierbar (antibakterielle Langzeitwirkung).

Auf dem Sektor der Langzeitanwendung zeigte Colgate Total signifikante Reduktionen der instrumentell messbaren VSC-Werte (Niles et al. 1999, Nogueira-Filho et al. 2002, Niles et al. 2003). Die Arbeitsgruppe um Hu (Hu et al. 2003) wies in Abhängigkeit von der Anwendungsdauer organoleptische Reduktionen von maximal 56,9% bei dreiwöchiger Anwendung nach.

Einzige Kritiker in der gegenwärtigen internationalen Literatur sind Gerlach et al. (Gerlach et al. 1998), die für Colgate Total weder für die einmalige noch mehrfache Anwendung statistisch signifikante Reduktionen publizierten und sie bei Langzeitanwendung als vergleichbar mit einer Anti-Zahnstein-Zahnpasta mit Natriumfluorid und Pyrophosphat einstufen.

Wie aus einem Bericht des Institutes für Lebensmittelqualität und -sicherheit der Tierärztlichen Hochschule Hannover auf Seiten des Bundesinstitutes für Risikobewertung über Desinfektionsmittel im Haushalt hervorgeht, belegen neue Untersuchungen die Möglichkeit von Resistenzentwicklungen durch Triclosan. Betroffen

hiervon sind *E. coli*, Pseudomonaden und Mykobakterien. Darüber hinaus ist die Übertragbarkeit der Resistenz bei *Staphylococcus aureus* (MRSA) nachgewiesen. In-vitro-Untersuchungen zeigten eine Co-Resistenz gegenüber Antibiotika (Mupirocin), MRSA und *Pseudomonas aeruginosa*.

Die Verwendung von Triclosan in Zahnpasten wurde von verschiedenen Autoren kritisch geprüft: bereits 1989 untersuchten DeSalva et al. Triclosan hinsichtlich pharmakologischer und toxikologischer Aspekte und stellten seine Unbedenklichkeit in Zahnpasten fest (DeSalva et al. 1989). Die Unbedenklichkeit von triclosanhaltigen Zahnpasten über einen Anwendungszeitraum von zwölf Monaten wurde von Walker et al. (Walker et al. 1994) bestätigt. Williams et al. publizierten, dass Triclosan im Gegensatz zu anderen antimikrobiell wirksamen Agenzien nicht die oralen Weichgewebe irritiert und nicht zu Zahnverfärbungen führt (Williams et al. 2003).

2.5.2.5 Ätherische Öle

Die Grundlage der antimikrobiellen Eigenschaften von Ölen ist ihre Hydrophobizität. Viele orale Mikroorganismen besiedeln hydrophobe Oberflächen. Inhaltsstoffe ätherischer Öle wie Thymol, Menthol oder Eukalyptol sind in der Lage, diese Mikroorganismen zu emulgieren und zu eliminieren und finden vor allem in Mundwässern und darüber hinaus auch in Zahnpasten Verwendung. Ihre geringe Substantivität ist jedoch als problematisch einzuschätzen (Marsh 1991).

Die Mundspüllösung Listerine enthält neben Thymol, Menthol und Eukalyptol auch Methylsalicylat und bewies in mehreren Studien ihre Anti-Plaque- und Anti-Gingivitis-Eigenschaften (Kato et al. 1990, Charles et al. 2001, Carvalho et al. 2004). Im direkten Vergleich mit einer Anti-Plaque- bzw. Anti-Gingivitis-Zahnpasta (Colgate Total) schnitt Listerine bezüglich der Plaquehemmung deutlich besser ab (Charles et al. 2001). Darüber hinaus ist Listerine über einen Zeitraum von drei Stunden hinweg in der Lage, sowohl organoleptische als auch instrumentelle Parameter des Mundgeruchs positiv zu beeinflussen (Pitts et al. 1981, Pitts et al. 1983). Pitts und Brogdon wiesen allerdings darauf hin, dass es bis zu einem Zeitpunkt von 30 Minuten nach Anwendung zu einer Überdeckung des störenden Geruchs kommt (masking effect) und erst danach die Geruchsreduktion auf die antimikrobielle Aktivität zurückzuführen ist (Pitts et al. 1983).

Ätherische Öle finden darüber hinaus auch in 2-Phasen Mundwässern (zwei Phasen Öl:Wasser), z. B. in Kombination mit Cetyl-Pyridinium-Chlorid (CPC) (Rosenberg et al.

1992), und in Form von Zahnpasten (Olshan et al. 2000) Verwendung. Hier wurde gezeigt, dass Zahnpasten mit ätherischen Ölen 90 respektive 120 Minuten nach einmaliger Anwendung gegenüber einer Negativkontrolle größere signifikante Reduktionen aufwiesen, die organoleptisch messbar waren.

Ein weiteres Produkt auf natürlicher Basis, hier in Form von Petersilien-, Keim- und Sonnenblumenöl, sind BreathAsure-Kapseln, die allerdings in einer Studie an acht Patienten mit morgendlichem Mundgeruch keinen messbaren Einfluss auf die Gaskonzentrationen in der Atemluft hatten (Suarez et al. 2000). Bei Silwood et al. zeigten sie ebenfalls keine mundgeruchreduzierende Wirkung (Silwood et al. 2001).

Das ätherische Öl der Gewürznelke enthält Eugenol, ein antiseptisches, antiinflammatorisches Phenolderivat. Dieses findet im zahnärztlichen Bereich vorwiegend als Bestandteil von Einlagen oder provisorischen Zementen Verwendung. Ein Schweizer Pharmaunternehmen vertreibt eine Zahnpasta namens Fluocaril, die einen Gehalt von 0,25 mg Eugenol je 1 g Zahnpasta aufweist. Bislang liegen jedoch keine verwertbaren Untersuchungen zur antibakteriellen Wirksamkeit oder mundgeruchreduzierenden Wirkung vor. Bezüglich seiner biologischen Verträglichkeit ist das Nelkenöl nicht unumstritten, da es bei bestimmten Personen Kontaktallergien auslösen kann (Bundesinstitut für Risikobewertung). Es ist jedoch bekannt, dass die Schwellendosen zur Auslösung einer Allergie auf der Mundschleimhaut wesentlich höher sind (ca. 5-10fach) als die auf der normalen Haut (Zahnwissen-Lexikon 2005). Während Eugenol potenziell allergene Eigenschaften aufweist, ist dies bei Eugenolderivaten nicht zutreffend.

2.5.2.6 Wasserstoffperoxid

In der einzigen zur Zeit vorliegenden Vergleichstudie zur Reduktion von Mundgeruch, in der an Patienten mit Morning-Breath die Wirkung sechs verschiedener Therapiestrategien untersucht wurde, zeigte die Spülung mit 5 ml 3%igem Wasserstoffperoxid eine signifikante Reduktion der mittels Gaschromatographie bestimmten Schwefelgase Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan und Dimethylsulfid bis zu acht Stunden (Suarez et al. 2000). Während Zähneputzen bzw. die Einnahme von BreathAsure-Kapseln (s. o.) keinen messbaren Einfluss auf die Gaskonzentrationen hatte, verursachten sowohl Nahrungsaufnahme als auch Zungenreinigung eine starke Tendenz zu reduzierten Methylmercaptan-Werten.

2.5.2.7 Ozon

In einer klinischen Studie an 20 Probanden wurde die Wirksamkeit einer Mundspülung mit Ozon untersucht (Holmes 2005). Hierbei gurgelten die Probanden 30 Sekunden mit einer frisch hergestellten Spülung mit Ozon (2100 ppm). Im Anschluss wurde nach einer, fünf, 30 sowie 60 Minuten mit einem Halimeter die Konzentration flüchtiger Schwefelverbindungen bestimmt. Nach einem starken initialen Abfall von 42,5% unmittelbar nach der Spülung stieg die VSC-Konzentration wieder an. Nach 60 Minuten war der Baseline-Wert wieder erreicht bzw. überschritten.

Ozon scheint aufgrund der guten Wirksamkeit im Kurzzeitbereich eher für den präoperativen Einsatz als für eine suffiziente Halitosisbehandlung geeignet zu sein.

2.5.2.8 Natriumbikarbonat

Wenn Zahnpasten auch in den meisten Studien nicht so wirksam wie Mundwässer in der Mundgeruchsbekämpfung sind (Raven et al. 1996), kommt ihnen doch wegen der sehr regelmäßigen Anwendung eine wesentliche Bedeutung zu. Neben den oben bereits angesprochenen (antibakteriellen) Wirkstoffen befinden sich auch Zahnpasten mit Natriumbikarbonat (syn. Natriumhydrogenkarbonat) auf dem Markt.

Drake et al. (Drake et al. 1995) zeigten bei In-vitro-Versuchen eine größere antibakterielle Aktivität (v. a. gegenüber *Streptococcus mutans*) von einer Natriumbikarbonat (engl.: baking soda = Backpulver) enthaltenden Zahnpasta gegenüber Fluoridzahnpasten, die diese chemische Verbindung nicht aufwiesen.

Bezüglich der Hemmung von Mundgeruch ergaben klinische Untersuchungen, dass Natriumbikarbonatzusätze von mindestens 20% gegenüber einer regulären Fluoridzahncreme zu einer signifikanten Reduktion über drei Stunden führten (Niles et al. 1997, Brunette et al. 1998). So konnten bei Niles die VSC-Werte drei Stunden nach dem Putzen mit einer Natriumbikarbonatzahnpasta um 44% gesenkt werden. Diese war damit hochsignifikant besser als die Fluoridzahncreme, bei der die Reduktion nur 31% betrug (Niles et al. 1997). Im zweiten Teil der Studie von Brunette zeigten die Zahnpasten mit Natriumbikarbonat (20 respektive 30%) bei der organoleptischen Untersuchung signifikant höhere Reduktionen als die natriumbikarbonatfreien Zahnpasten bis maximal drei Stunden nach Anwendung unabhängig von der

Konzentration (Brunette et al. 1998). Die Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen konnte durch einen Zusatz von 2% Zinkzitat erhöht werden (Brunette et al. 1998).

2.5.2.9 Weitere Zusätze zu Zahnpasten

Mit Bezug auf die Veröffentlichung von Marsh (Marsh 1991) (Tab. 2-6, Seite 33) nachfolgend eine Erörterung weiterer antimikrobieller Bestandteile von Zahnpasten.

Antibiotika

Bei Hartley (Hartley et al. 1999) zeigte die Anwendung einer zehnpromzentigen Metronidazolspülung eine signifikante Reduktion der geruchsproduzierenden gramnegativen Bakterien und damit des Mundgeruchs bis zu 24 Stunden. Dessen ungeachtet sind Antibiotika als Zusatz zu Zahnpasten für einen routinemäßigen Gebrauch abzulehnen. Ihr Einsatz sollte für begründete Fälle in zeitlich begrenzter, topischer bzw. systemischer Form vorbehalten bleiben, um Resistenzentwicklungen vorzubeugen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist gesetzlich festgelegt, dass Antibiotika nicht in Kosmetikprodukten verwendet werden dürfen [Kosmetik-Verordnung, Anlage 1 (zu § 1) „Stoffe, die beim Herstellen oder Behandeln von kosmetischen Mitteln nicht verwendet werden dürfen“].

Enzyme

Verschiedene Enzyme wie Amyloglucosidase, Glucoseoxidase, Dextranase oder Mutase werden Zahnpasten mit dem Ziel zugesetzt, das Peroxidase-System des Speichels anzukurbeln bzw. die Plaqueakkumulation zu reduzieren.

Es bestehen jedoch Interaktionen dieser Enzyme mit anderen Bestandteilen (z. B. Tensiden).

Surfaktants (Tenside)

Surfaktants wie z. B. Natriumlaurylsulfat (NLS) dienen der Verringerung der Oberflächenspannung und führen die Schaumbildung herbei. Ein Vertreter ist Natriumlaurylsulfat (engl.: sodium lauryl sulphat, SLS). Es ist ein denaturierendes Agens mit einer hohen Affinität zu Proteinen, welches die Glycosyltransferase von *Streptococcus mutans* und das Transportsystem der Glucosephosphotransferase von *Streptococcus sobrinus* hemmt und so der Kariesprophylaxe dient. Nebenwirkungen

bestehen darin, dass NLS Chlorhexidin ausfällen und bakterielle Enzyme inaktivieren kann (siehe oben).

Das Tensid Natriumlaurylsulfat ist nicht unumstritten: es gilt als aggressiv und kann empfindliches Zahnfleisch reizen. Laut Stellungnahme der DGZMK aus dem Jahre 1993 sind jedoch Konzentrationen bis zu 2% als unbedenklich einzustufen.

Fluoride

Heutzutage weisen die meisten Zahnpasten aus kariesprophylaktischen Gründen einen Fluoridgehalt von ca. 0,1 bis 0,15% auf. Es hat in den verwendeten Konzentrationen eine geringe plaquehemmende Aktivität und ferner einen sehr gering ausgeprägten antimikrobiellen Effekt.

Pflanzenextrakte

Einige Pflanzenextrakte weisen eine antibakterielle Aktivität auf, wenn auch häufig nur in relativ hohen Konzentrationen.

Tsunoda berichtete, dass Epigallokatechin, Tee-Extrakte und Chlorophyll bei regelmäßiger Verwendung zu einer Reduktion flüchtiger Schwefelverbindungen führen (Tsunoda et al. 1996). Ferner konnte durch eine Applikation von Hefezellen auf die Zunge eine deutliche Reduzierung der VSC-Konzentration und des Zungenbelages erreicht werden (Yaegaki et al. 1999).

Quaternäre Ammoniumverbindungen

Quaternäre Ammoniumverbindungen wie z. B. Cetyl-Pyridinium-Chlorid (CPC) sind kationische Substanzen mit einer in der Regel geringen Substantivität. Durch Zugabe des amphipatischen CPCs zu einer Öl/Wasser-Mischung entsteht eine temporäre Emulsion, die eine langsame Abgabe des Wirkstoffes aus den Öltröpfchen und Adsorption von Mikroorganismen an die Ölphase ermöglicht (Ilan et al. 1996). Bereits bei Zugabe geringer Konzentrationen von CPC zu Mundspüllösungen kommt es zu einer gesteigerten Adhäsion von Mikroorganismen an die Ölphase. Durch die Kombination mit der Ölphase ist die Mundspüllösung (Assuta, Israel) wirksamer als reines CPC-Mundwasser.