Aus der Abteilung für
Zahnerhaltungskunde / Präventive Zahnheilkunde
Direktor: Prof. Dr. H.-J. Gülzow
der Universitätsklinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Hamburg-Eppendorf

Ein Vergleich der Speichelstimulation mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi unter Berücksichtigung von Pufferwirkung und Remineralisationspotential

---

Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Zahnmedizin
dem Fachbereich Medizin der
Universitätsklinik Hamburg

vorgelegt von
Dirk Burkhardt
aus Hamburg

Hamburg 1999

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: 2. Nov. 1999

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Sprecher: Prof. Dr. H.-P. Leichtweiß
Referent: Prof. Dr. H.-J. Gülzow
Korreferent: ./.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Literaturübersicht 4

2.1. Kaugummi und Speichelstimulation 4

2.2. Zuckerfreies Kaugummi 5

2.3. Zuckerhaltiges Kaugummi 6

2.4. Wirkung von Kaugummi auf Speichel und Plaque 7

2.5. Speichel 8

2.5.1. Fließrate 10

2.5.2. Pufferkapazität und pH-Wert 11

2.5.3. Bicarbonat 13

2.5.4. Protein 14

2.5.5. Phosphat und Calcium 16

2.5.6. Fluorid 17

2.6. Demineralisation und Remineralisation 18

3 Material und Methoden 21

3.1. Probanden 21

3.2. Kaugummi 21

3.3. Versuchsanordnung 21

3.4. Analysen 22

3.4.1. Fließrate 23

3.4.2. Speicheldichte 23

3.4.3. pH-Wert, Bicarbonat und Calcium 24

3.4.4. Pufferkapazität 25

3.4.5. Protein und Phosphat 25

3.5. Datenverarbeitung und Statistik 26

3.5.1. Wilcoxon-Vorzeichen-Test 27

3.5.2. Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman 28

3.5.3. U-Test nach Mann-Whitney 29

4 Ergebnisse 31

4.1. Unterschiede zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel sowie Unterschiede zwischen zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi 31

4.1.1. Fließrate 31

4.1.2. pH-Wert 33

4.1.3. Pufferkapazität 35

4.1.4. Bicarbonat 36

4.1.5. Gesamt-Protein 38

4.1.6. Anorganisches Phosphat 39

4.1.7. Calcium 40

4.1.8. Speicheldichte 42

4.2. Zusammenhänge zwischen Speichelparametern 43

4.2.1. Fließrate 43

4.2.2. pH-Wert 44

4.2.3. Pufferkapazität 45

4.2.4. Bicarbonat 48

4.2.5. Gesamt-Protein 49

4.2.6. Anorganisches Phosphat 51

4.2.7. Calcium 52

4.3. Vergleich zwischen den Geschlechtern 53

5 Diskussion 61

5.1. Speicheldichte 64

5.2. Wirkung von Kaugummi auf Pufferkapazität, pH-Wert und Mineralisationsvorgänge 65

5.3. Kaugummis 70

5.4. Fließrate 73

5.5. Bicarbonat 76

5.6. Protein 78

5.7. Anorganisches Phosphat 80

5.8. Calcium 81

5.9. Fluorid 83
5.10. Unterschiede zwischen Männern und Frauen 83

6 Zusammenfassung 86

7 Anhang 89
7.1. Einzelwerte der statistischen Auswertungen 89
7.2. Einzelwerte der Probanden 97

8 Literaturverzeichnis 104

1 Einleitung

Eine unbefriedigende Zahnpflege bleibt trotz aller Bemühungen um Verbesserungen immer noch Hauptrisikofaktor für Karies und Parodontopathien. Die allgemeine Einstellung zur Mundhygiene verbesserte sich in den letzten Jahren nicht im gleichen Maße wie die Entwicklung restaurativer Methoden voranschritt. Der Zahnarzt kann motivieren und die richtigen Methoden instruieren, aber die regelmäßige Durchführung bleibt immer dem Patienten selbst überlassen. Im Idealfall sollte das individuelle Verhalten des Einzelnen die Entstehung von Karies verhindern und dafür sorgen, daß schon vorhandene Restaurationen länger intakt bleiben.

Daß eine verbesserte Zahngesundheit sich darüber hinaus auch unmittelbar auf das Allgemeinwohl auswirkt und keineswegs nur kosmetische Bedeutung hat, zeigen Zusammenhänge zwischen Parodontitiden und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die in letzter Zeit verstärkt offensichtlich wurden. An diese Erkenntnisse passen sich Bewußtsein, Hygiene- und Ernährungsverhalten der Patienten allerdings nur langsam an. Ein hoher Pro-Kopf-Zuckerverbrauch und stagnierende Verkaufszahlen von Zahnbürsten sprechen nicht für eine verbesserte Einstellung zur Mundhygiene. So verbrauchte 1995 jeder Deutsche im Schnitt 1,8 Zahnbürsten pro Jahr und gab dafür ungefähr fünf DM aus (Gruner & Jahr-Marktanalyse, 1995). Jeder sechste besitzt noch immer überhaupt keine Zahnbürste. Daß finanzielle Gesichtspunkte für diese Tatsachen nicht entscheidend sind, zeigen die alljährlich steigenden Absatzzahlen elektrischer Zahnbürsten. Aus diesen Beispielen kann der Schluß gezogen werden, daß die Bevölkerung sich bequeme Methoden zur Zahnpflege wünscht, sie aber im allgemeinen nicht dazu bereit ist, alte Gewohnheiten bezüglich der Mundhygiene und Ernährung zu überdenken und zu verbessern. Eine Folge davon ist eine in verschiedenen Studien ermittelte durchschnittliche Kariesfrequenz von 99,9% in der erwachsenen Bevölkerung (Gülzow 1995).

Gerade weil die meisten Patienten zu einer guten Mundhygiene nicht in der Lage sind, muß weiter nach neuen Möglichkeiten zur Zahnpflege gesucht werden. Neue prophylaktische Maßnahmen brauchen in der Regel lange, um von der Bevölkerung praktiziert zu werden. Die Zustimmung für neue Methoden steigt sicherlich, wenn nicht zuviel vom Pa-

tienten verlangt wird, die Methode also einfach und ohne größeren Zeitaufwand durchzuführen ist.

Ein Beispiel für eine erfolgreiche Prophylaxemaßnahme ist die mittlerweile weitverbreitete Anwendung von Fluoriden. Hier wird deutlich, wie Mittel aussehen müssen, die von vielen Menschen tatsächlich genutzt werden. Die Einnahme von Fluorid ist bequem und nicht mit zusätzlichen Kosten verbunden. Dies trägt dazu bei, eine ausreichende Akzeptanz in der Bevölkerung zu schaffen. Neben fluoridiertem Salz oder Tabletten enthält heute praktisch jede Zahnpasta Fluorid, wodurch die Versorgung in der Bevölkerung stark verbessert wurde. Selbst einfache Mundhygienemaßnahmen wie das Zähneputzen konnten nicht annähernd im gleichen Maße optimiert werden wie die Anwendung von Fluoriden. So ist auch die seit Jahren kontinuierlich steigende Anzahl naturgesunder Gebisse in erster Linie auf den Einsatz von Fluoriden zurückzuführen. Untersuchungen von Gülzow et al. (1996) in Hamburger Kindergärten zeigen, daß in den Jahren 1977/78 lediglich 9% der untersuchten Kinder im Alter von drei bis sechs Jahren kariesfreie Gebisse aufwiesen. 1987 waren es schon 25,7% und 1993 stieg die Zahl auf 47,6%. Es ist davon auszugehen, daß die Bevölkerung Mundpflegeartikel ebenso benutzen würde, die ähnlich zeit- und kostenneutral anzuwenden sind wie Fluorid.

In dieser Erkenntnis liegt wohl auch ein Grund dafür, daß in letzter Zeit verstärkt Werbung für Kaugummis gemacht wurde. Durch Speichelstimulation soll der Entstehung von Karies vorgebeugt werden. Jeder Hersteller von Zahnpflegemitteln hat inzwischen auch zuckerfreies Kaugummi in sein Sortiment aufgenommen. Diese plötzliche Verbreitung ist etwas erstaunlich, denn es gibt zuckerfreies Kaugummi seit langem und in zahnmedizinischen Untersuchungen wird schon einige Zeit auf einen möglichen Nutzen hingewiesen (u.a. Söderling et al. 1975, Maiwald et al. 1982, Loesche et al. 1984, Jensen 1986).

Kaugummi als Mittel zur Mundpflege unterscheidet sich von anderen Prophylaxeartikeln, weil für die Patienten die Tatsache neu ist, daß ein Produkt mit vorher eher vorherrschendem negativem Image auch gut für die Zähne sein kann. Bei Jugendlichen ist Kaugummi zwar akzeptiert, allerdings in erster Linie als Genußmittel. Bei Erwachsenen dagegen wird es wohl eher skeptisch betrachtet und wurde höchstens für einen frischen Atem gekaut. Kaugummi erfüllt aber in der Tat einige Voraussetzungen, um von der breiten Masse benutzt zu werden. Es ist preisgünstig und bequem und überall einsetzbar, so daß es auch

unterwegs nach dem Essen oder nach Zwischenmahlzeiten gekaut werden kann. Als gleichwertiger Ersatz für die Zahnbürste kann es hier allerdings nicht dienen, denn eine gründliche Zahnsäuberung wird keinesfalls erreicht. Kaugummi als bequemes und mobiles Zahnpflegemittel kann also trotz einiger Vorteile immer nur eine hilfreiche Unterstützung für eine gute Mundhygiene bleiben.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Auswirkung von Kaugummi auf die Speichelsekretion genauer zu untersuchen, denn über die veränderte Speichelzusammensetzung nimmt Kaugummi auch Einfluß auf die Entstehung von Karies. Es wurden verschiedene Speichelparameter betrachtet, denen im allgemeinen eine Beziehung zur Neutralisation von Säuren und zu Mineralisationsvorgängen des Zahnschmelzes zugeschrieben wird. Durch die Verwendung von marktüblichem zuckerhaltigen und zuckerfreien Kaugummi für die Speichelstimulation wurde ein Vergleich dieser Kaugummisorten möglich. Es interessieren die Veränderungen des stimulierten Speichels gegenüber dem Ruhespeichel zu verschiedenen Zeitpunkten der Stimulation. Dabei ist die gegenseitige Beeinflussung der Speichelparameter und insbesondere die Beziehung zwischen der Pufferkapazität und dem Bicarbonat-Gehalt von besonderem Interesse. Die Versuche wurden so konzipiert, daß auch eventuell bestehende Unterschiede zwischen Männern und Frauen untersucht werden konnten.

2 Literaturübersicht

2.1. Kaugummi und Speichelstimulation

Durch Kauen von Kaugummi wird die Speichelsekretion erhöht. Dies geschieht durch mechanische und gustatorische Reize (Shannon und Frome 1973, Dawes 1990). Diese Erhöhung der Fließrate beeinflußt zusätzlich weitere Speichelparameter und auch andere orale Systeme wie die Plaque (u. a. Heintze et al. 1983, Jensen 1986 b, Dawes 1990, Edgar und Higham 1996).

Neben dem Kaugummi werden häufig auch andere Mittel zur Speichelstimulation verwendet. Dabei ist der Einfluß dieser Stimulantien auf die Fließrate unterschiedlich groß. Die höchste Speichelstimulation wird mit Säuren erreicht, weshalb z.B. Lebensmittel wie Rhabarber die Fließrate besonders stark anheben. Bonbons bewirken eine schwächere Speichelstimulation als Kaugummi (Dawes und Macpherson 1992). Auch Käse und Erdnüsse stimulieren den Speichelfluß und erhöhen somit den pH-Wert in der Plaque (Ten Cate 1986, Edgar und Higham 1996).

Kaugummi verliert mit zunehmender Kauzeit an Wirkung, so daß die Speichelstimulation schwächer wird. Der Grund hierfür ist, daß die Geschmacksstoffe schnell aus dem Kaugummi in den Speichel diffundieren und mit diesem heruntergeschluckt werden, so daß nur die mechanische Stimulation durch die Kieferbewegungen bleibt (Dawes 1990, Dawes und Macpherson 1992). Die Geschmacksstoffe des Kaugummis haben einen Einfluß auf die Höhe der Speichelsekretion. Shannon und Frome (1973) fanden z.B. eine stärkere Stimulation durch Kaugummi mit Zimtgeschmack als mit einem Kaugummi mit Pfefferminzgeschmack. Bei einer Speichelstimulation durch Kaugummi haben auch das Gewicht und die Härte des Kaugummis einen proportionalen Einfluß auf die Fließrate (Rosenhek et al. 1993). Die Größe des Kaugummis und die aufgewendete Kaukraft beeinflussen ebenso den Speichelfluß. Bei Stimulation von Parotisspeichel spielt sogar die Kauseite eine Rolle, denn ipsilaterales Kauen sorgt für stärkere Speichelsekretion (Jensen et al. 1998). Die Kaufrequenz hat dagegen keine nennenswerte Auswirkung auf die Höhe des Speichelflusses (Dong et al. 1995).

Die unterschiedlich starke Speichelstimulation einzelner Produkte beeinflußt auch die Plaque und hat dadurch Auswirkungen auf die Kariesentstehung. Vergleiche zwischen Sorbit-gesüßtem Kaugummi und Kaugummimaterial ohne Geschmacksstoffen (gum base) haben ergeben, daß die Fließrate des Speichels und damit auch der pH-Wert in der Plaque durch das Sorbit-Kaugummi am Anfang der Stimulationszeit deutlich stärker angehoben werden. Mit zunehmender Kauzeit und damit verbundenem Verlust von Geschmacksstoffen gleichen sich die Fließraten dann wieder an, und gegen Ende der Stimulation ist die Fließrate mit Kaugummi sogar niedriger als mit gum base (Dong et al. 1995). Versuche von Jensen et al. (1998) mit zuckerfreiem Kaugummi und Paraffin bestätigen diese Ergebnisse. Die Geschmacksstoffe haben also einen großen Einfluß auf die Speichelsekretion (Yankell und Emling 1988). Für die neutralisierende Wirkung des Speichels spielt es bei ausreichend langer Kauzeit keine Rolle, ob Paraffin oder Sorbit-Kaugummi gekaut wird (Jensen 1986 b).

Die Wirkung des stimulierten Speichelflusses auf die Plaque und dadurch auch auf die Zähne ist von großer Bedeutung. So wird der Speichel z.B. durch Kaubewegungen mechanisch in unzugängliche Approximalräume befördert und neutralisiert so die sich dort befindende Plaque (Jensen 1986 a). Kaugummikauen reduziert auch in gewissem Maß die Plaquemenge (Addy et al. 1982). Dennoch kann Kaugummikauen die klassische Zahnreinigung mittels Zahnbürste und Zahnseide auf keinen Fall ersetzen.

2.2. Zuckerfreies Kaugummi

Die Saccharose wird in zuckerfreien Kaugummis in der Regel durch Kombinationen von Zuckeraustauschstoffen und kleinen Mengen von Zuckerersatzstoffen ersetzt. Häufig verwendete Zuckerersatzstoffe sind Saccharin, Cyclamat oder Aspartam. Die üblichen Zukkeraustauschstoffe sind Sorbit, Mannit und Xylit. Aus Kostengründen wird hauptsächlich das billigere Sorbit verwendet. Dieser Zuckeralkohol ist eine Hexose, die den Nachteil hat, in gewissem Maße von kariogenen Mikroorganismen abgebaut werden zu können. Der Abbau geschieht allerdings langsam, weil die Bakterien nur wenig von den dafür nötigen Enzymen besitzen (Gülzow 1995). Als Endprodukt des Stoffwechsels von Sorbit oder auch Mannit entstehen anstelle von Säuren vermehrt Alkohole, die für den Zahn weit weniger

schädlich sind (Loesche et al. 1984). Kaugummi, das mit Sorbit gesüßt ist, wirkt nicht kariogen, es ist allerdings auch nicht antikariogen (Glass 1983).

Noch wirkungsvoller als Sorbit ist die Verwendung des Zuckeraustauschstoffes Xylit. Dieser Pentosealkohol kann von Bakterien nicht abgebaut werden, so daß keine zahnschädigenden Stoffwechselprodukte entstehen. Bei einem vierwöchigen Versuch mit Kaugummis, die entweder mit Fructose oder einer Mischung aus Sorbit und Mannit oder mit 59% Xylit und 18% Sorbit gesüßt waren, waren die Werte von Strep. mutans und Laktobazillen in Speichel und Plaque mit dem xylithaltigen Kaugummi signifikant niedriger als mit den anderen Kaugummis. Die Werte waren sogar niedriger als vor Versuchsbeginn und die Reduktion hielt vier Wochen an. Dafür war allerdings eine Xylit-Menge von 5 g pro Tag nötig (Loesche et al. 1984). Die Anzahl von Strep. mutans in der Plaque sinkt bei regelmäßiger Einnahme von Xylit-Kaugummi, weil deren Adhäsionskraft abnimmt. Damit verbunden ist eine Reduktion der Plaque. Im Speichel sinkt die Zahl der Strep. mutans nicht, aber durch deren verringerte Polysaccharidbildung sind die Bakterien weniger kariogen. Xylit wirkt also antikariogen (Isokangas et al. 1991, Söderling et al. 1991). Durch den erfrischenden Geschmack des Xylit soll auch die Speichelfließrate steigen, wodurch wiederum Pufferkapazität und Remineralisationseffekte zunehmen (Leach und Green 1980).

Der Austausch von Saccharose durch Xylit hat in Lebensmitteln eine positive Wirkung hinsichtlich der Kariesprävention. Nachteilig ist der im Vergleich zu Saccharose zehnfach höhere Preis von Xylit (Gülzow 1995).

2.3. Zuckerhaltiges Kaugummi

Mit Saccharose gesüßtes Kaugummi liefert kariogenen Mikroorganismen wie Strep. mutans Substrat für deren Stoffwechsel. Saccharose ist außerordentlich kariogen, weil bei der Spaltung der glykosidischen Bindung zwischen der Glucose und Fructose mehr Energie freigesetzt wird als beim Abbau anderer Kohlenhydrate. Mit dieser Energie können von den Mikroorganismen in besonderem Maße extra- und intrazelluläre Polysaccharide gebildet werden (Schiffner 1997). Außerdem kann Saccharose als kleines, ungeladenes Molekül leicht in die Plaque diffundieren (Krasse 1986). Zuckerhaltiges Kaugummi enthält so viel

Saccharose, daß noch bis zum Ende der Kauzeit geringe Mengen von Zucker vorhanden sind. Ein zuckerhaltiges Kaugummi wird also auch bei langem Kauen niemals zu einem zuckerfreien Kaugummi. Die Höhe der freigesetzten Zuckermenge ist dabei von der Größe des Kaugummis abhängig (Rosenhek et al. 1993). Der Zucker und andere Geschmacksstoffe aus dem Kaugummi werden jedoch sehr schnell durch den Speichel weggespült. So ist zwei Minuten nach einer Zuckereinnahme die Zuckerkonzentration im Speichel schon niedriger als in der Plaque (Lagerlöf 1990).

Die kariesverursachende Wirkung von mit Saccharose gesüßtem Kaugummi ist nicht eindeutig geklärt. Eine Übersicht verschiedener Studien (Edgar und Geddes 1990), welche die Kariogenität von zuckerhaltigem Kaugummi zum Inhalt haben, zeigt keine eindeutigen Resultate. Einige Untersuchungen kommen zu dem Schluß, daß zuckerhaltiges Kaugummi nicht karieshemmend oder sogar kariogen ist (Finn und Jamison 1967, Scheinin 1975, Baron 1981, Glass 1991), während andere Autoren keinen Einfluß von zuckerhaltigem Kaugummi auf die Entwicklung von Karies erkennen können (Volker 1948, Toto 1960, Slack 1972). Es wird jedoch bei allen Untersuchungen übereinstimmend bestätigt, daß der richtige Zeitpunkt des Kauens wichtig ist. Zuckerhaltiges Kaugummi sollte direkt nach einer Mahlzeit gekaut werden, damit die neutralisierende Wirkung der erhöhten Fließrate voll zur Geltung kommen kann.

2.4. Wirkung von Kaugummi auf Speichel und Plaque

Plaque hat einen stärkeren unmittelbaren Bezug zur Karies als Speichel, denn Karies entsteht in erster Linie unter einer Plaqueschicht. Allerdings sind Speichel und Plaque durch ständigen Ionenaustausch untrennbar miteinander verbunden und deshalb als ein System zu betrachten. So nimmt z.B. der Speichel unmittelbaren Einfluß auf den pH-Wert der Plaque, indem durch die Diffusion von Bicarbonat aus dem stimulierten Speichel in die Plaque Säureangriffe abgepuffert werden (Lagerlöf 1990). Dabei ist die Fließgeschwindigkeit des Speichels für den pH-Wert der Plaque mit entscheidend, denn bei niedrigem Speichelfluß (Ruhespeichel) diffundieren Säuren aus dem Bakterienstoffwechsel von der Plaque in den Speichel. Der Speichel wird bei einer niedrigen Fließrate nicht schnell genug verschluckt, so daß keine Säure entfernt wird und diese im Mund angehäuft werden kann. Damit bleibt

der pH-Wert von Speichel und Plaque erniedrigt. Bei unstimuliertem Speichelfluß ist daher die Clearance von Säuren aus der Plaque erschwert. Die Fließgeschwindigkeit und damit die lokale Clearance ist vom Ort in der Mundhöhle abhängig und differiert stark (Macpherson und Dawes 1991, Macpherson et al. 1991). Bukkale Zahnflächen werden schlechter vom Speichelfluß erreicht als linguale Flächen (Macpherson und Dawes 1993). Wenn der Speichelzutritt gering ist, wie es z.B. an Approximalflächen des Zahnes der Fall ist, sinkt an diesen Stellen auch der pH-Wert der Plaque stärker ab und die Zahl der Bakterien ist gegenüber Glattflächen erhöht (Schachtele und Jensen 1981).

Die mit Kaugummi hervorgerufenen Veränderungen der Speichelparameter nehmen Einfluß auf die Plaque. Daraus ergeben sich günstige Auswirkungen auf die Kariesentwicklung. Kaugummikauen sorgt dafür, daß während einer Meßzeit von zwei Stunden nach dem Essen von Fastfood-Gerichten der pH-Wert in der Plaque nicht unter den kritischen Wert von 5,7 fällt. Ohne Kaugummi sinkt dagegen der pH-Wert bis maximal 3,5 ab, und auch Spülen mit Wasser im Anschluß an die Mahlzeit kann den pH-Wert nur kurzfristig erhöhen (Park et al. 1990 b). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Jensen und Wefel (1989). Park et al. (1990 a) stellten in ihrer Untersuchung fest, daß die Zeit, in der ein pH-Wert von 5,7 in der Plaque unterschritten ist, um 85 % bzw. 68 % verkürzt werden konnte, wenn 15 Minuten nach dem Essen von zucker- oder stärkehaltigen Snacks ein Sorbit-Kaugummi für zehn Minuten gekaut wurde. Auch Jensen (1986 a) fand, daß nach dem Essen von Snacks der pH-Wert der Plaque durch Kauen von Sorbit-Kaugummi dauerhaft über pH=5,7 gehalten werden kann. Das Kauen von Sorbit-Kaugummi kann bei Menschen mit niedrigem Speichelfluß auch Wurzelkaries vorbeugen, indem durch die erhöhte Speichelsekretion Plaquesäuren auf freiliegenden Zahnwurzeln schneller neutralisiert werden (Abelson et al. 1990).

2.5. Speichel

Der Speichel wird in den drei großen paarigen Speicheldrüsen (Gl. parotidea, Gl. sublingualis und Gl. submandibularis) und zahlreichen kleinen akzessorischen Drüsen in Lippen, Zunge, Wangen und Gaumen gebildet. Alle Drüsen sezernieren voneinander stark abweichende Speichelzusammensetzungen. Die täglich produzierte Speichelmenge beträgt nach Dawes (1990) ca. 540 ml. Dabei wird bei einer Ruhesekretion von 0,3 ml/min von einer

Tagesmenge von 300 ml ausgegangen. Hinzu kommen während durchschnittlich 54 min Kauen rund 200 ml (≈ 4 ml/min) stimulierter Speichel und eine nächtliche Menge von insgesamt 40 ml (≈ 0,1 ml/min). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Jenkins (1978). Die Menge des Ruhespeichels und damit dessen pH-Wert und Pufferkapazität kann ein wenig erhöht werden, wenn über mehrere Wochen regelmäßig kauintensive, härtere Nahrung oder Kaugummi gekaut wird. Auch die Fließrate des stimulierten Speichels wird dadurch etwas größer. Der Grund dafür ist wahrscheinlich eine Vergrößerung der Speicheldrüsen (Jenkins und Edgar 1989, Dawes 1990, Dodds et al. 1991).

Die Gl. parotidea trägt zum Ruhespeichel eine Menge von ca. 20 % bei, die Gl. submandibularis 65 % und die Gl. sublingualis sowie die kleinen Speicheldrüsen sind jeweils mit 7-8 % an der Gesamtmenge der Speichelsekretion beteiligt (Dawes 1990). Bei stimulierter Fließrate wächst der Anteil der Parotis an der Gesamtmenge auf ca. 50 % (Hanson 1961, Shannon 1968, Dawes 1990).

Der Speichel mischt sich im Mund mit Plaquefluid, Sulkusflüssigkeit, Zellen und Epithelresten der Schleimhäute. Dazu kommen Mikroorganismen und von diesen produzierte Stoffwechselprodukte (König 1987). Gesamtspeichel besteht zu 99% aus Wasser (FDI Working group 10, 1992). Weiterhin sind 3-8 g/l sezernierte Stoffe im Gesamtspeichel enthalten, wovon ein Drittel anorganisch und der Rest organisch ist (König 1987).

Der sezernierende Teil der Speicheldrüse ist der Azinus. Die Sekretion des Speichels geschieht unter dem Einfluß des autonomen Nervensystems. Bei parasympathischem Stimulus auf die Drüsen werden mehr Elektrolyte und mehr Flüssigkeit sezerniert, während bei sympathischem Stimulus die Ausschüttung von Proteinen überwiegt (Smith 1996). Insgesamt überwiegt die parasympathische Innervation (Whelton 1996). Die Makromoleküle des Speichels wie Polypeptide und Proteine werden in den Azinuszellen der Drüsen synthetisiert und sezerniert (FDI Working group 10, 1992, Smith 1996). Die Elektrolyte und die kleinen organischen Moleküle entstammen dem Blutplasma, so daß der primäre in den Drüsen gebildete Speichel mit dem Blut isotonisch ist. Beim Sekretionsvorgang werden dann Ionen (u.a. Na^+, Cl^-, Bicarbonat) zurückresorbiert, woraufhin der Speichel, der in den Mund gelangt, hypotonisch ist. Diese Rückresorption geschieht in erster Linie im Ausführungsgang (Smith 1996).

Der Speichel reinigt die Mundhöhle von Nahrungsresten und Mikroorganismen. Er ist unerläßlich für das Sprechen und das Schlucken. Außerdem sorgt er für die Wahrnehmung von Geschmack. Inhaltsstoffe wie Bicarbonat, Proteine oder Phosphat sorgen für eine Pufferwirkung des Speichels gegenüber schädlichen Säuren. Durch den Gehalt an Calcium, Phosphat und Fluorid übt der Speichel eine remineralisierende Wirkung auf die Zahnhartgewebe aus. Immunologisch wirksame Bestandteile sorgen für eine spezifische und unspezifische Abwehr von Bakterien, Viren und Pilzen in der Mundhöhle. Außerdem bietet der Speichel Schutz vor Austrocknung und Verletzung der Schleimhäute. Durch im Speichel enthaltene Enzyme wird schon in der Mundhöhle die Verdauung eingeleitet (FDI Working group 10, 1992). Die Bestandteile von Speichel, Plaque und Zähnen stehen zueinander in einem dynamischen Gleichgewicht.

Der Speichel ist für die Gesunderhaltung der Mundhöhle unentbehrlich, er dient aber gleichzeitig als wichtige Nährstoffquelle für orale Mikroorganismen (König 1987). Darüber hinaus hat der Speichel auch Einfluß auf andere Organe. Durch Verschlucken von Speichel wirken darin enthaltene Puffer z.B. einer Reflux-Oesophagitis entgegen, indem zurückfließende Magensäure neutralisiert wird (Helm et al. 1982).

Der Einfluß des Speichels auf die Kariesentstehung kann nicht genau bestimmt werden. Direkte Zusammenhänge zwischen Speichelparametern (z.B. Fließrate, Gehalt von Lysozym oder sIgA usw.) und Karies lassen sich nicht eindeutig feststellen. Einzig der Pufferkapazität wird eine Korrelation zur Karies zugeschrieben (Ericsson 1959, Shannon und Frome 1973, Krasse 1986, FDI Technical report 31, 1988).

2.5.1. Fließrate

Die Fließrate des Speichels unterliegt starken Schwankungen. Von der Fließrate und damit auch von der Stimulationsart und der Dauer der Stimulation ist sowohl die Zusammensetzung des Gesamtspeichels als auch dessen pH-Wert und Pufferkapazität abhängig. Änderungen gibt es z.B. durch Nahrungsaufnahme, Rauchen (Parvinen 1984), die Tageszeit (Ericsson 1959, Naujoks et al. 1961, Whelton 1996) oder die Jahreszeit (Shannon 1966, Whelton 1996). Auch die Lichtverhältnisse haben Einfluß auf die Fließrate. Das Verbinden der Augen führt ebenso zu verringertem Speichelfluß wie ein Aufenthalt in abgedunkelten

Räumen (Dong und Dawes 1995). Die Speichelmenge wird auch durch die Wasseraufnahme durch Trinken bestimmt (Ericsson 1959, Lehmann 1992). Bei chronischer Mangelernährung ist die Fließrate des stimulierten Speichels ebenso wie die Pufferkapazität reduziert (Johansson et al. 1992). Das Lebensalter hat keinen Einfluß auf die Speichelsekretion. Niedrige Fließraten bei älteren Menschen werden meistens von eingenommenen Medikamenten ausgelöst (Heintze et al. 1983, Meurman und Rantonen 1994, Sreebny 1996). Bestimmte Medikamente haben eine inhibitorische Wirkung auf die Speichelsekretion. Zu diesen Medikamenten gehören u.a. Antidepressiva, Diuretika, Anticholinergika, Sedativa, Neuroleptika oder Antihistaminika (Krasse 1986, König 1987, Meurman und Rantonen 1994).

In einigen Untersuchungen wird auf einen Einfluß des Geschlechtes auf die Fließrate hingewiesen. So wurde ermittelt, daß Frauen einen niedrigeren Speichelfluß haben als Männer (Heintze et al. 1983, Parvinen 1984, Meurman und Rantonen 1994).

Durch den Speichel werden feste Nahrungsbestandteile und Säuren aus der Nahrung verdünnt, neutralisiert und abtransportiert. Der Speichelfluß ist eine Art körpereigener Abwehrmechanismus gegenüber oralen Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten, indem diese durch Wegspülen und Herunterschlucken aus dem Mund entfernt werden. So ist die Fließrate auch ein wichtiges Maß für die Clearance von schädigenden Substraten aus dem Mund. Bei niedriger Fließrate ist die Anzahl von Streptococcus mutans und Laktobazillen im Speichel erhöht (Krasse 1986). Die Fließrate des Ruhespeichels hat wegen der anhaltenden Clearance von kariogenen Stoffen einen wichtigen Einfluß auf die Kariesaktivität (Dawes 1983). Die Auswirkungen von zu geringer Speichelsekretion werden besonders bei Menschen deutlich, die an Xerostomie leiden. Diese Patienten haben oft vermehrt Karies. So korreliert niedriger Speichelfluß auch signifikant mit einem häufigen Vorkommen von Wurzelkaries (Abelson et al. 1990).

2.5.2. Pufferkapazität und pH-Wert

Puffer sind Stoffe, die in der Lage sind, bei Zugabe von Säuren oder Basen den pH-Wert einer Lösung relativ konstant zu halten. Dies ist gerade bei physiologischen Lösungen von großer Bedeutung.

Ein Puffersystem für den sauren Bereich besteht aus einer schwachen Säure und ihrer konjugierten Base. Das Konzentrationsverhältnis dieser beiden Substanzen ist mitbestimmend für den pH-Wert des gesamten Systems. Die Puffersubstanz bindet Wasserstoffionen von stark dissoziierten Säuren, so daß diese dann in weniger dissoziierte Säuren umgewandelt werden. Als Folge davon sinkt der pH-Wert der Lösung auch bei einem Zusatz erheblicher Mengen von Säuren kaum. Jedes Puffersystem hat einen spezifischen pK-Wert. Das Optimum der Pufferwirkung des Systems liegt im Bereich pK ± 1. Hier ist die Kapazität des Puffers am größten, pH-Veränderungen zu kompensieren (Löffler und Petrides 1990).

Die Pufferkapazität gibt die quantitative Leistungsfähigkeit eines Systems an, pH-Veränderungen zu kompensieren. Sie wird chemisch durch die Anzahl (mmol) von Protonen oder Hydroxylionen bestimmt, die in einem Liter Pufferlösung eine pH-Änderung von 1,0 bewirkt. Die Dimension ist mmol/l/pH. Die Pufferkapazität ist abhängig von der Gesamtkonzentration des Puffersystems und der Entfernung des pK-Wertes des Puffersystems vom pH-Wert der Lösung. Sie ist am größten, wenn der pH-Wert der zu puffernden Lösung mit dem pK-Wert des Puffers übereinstimmt (Löffler und Petrides 1990).

Die Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels wird von vielen Untersuchern vereinfacht, indem die Speichelprobe mit einer schwachen Säure gemischt wird und die resultierende pH-Erniedrigung als Maß für die Pufferkapazität dient. Diese Methode weicht von der exakten chemischen Bestimmung der Pufferkapazität ab. Die Vereinfachung ist allerdings sinnvoll, denn bei der Pufferkapazität des Speichels interessiert im Hinblick auf die Zahngesundheit in erster Linie die Reaktion auf Säureangriffe durch Nahrungsmittel oder Stoffwechselprodukte der oralen Mikroorganismen. Alle verschiedenen Puffersysteme des Speichel werden mit diesem einfachen Vorgehen erfaßt. Eine derartige Bestimmung der Pufferkapazität ist also eine sehr praxisnahe Methode und kann auch bei großer Anzahl von Proben schnell durchgeführt werden.

In biologischen Lösungen wie Speichel oder Blut kommt mehr als ein Puffersystem vor. Gerade im Speichel sind bedingt durch die Nahrungsaufnahme große pH-Schwankungen auszugleichen, so daß die Puffersysteme in der Lage sein müssen, den pH-Bereich von 4 bis 9 kurzzeitig abzudecken. Die Möglichkeit der Säureneutralisation dient dem Zahn als Schutz vor einer Entkalkung. Bei einem Abfall des pH-Wertes unter 5,7 ist eine pathologi-

sche Demineralisation oder Erosion des Schmelzes die Folge, wenn andere ungünstige Faktoren hinzu kommen. Dazu zählen die Dauer der Säureeinwirkung, der Sättigungsgrad von Speichel und Plaque mit Calcium-Phosphat, die Art und Aktivität dieser Ionen und die Diffusionsverhältnisse am Zahn (König 1987). Der wichtigste Pufferbereich liegt dementsprechend im leicht sauren Milieu bei pH-Werten von 5 bis 7. Hier werden in erster Linie Bicarbonat, Phosphat und Proteinen eine Pufferwirkung zugeschrieben. Darüber hinaus können wohl auch andere Stoffe puffern. So tragen stickstoffhaltige Verbindungen wie Harnstoff, Ammoniak oder basische Aminosäuren (z.B. Arginin, Histidin, Lysin) zur Pufferkapazität des Speichels bei, weil sie als schwache Basen wirken (König 1987, Rosenhek et al. 1993). Selbst Acetat, das Salz der Essigsäure, wirkt gegenüber der bei einer Glykolyse des Zuckers entstehenden stärkeren Milchsäure als Puffer, indem es Protonen aufnimmt. Die neu entstandene Essigsäure ist schwächer als Milchsäure, wodurch ein weiterer pH-Abfall verringert wird und somit die Demineralisation des Zahnes eingeschränkt wird (Margolis et al. 1985).

Die Pufferkapazität scheint enge Zusammenhänge mit der Speichelfließrate und der Bicarbonat-Konzentration zu haben. Rauchen hat einen negativen Einfluß auf die Pufferkapazität, ebenso wie ein systemischer Mangel an Proteinen, wie er z.B. bei Magersucht vorkommen kann (Wikner und Söder 1994). Von allen Speichelparametern weist die Pufferkapazität die höchste Korrelation mit der Kariesaktivität auf (Ericsson 1959, Krasse 1986).

2.5.3. Bicarbonat

Der Bicarbonat-Gehalt des Speichels entstammt dem Blutplasma. Aus diesem gelangt das Bicarbonat durch ionenselektive Kanäle in die Zellen der Speicheldrüsen. Weil bei Speichelstimulation die Bicarbonat-Konzentration des Speichels zum Teil weit über die Plasmakonzentration von 24 mmol/l hinaus ansteigt, wird davon ausgegangen, daß Bicarbonat auch aktiv im Drüsenazinus gebildet und ausgeschüttet werden kann. (Smith 1996). Die niedrige Konzentration im Ruhespeichel liegt darin begründet, daß ein großer Teil des primär sezernierten Bicarbonats von Zellen des Speicheldrüsenausführungsganges zurückresorbiert wird.

Das Bicarbonat-System gilt als das Hauptpuffersystem des Speichels. Nach Helm et al. (1982) und König (1987) wird der pH-Wert des Ruhespeichels ungefähr zu 60 % und der pH-Wert des stimulierten Speichels zu 90 % vom Bicarbonat-Puffer bestimmt. Die Wirkung vom Bicarbonat läßt sich mit folgender Reaktionsgleichung beschreiben:

$$HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$$

Das Bicarbonat verbindet sich mit den Protonen der zu puffernden dissoziierten (starken) Säure zu Kohlensäure. Kohlensäure liegt im Speichel in einer Konzentration von 1,3 mmol/l vor und wird über Wechselbeziehungen zum Blutplasma konstant gehalten. Darüber hinaus entstehende Mengen zerfallen spontan zu Wasser und CO_2. Dieses saure CO_2 wird über die Atmung freigesetzt, wodurch ein weiterer pH-Anstieg im Speichel erreicht wird. Kohlensäure wird also nicht angehäuft (Ericsson 1959, König 1987). Durch dieses Ersetzen einer starken Säure durch die schwache Kohlensäure wird ein starker Abfall des pH-Wertes des Speichels verhindert. Der Bicarbonat-Puffer hat ein pH-Optimum von 6,1, das von dem pK-Wert des Systems bestimmt wird.

Die große Bedeutung des Bicarbonat-Puffers entsteht durch die hohe Geschwindigkeit der CO_2-Freisetzung. Dadurch liegt ein offenes Puffersystem vor. Das Endprodukt CO_2 wird nicht angehäuft, wodurch die Wirksamkeit des Systems deutlich erhöht wird. Das Wirkungsmaximum bei einem pH-Wert von 6,1 liegt günstig für die Abwehr von Säureangriffen. Sehr wichtig für die neutralisierende Wirkung des Speichels ist die Zunahme der Bicarbonat-Konzentration bei steigender Fließrate.

2.5.4. Protein

Im Speichel ist eine Vielzahl von Proteinen mit den unterschiedlichsten Aufgaben enthalten. Die Glykoproteine (Muzine) bilden den größten Anteil der organischen Speichelbestandteile. Sie werden überwiegend in den Azinus-Zellen der Gl. sublingualis produziert. Glykoproteine schützen die Schleimhäute, machen die Nahrung gleitfähig und sind Teil des Schmelzpellikels. Außerdem sorgen sie für Agglutination von Bakterien, die so durch Verschlucken aus der Mundhöhle effektiver entfernt werden können. Damit sind sie ein Teil der unspezifischen Abwehrmechanismen des Speichels. Glykoproteine können bei

unzureichender exogener Zufuhr von abbaubaren Kohlenhydraten in gewissem Maße auch als Substrat für plaquebildende Mikroorganismen dienen (Rogers 1948, Ericsson 1959, König 1987).

Zu den unspezifischen immunologischen Abwehrsystemen des Speichels zählen auch Proteine wie Lysozym, Laktoferrin, das Peroxidase-System oder Histidin-reiche Peptide (Marsh und Martin 1992). Als spezifische Abwehrmechanismen wirken ebenfalls Proteine. Die speziellen Antikörper des sekretorischen IgA haben in dieser Stoffgruppe die größte Konzentration. Die antibakterielle Wirkung der Speichelproteine ist allerdings nicht so stark, als daß sie vor einer Demineralisation der Zähne schützen könnte (Schiffner 1997).

Der Speichel enthält verschiedene Enzyme wie Hyaluronidase, saure und alkalische Phosphatase, Enzyme der Glykolyse, Proteinasen, Ureasen und Esterasen. Amylase bewirkt schon im Mund eine Spaltung von Stärke. Außerdem sind Serumproteine wie Albumin, Lipoproteine und Immunglobuline vorhanden. Nach Jenkins (1978) können im Gesamtspeichel 18 freie Aminosäuren nachgewiesen werden. Statherin, ein Tyrosin-reiches Peptid aus 43 Aminosäuren mit einem Molekulargewicht von 5400, beeinflußt die Anheftung von Mikroorganismen an das Pellikel und hemmt spontanes Ausfällen sowie das Wachstum von Calcium-Phosphaten. Damit trägt es zum Erhalt der Speichelübersättigung mit diesen Ionen bei. Ähnliche Wirkungen haben auch saure Prolin-reiche Glykoproteine (König 1987). Der Gehalt an Proteinen im Speichel ist auch von der Zusammensetzung der Nahrung abhängig (Johansson et al. 1992, Mundorff-Shrestha et al. 1994).

Bezüglich der Pufferwirkung von Speichelproteinen gibt es unterschiedliche Auffassungen. Unzweifelhaft können Proteine grundsätzlich durch ihre funktionellen Gruppen (z.B. Amino-, Carboxyl- oder Imidazol-Gruppen) als Puffer wirken. So ist im Blut das Protein Hämoglobin durch den hohen Gehalt an Histidin ein wichtiger Puffer (Löffler und Petrides 1990). Einige Autoren gehen jedoch wegen der verhältnismäßig geringen Speichelkonzentration davon aus, daß der Anteil der Proteine an der Pufferkapazität des Speichels zu vernachlässigen sei (Ericsson 1959, Helm et al. 1982, Dawes 1990). Nach Lilienthal (1955) puffern Proteine im Speichel nicht, sie seien allerdings das Hauptpuffersystem der Plaque. Dies wird von Shellis und Dibdin (1988) bestätigt. Sie gehen davon aus, daß in der Plaque Proteine aus Zellwänden der Bakterienzellen als Puffer wirken. Tatevossian (1977) fand

heraus, daß im Plaque-Fluid zwischen einem pH-Wert von 5 und 6 lösliche Proteine puffern. Zwischen einem pH-Wert von 4 und 5 wirken funktionelle Gruppen von Proteinen sowie freie Aminosäuren (z.B. Glutamat) als Puffer und zusätzlich auch einige organische Säuren (Azetat, Propionat und Laktat). Frostell (1980) schreibt Proteinen eine Pufferwirkung im Speichel zu und gibt deren pK-Wert mit 4 an. Auch Wikner und Söder (1994) gehen von einer Pufferwirkung der Speichelproteine aus. Nach Schiffner (1997) puffern kleine Speichelproteine. Freie basische Aminosäuren wie Arginin und Histidin sowie basische Peptide (z.B. Sialin) heben den pH-Wert in Speichel und Plaque an und tragen somit zu einer Pufferwirkung der Proteine bei (Distler und Kagermeier 1987, Marsh und Martin 1992).

2.5.5. Phosphat und Calcium

Im Speichel finden sich verschiedene Formen von Phosphaten. Ein Großteil des Phosphates ist mit Calcium oder auch mit niedrigmolekularen Proteinen in Komplexen gebunden. 10 % liegen als organisches Phosphat vor (z.B. Phosphoproteine, Phospholipide, Nukleotide, phosphorylierte Kohlenhydrate) und weitere 10 % als Pyrophosphat (Jenkins 1978). Der überwiegende Teil des Phosphates im Speichel ist demzufolge anorganisch (Hanson 1961).

Calcium liegt im Speichel zu zwei Dritteln in frei ionisierter Form vor (Hanson 1961). Darüber hinaus gibt es im Speichel sowie in der Plaque, im Zahnstein und im Zahn verschiedene Formen von Calcium-Phosphat-Verbindungen wie z.B. $CaHPO_4$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Ca_{10}(HPO_4)(PO_4)_6$, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ oder $Ca_{10}(PO_4)F_2$ (Larsen 1990). Durch Bindungen an Proteine wie z.B. Statherin wird eine Übersättigung mit Calcium-Phosphaten im Speichel aufrecht erhalten. So ist der Speichel in Abhängigkeit vom pH-Wert zwei- bis dreifach mit Hydroxylapatit übersättigt. Bei niedrigen pH-Werten sinkt dieser Sättigungsgrad. Durch diesen Mechanismus können Proteine allerdings bei hohen pH-Werten gleichzeitig eine Remineralisation behindern, indem sie das Calcium im Speichel in Lösung halten. Dadurch steht es an der Zahnoberfläche nicht in ausreichend hoher Konzentration zur Verfügung (Jenkins 1978).

Zwischen den Ionen $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} und PO_4^{3-} besteht im Speichel ein pH-abhängiges Gleichgewicht:

$$H_3PO_4 \leftrightarrow H_2PO_4^- + H^+ \leftrightarrow HPO_4^{2-} + 2H^+ \leftrightarrow PO_4^{3-} + 3H^+$$

Dieses Gleichgewicht verschiebt sich bei höheren pH-Werten in Richtung des für die Remineralisation wichtigen PO_4^{3-}. Dessen Speichelkonzentration nimmt also bei niedrigem Säuregehalt zu (Jenkins 1978, König 1987, Leach et al. 1989).

Wenn anorganisches Phosphat im Bereich des Neutralpunktes als Puffer wirkt, fungiert $H_2PO_4^-$ als schwache Säure und HPO_4^{2-} als korrespondierende Base. Das Optimum dieses Puffersystems liegt bei einem pH-Wert von 6,8. Allerdings wird genau wie beim Protein aufgrund der verhältnismäßig geringen Konzentration vom Phosphat eine Pufferwirkung im stimulierten Speichel angezweifelt (Ericsson 1959, Dawes 1990, Edgar und Higham 1996). Grundsätzlich kann Phosphat als Puffersubstanz wirken. Der Phosphatpuffer wirkt jedoch kaum im für die Zahngesundheit wichtigen Bereich zwischen pH 4 und 6 (König 1987). Während kariogener Säureangriffe ist der Phosphatpuffer also weniger wichtig. Hier übernimmt das Bicarbonat den überwiegenden Anteil der Pufferwirkung, dessen Konzentration durch eine mit dem Säureangriff verbundene stimulierte Speichelsekretion stark erhöht ist. Die Bedeutung des Phosphatpuffers liegt demzufolge hauptsächlich in den Ruhe- und Remineralisationszeiten, weil sich zu diesem Zeitpunkt der pH-Wert des Speichels im Bereich des Optimums seiner Pufferwirkung befindet und die Konzentration vom Bicarbonat hier unter dem Phosphat-Gehalt liegt (König 1987).

2.5.6. Fluorid

Fluorid fördert die Remineralisation und wirkt Demineralisationsprozessen des Zahnschmelzes entgegen, indem Carbonatapatit durch säurebeständigeres Fluorapatit ersetzt wird (Flessa und Gülzow 1970, Hallsworth et al.1973). In der Plaque kann die Fluorid-Konzentration Maximalwerte von 15-64 ppm annehmen und übersteigt damit bei weitem die Speichelkonzentration von ca. 0,02 ppm im Ruhespeichel (Yao und Grøn 1970). Die Konzentration im Speichel ist in hohem Maß von den angewendeten Fluoridierungsmaßnahmen abhängig. Neben der Speicherung in der Plaque wird Fluorid in der Mundhöhle

auch im Weichgewebe der Schleimhäute gespeichert. So enthält der Zungenbelag Fluorid-Konzentrationen von 14 – 90 ppm (Yao und Grøn 1970). Das in der Plaque in gebundener Form vorliegende Fluorid wird bei einem pH-Abfall freigesetzt und steht dann für die Remineralisation zur Verfügung (Edgar und Higham 1996). In hohen Konzentrationen, wie sie in der Plaque vorkommen können, hemmt Fluorid die bakterielle Glykolyse. Damit kann Fluorid in Abhängigkeit von der vorhandenen Konzentration bakteriostatisch wirken.

Fluoridierungsmaßnahmen sollten den Speichelfluß nicht anregen, um die Verfügbarkeit des Fluorids im Mund zu verlängern. Durch Geschmacksstoffe oder Kauen wird wegen der gesteigerten Speichelsekretion auch die Clearance von Fluorid erhöht. Deshalb büßt auch fluoridhaltiges Kaugummi viel von seiner Wirkung ein (Lagerlöf 1990).

2.6. Demineralisation und Remineralisation

Beim Abbau von Kohlenhydraten durch kariogene Mikroorganismen entstehen saure Stoffwechselprodukte wie Milchsäure, Essigsäure oder Ameisensäure. Dadurch fällt der pH-Wert in der Plaque und in den Schmelzporen ab (Edgar und Geddes 1986) und Karies kann entstehen. Sowohl die Demineralisation als auch die Remineralisation von Schmelz und Dentin sind pH-abhängig. In-vitro-Studien ergaben, daß Demineralisation des Zahnschmelzes unterhalb eines pH-Wertes von 5,7 einsetzen kann, weil der Speichel bei diesem kritischen Säuregehalt nicht mehr mit Calcium und Phosphat gesättigt sein kann. Es kommt somit zu einem Ionentransport aus dem Schmelz in den Speichel (Ericsson 1961, Jenkins 1978). Diese Grenze und damit die Demineralisation wird von der Konzentration der Ionen PO_4^{3-}, Ca^{2+}, OH^- und F^- entscheidend beeinflußt. Ohne eine Übersättigung des Speichels mit Calcium und Phosphat wäre Entkalkung des Schmelzes auch in neutralem Milieu möglich. Diese Übersättigung kommt erst durch einige Speichelproteine wie Statherin oder Prolin- und Cystein-reiche Proteine zustande, die Bindungen mit diesen Ionen eingehen und sie so vor Ausfällung bewahren (König 1987, Council on Dental Therapeutics 1988).

Neben der Demineralisation durch Gärungssäuren der Bakterien kann es noch zu einer Erosion des Schmelzes durch freie Säuren ohne Einwirkung von Mikroorganismen kom-

men. Diese freien Säuren entstammen in erster Linie Nahrungsmitteln und Getränken, aber auch Medikamenten mit niedrigen pH-Werten. Sie können allerdings auch durch Krankheiten wie Bulimie oder Anorexia nervosa bedingt sein (Gülzow 1995).

Die Einflußfaktoren auf Mineralisationsvorgänge sind verschiedenartig. Eine wichtige Rolle spielen die Konzentrationen von Ionen wie PO_4^{3-}, Ca^{2+}, OH^- und F^-, der pH-Wert und die Fließrate des Speichels. Aber auch die Zusammensetzung des Speichels hinsichtlich der Proteine ist wichtig. So kommt Schiffner (1997) zu dem Schluß, daß einige große Speichelproteine (Molekulargewicht > 400 000) initiale Schmelzläsionen fördern. Kleine Proteine wie Prolin- und Histidin-reiche Proteine, Cystatine oder Statherin (Molekulargewicht < 10 000) begünstigen dagegen eine Remineralisation, weil sie die Ausfällung von Calcium-Phosphaten verhindern. In einem in-vitro-Versuch von Robinson et al. (1992) hemmt Gesamtspeichel sogar die Remineralisation, weil die aus dem Zahn gelösten Ionen von Proteinen fixiert werden und damit nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die De- und Remineralisation des Zahnschmelzes wird auch von Strukturen wie der Plaque und dem Zahnpellikel beeinflußt. Das Pellikel bedeckt den Zahnschmelz und besteht im wesentlichen aus Proteinen, Kohlenhydraten und Phospholipiden, die dem Speichel entstammen. Es unterbindet in gewissem Maße eine Ionen-Diffusion zwischen Schmelz und Speichel und reduziert damit sowohl die Demineralisation als auch die Remineralisation. Eine hohe Fluorid-Konzentration an dieser Kontaktfläche zwischen Zahn und Plaque bzw. Speichel fördert die Remineralisation. Proteine des Pellikels bewirken über Liganden die Anheftung von Bakterien an den Zahn, wodurch Plaque entsteht und eine Demineralisation begünstigt wird. Insbesondere große Speichelproteine mit Molekulargewichten von mehr als 12000 - 14000 fördern eine Schmelzdemineralisation (Schiffner 1997).

Die Plaque stellt prinzipiell ein Reservoir von Ionen für Remineralisationsvorgänge dar. Die Konzentrationen von Calcium, Phosphat und Fluorid sind in der Plaque höher als im Speichel (Jenkins 1978). Gleichzeitig behindert die Plaqueschicht auf dem Zahn den Zutritt von schützendem Speichel und verhindert damit ausreichende Spülung, Säureneutralisation und Remineralisation. Der pH-Wert unter der Plaque ist gerade nach Nahrungsaufnahme so niedrig, daß deren Sättigung mit Calcium, Phosphat und Fluorid darüber entscheidet, ob

es zur Demineralisation oder zur Remineralisation kommt. Diese Sättigung ist in hohem Maß von der Speichelkonzentration dieser Ionen abhängig. So ergaben Untersuchungen von Shaw et al. (1983) und Pearce et al. (1984), daß die Plaqueflüssigkeit von kariesfreien Testpersonen weitaus mehr Calcium und Phosphat enthält als diejenige von kariesaktiven Personen. Darüber hinaus kommt es bei Säureangriffen unter derartig gesättigter Plaque zu weniger niedrigen pH-Werten, so daß keine Entkalkungen zu beobachten sind.

3 Material und Methoden

3.1. Probanden

Für die vorliegenden Untersuchungen stellten sich 32 Freiwillige im Alter zwischen 24 und 33 Jahren zur Verfügung. Davon waren 15 Personen weiblich und 17 männlich. Die Probanden waren gesund, Nichtraucher und hatten zu Versuchsbeginn länger als eine Stunde nichts gegessen. Jeder Teilnehmer wurde an zwei verschiedenen Tagen einbestellt und kaute jeweils einmal zuckerfreies und einmal zuckerhaltiges Kaugummi. Dabei war die Reihenfolge zufällig.

3.2. Kaugummi

Verwendet wurden zwei Kaugummis mit Pfefferminzgeschmack, zum einen das zuckerhaltige Wrigley´s Doublemint (Masse ca. 2,8 g) und zum anderen das zuckerfreie Wrigley´s Extra (Masse ca. 2,0 g), das an Stelle von Saccharose Sorbit, Xylit, Mannit, Maltitsirup und Aspartam enthält.

3.3. Versuchsanordnung

Der Versuch fand nachmittags in der Zeit zwischen 15 und 17 Uhr statt. Die Versuchsdauer betrug pro Kaugummi insgesamt 40 Minuten.

Die Probanden gaben den Speichel in vier verschließbare 50-ml-Kunststoffröhrchen ab. Das Gewicht dieser Röhrchen war vorher auf einer elektronischen Analysenwaage (Firma METTLER, Typ PM460) bestimmt worden.

Der Ruhespeichel wurde in einem Röhrchen über 20 Minuten gesammelt. Diese Zeit war nötig, um genügend Flüssigkeit für die Analysen zu erhalten. Ohne nachfolgende Pause

wurde danach für 20 Minuten Kaugummi-stimulierter Speichel gewonnen. Jeder Proband hatte zu diesem Zweck drei weitere Probenröhrchen. Nach 5 Minuten, nach 10 Minuten und nach 20 Minuten wurde das Röhrchen gewechselt. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Jeweils mit Ablauf eines Zeitabschnittes wurde vor dem Röhrchenwechsel noch einmal ausgespuckt. Es wurden ansonsten keine Vorgaben für eine bestimmte Kaufrequenz oder einen definierten Zeitpunkt zum Ausspucken gemacht. Auch durften die Probanden während des Versuches sprechen, um die Bedingungen so realitätsnah wie möglich zu halten. Die Stimulation des Speichels geschah mit einem einzigen Kaugummi.

Die Probenröhrchen wurden während des Versuches immer wieder fest verschraubt und zur Kühlung auf Eis gelagert. Dadurch sollte unnötiges Entweichen von CO_2 verhindert werden. Der pH-Wert der Speichelprobe würde ansonsten schnell ansteigen, wodurch auch andere Meßwerte beeinflußt werden. So werden Pufferkapazität und Bicarbonat-Gehalt (Henderson-Hasselbalch-Gleichung, s.u.) im Speichel vom pH-Wert bestimmt. Auch die Konzentrationen von anorganischem Phosphat und Calcium schwanken, weil die Löslichkeit der im Speichel und Zahn vorhandenen Calcium-Phosphat-Verbindungen und deren Komplexe mit Proteinen pH-abhängig ist.

3.4. Analysen

Fließrate, pH-Wert, Pufferkapazität, Bicarbonat- und Calcium-Gehalt der Speichelproben wurden sofort nach der Speichelabgabe bestimmt. Um die Analysen so wenig wie möglich durch unterschiedliche Standzeiten der Proben zu beeinflussen, waren Reihenfolge und Zeitabstände der Laborbestimmungen immer gleich. Im Anschluß an diese Bestimmungen wurde der restliche Speichel bei -20° C tiefgefroren. Dadurch wurde es möglich, die photometrischen Untersuchungen für das Gesamtprotein und das anorganische Phosphat zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen.

3.4.1. Fließrate

Die Speichelmenge und damit die Fließrate wurde durch Abwiegen der gefüllten Probenröhrchen ermittelt. Das Gewicht wurde dann mit der Speicheldichte multipliziert. Diese Methode hat den Vorteil, daß auch der schaumige Anteil des frischen Speichels mit gemessen wird.

Einige Autoren haben für die Berechnung der Fließrate die Dichte gleich 1 g/ml gesetzt (Jenkins und Edgar 1989, Abelson et al. 1990, Zero et al. 1992, Jensen et al. 1998). Dieser Wert ist ungenau. Die Angaben für Parotisspeichel reichen von 1,002 bis 1,008 g/ml (Shannon 1969, Whelton 1996). Für Gesamtspeichel und vor allen Dingen für Unterschiede zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel konnten keine Angaben gefunden werden.

3.4.2. Speicheldichte

Das Gewicht von einigen Speichelproben wurde mittels einer Analysenwaage bestimmt. Eine Eppendorf-Pipette wurde mit destilliertem Wasser so genau wie möglich auf ein Gramm kalibriert. Dann wurde von den Proben von sechs Testpersonen je dreimal ein Milliliter abgewogen und daraus die arithmetischen Mittelwerte für Ruhespeichel sowie für stimulierten Speichel gebildet. Es konnten also die Dichte für den Ruhespeichel und für die Versuchsreihen mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi je drei Dichten für stimulierten Speichel (0.-5. Minute, 6.-10. und 11.-20. Minute) berechnet werden. Es ergaben sich offensichtliche Unterschiede zwischen der Dichte des Ruhespeichels und des stimulierten Speichels sowie zwischen den Kaugummisorten.

Die Berechnung der Fließrate ist genauer, wenn nicht pauschal eine Speicheldichte von 1 g/ml verwendet wird. Die ermittelten Dichten differenzieren die Unterschiede zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel präzise. Die gefundenen Werte sollten in weiteren Versuchen überprüft werden.

Davon abgesehen ist die Bestimmung der Speichelmenge anhand eines Meßzylinders umständlich. Der bei Speichelproben immer vorhandene Schaum, der im Zylinder leicht eine Säule von einigen Zentimetern einnehmen kann, muß mengenmäßig geschätzt werden. Der Schaum kann nur entfernt werden, indem die Probe lange stehengelassen wird, kurz zentrifugiert wird oder etwas Capryl- oder Oktyl-Alkohol hinzugegeben wird, wie es z.B. von Ericsson (1959) angegeben wurde. Alle diese Methoden würden jedoch die Analysen unnötig beeinflussen. Genau skalierte Zylinder haben einen kleinen Durchmesser und damit auch eine kleine Öffnung, so daß für die Abgabe des Speichels ein Trichter benutzt werden muß. Dies ist eine weitere Fehlerquelle. Die größte abgegebene Speichelmenge betrug im Probenröhrchen immerhin 31,22 ml innerhalb von 10 Minuten. Damit wäre ein üblicher Meßzylinder von 50 ml Volumen nötig gewesen, der schon recht grob skaliert ist. Es kann also nur relativ ungenau abgelesen werden.

3.4.3. pH-Wert, Bicarbonat und Calcium

Die pH-Werte sowie die Bicarbonat- und Calcium-Konzentrationen der Speichelproben wurden mit einem Blutgas-Analysegerät ABL505 der Firma Radiometer Kopenhagen bestimmt. Um das Gerät vor Verunreinigung durch die im Speichel vorhandenen Glykoproteine zu bewahren, mußten diese durch kurzes Zentrifugieren (20 Sekunden bei 10 000 U/min) abgetrennt werden. Der relativ klare Überstand wird mit einer Einmalspritze in das Gerät gegeben.

Der pH-Wert wird vom ABL505 mittels einer pH-Elektrode gemessen. Der Calcium-Gehalt wird mittels einer ionensensitiven Elektrode bestimmt, wobei nur das ionisierte Ca^{2+} erfaßt wird. Die Bicarbonat-Konzentration kann über die Henderson-Hasselbalch-Gleichung mit Hilfe einer pCO_2 -Elektrode berechnet werden:

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Der pK-Wert des Bicarbonat-Puffersystems beträgt 6,103. Die Konzentration des CO_2 kann durch den CO_2-Partialdruck und den Faktor 0,0304 ersetzt werden. Für diese Um-

rechnungen wird eine Temperatur von 37°C vorausgesetzt. Durch diese Umformungen entsteht

$$pH = 6{,}103 + \log \frac{[HCO_3^-]}{0{,}0304 \times pCO_2}$$

Mit dieser Gleichung kann aus dem pH-Wert und dem CO_2-Partialdruck die Bicarbonat-Konzentration bestimmt werden.

3.4.4. Pufferkapazität

Die Pufferkapazität wurde nach der Methode von Krasse (1986) bestimmt. Diese Methode wurde bei der vorliegenden Untersuchung für kleinere Mengen modifiziert (s.a. Dodds et al. 1991). 0,5 ml unbehandelter Speichel wurden mit 1,5 ml 5 mM HCl versetzt und gut vermischt. Nach einer Wartezeit von zehn Minuten wurde unter ständigem Durchmischen mit einem pH-Meter (Firma ORION, Model SA720 mit der pH-Elektrode 9103SC) der pH-Wert gemessen.

3.4.5. Protein und Phosphat

Für die Ermittlung der Protein- und der Phosphat-Konzentration wurden die eingefrorenen Speichelproben bei 37°C im Warmraum langsam aufgetaut und sofort photometrisch bestimmt (Spektralphotometer CADAS 100, Firma DR LANGE).

Das Gesamtprotein wurde nach der Methode von Hartree (1972) bestimmt. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Modifikation der Proteinbestimmung nach Lowry et al. (1951). Die Stickstoff-Atome der Peptidbindungen bilden Komplexe mit Cu^{2+}-Ionen (Biuret-Reaktion). Hinzugefügtes Folin-Ciocalteus-Reagenz (Phosphormolybdat / Phosphorwolframat) wird von diesen Komplexen zu Molybdänblau reduziert, dessen Farbintensität bei einer Wellenlänge von 650 nm gemessen wird. Als Referenzsubstanz für die Eichgera-

de diente Rinder-Serumalbumin. Die Proben waren unbehandelt, d.h. sie waren nicht gefiltert oder zentrifugiert. Die Speichelverdünnung betrug 1:40.

Das anorganische Phosphat wurde nach der Methode von Lowry et al. (1954) bestimmt. In saurem Milieu bilden sich Komplexe aus Phosphat und Ammoniummolybdat, die von Ascorbinsäure zu Molybdänblau reduziert werden. Photometriert wurde bei einer Wellenlänge von 750 nm, die Probenverdünnung war 1:20. Auch hier wurde ungefilterter, nicht zentrifugierter Speichel untersucht.

3.5. Datenverarbeitung und Statistik

Die Datenverarbeitung erfolgte mit Hilfe eines Computers. Die Speichelwerte wurden zunächst mit Excel 98 (Microsoft Corp.) aufgenommen. Mit diesem Programm wurden auch die Mittelwerte, Standardabweichungen, Maxima und Minima berechnet.

Die Veränderungen zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel sowie innerhalb des stimulierten Speichels wurden miteinander verglichen, indem verschiedene Differenzen gebildet wurden. Für jeden Probanden wurden pro Speichelparameter vier Differenzen aus den Werten des mit zuckerhaltigem Kaugummi stimulierten Speichels gebildet. Für die Parameter des durch zuckerfreies Kaugummi stimulierten Speichels wurden ebenso je vier Differenzen berechnet.

Differenz A	gebildet aus den Werten des Ruhespeichels und des stimulierten Speichels bis zur 5. Minute
Differenz B	gebildet aus den Werten des stimulierten Speichels bis zur 5.Minute und des stimulierten Speichels bis zur 10.Minute
Differenz C	gebildet aus den Werten des stimulierten Speichels bis zur 10.Minute und des stimulierten Speichels bis zur 20.Minute
Differenz D	gebildet aus den Werten des Ruhespeichels und des stimulierten Speichels bis zur 20.Minute

Im Folgenden wird bei Vergleichen zwischen den Werten der einzelnen Meßzeiten der Einfachheit halber stets von den Differenzen A, B, C oder D gesprochen. Diese Differenzen wurden für die Meßwerte aller sieben untersuchten Speichelparameter (Fließrate, pH, Pufferkapazität, Bicarbonat, Gesamtprotein, anorganisches Phosphat und Calcium) gebildet. Sie waren dann Grundlage für die nachfolgend beschriebenen statistischen Prüfverfahren.

Die erhobenen Daten wurden zur Auswertung in das Statistikprogramm für die Sozialwissenschaften SPSS (Version 6.1.3. für MS Windows) der SPSS Software GmbH übertragen. Durch statistische Auswertung werden zufallsbedingte Streuungen ausgeschlossen und es wird überprüft, ob die Ergebnisse auf die Grundgesamtheit übertragen werden können. Dafür müssen zunächst Nullhypothesen aufgestellt werden, die dann bei eventuell bestehender statistischer Signifikanz verworfen werden können. Dabei arbeitet man üblicherweise mit drei Signifikanzstufen: Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha \leq 0{,}05$ spricht man von statistischer Auffälligkeit, bei $\alpha \leq 0{,}01$ von einem signifikanten Ergebnis und bei $\alpha \leq 0{,}001$ von einem hochsignifikanten Ergebnis.

Die drei ausgewählten Testverfahren wurden sowohl für die Gesamtzahl der Probandenwerte als auch noch einmal nach Geschlechtern getrennt durchgeführt.

3.5.1. Wilcoxon-Vorzeichen-Test

Um zu entscheiden, welches statistische Prüfverfahren anzuwenden ist, muß zunächst Klarheit über die Verteilung der zu untersuchenden Werte herrschen. Deshalb wurden aus den oben gebildeten Differenzen A, B, C und D Histogramme erstellt, aus denen ersichtlich war, daß größtenteils keine Normalverteilung vorlag. Daraufhin wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Test ausgewählt. Dies ist ein parameterfreier Test für abhängige Stichproben nicht normalverteilter Werte, der aber auch eine gute Trennschärfe für die ebenfalls vorhandenen normalverteilten Proben aufweist. Mit diesem Test wurde sowohl die Überprüfung der Differenzen A, B, C und D als auch die Überprüfung des Unterschiedes zwischen den Werten des durch zuckerhaltiges oder zuckerfreies Kaugummi stimulierten Speichels vorgenommen.

Mit dem Test soll überprüft werden, ob zwei Probandenwerte statistisch signifikant voneinander verschieden sind. Dafür werden Differenzen aus den Einzelwerten der beiden zu prüfenden verbundenen Variablen (z.B. Fließrate des Ruhespeichels und nach Beginn der Speichelstimulation) berechnet. Diese Differenzen werden als absolute Werte, d.h. ohne Vorzeichen, in eine Rangordnung vom kleinsten zum größten Wert gebracht. Die Rangzahlen dieser Ordnung werden dann wiederum mit dem (ehemaligen) Vorzeichen versehen und negative sowie positive Rangzahlen werden getrennt zu zwei Rangsummen addiert. Es ergeben sich eine negative Rangsumme S_- und eine positive Rangsumme S_+.

Mit der Nullhypothese H_0 wird nun angenommen, daß die beiden Werte gleich groß sind, in diesem Fall also kein Unterschied zwischen z.B. der Speichelfließrate nach Beginn der Kaugummistimulation und dem Ruhespeichel besteht. Wenn H_0 richtig ist, wären damit auch die beiden gebildeten Rangsummen S_- und S_+ gleich groß. Wenn die Rangsummen nicht gleich groß sind, muß H_0 abgelehnt werden. Dafür muß bei vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α eine Grenze der Rangsumme $S(\alpha,n)$ berechnet werden, deren Wert dann mit den ermittelten Rangsummen verglichen wird. Wenn die beobachtete Rangsumme gleich oder kleiner der berechneten kritischen Rangsumme $S(\alpha,n)$ ist, wird H_0 abgelehnt. Dies bedeutet, daß sich die überprüften Werte signifikant voneinander unterscheiden. Die kritischen Werte für $S(\alpha,n)$ können aus Tabellen entnommen werden.

3.5.2. Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman

Um eventuelle Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Speichelparametern (Fließrate, pH, Pufferkapazität, Bicarbonat, Protein, Phosphat und Calcium) zu untersuchen, mußte zuerst ein Überblick über die statistische Verteilung der zu überprüfenden Speichelwerte gewonnen werden. Aus diesem Grund wurden von den Wertepaaren Punktdiagramme erstellt. Weil die Variablen zum größten Teil nicht normalverteilt waren, wurden einheitlich für alle Meßwerte die Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman berechnet.

Diese Korrelationsanalyse prüft als parameterfreier Test die Zusammenhänge zwischen nicht normalverteilten Reihen. Hierbei werden die Meßwertpaare in zwei Reihen von Rangzahlen angeordnet. Dann werden Differenzen $d_i = x_i - y_i$ als Maß für die Verschie-

denheit der beiden Rangreihen gebildet. Die Korrelationskoeffizienten r_S nach Spearman werden nach der Formel

$$r_S = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n^3 - n}$$

berechnet und mit aus Tabellen zu entnehmenden kritischen Werten unter Berücksichtigung der Irrtumswahrscheinlichkeit verglichen. Ist ein berechneter Korrelationskoeffizient gleich oder größer als der Tabellenwert, so ist r_S signifikant und es liegt eine Korrelation zwischen beiden untersuchten Variablen vor.

3.5.3. U-Test nach Mann-Whitney

Mögliche Unterschiede der Speichelwerte zwischen den Geschlechtern wurden mit dem U-Test nach Mann-Whitney überprüft. Dieser nichtparametrische Test dient der Prüfung, ob zwei unabhängige Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Das Gegenstück ist der parametrische t-Test. Der U-Test vergleicht als Rangtest zwei Reihen von Stichproben. Weist eine Stichprobe im Durchschnitt kleinere Werte als die andere Stichprobe auf, werden sich die Rangsummen beider Stichproben voneinander unterscheiden.

Beide zu prüfende Stichproben werden in einer gemeinsamen Rangfolge angeordnet. Daraufhin wird die Kennziffer U berechnet. Diese sagt aus, wie oft ein Beobachtungswert der Stichprobe mit dem Umfang n_1 in der gemeinsamen Rangfolge vor einem Beobachtungswert aus der Stichprobe vom Umfang n_2 steht ($n_1 < n_2$). Bei $9 \leq n_2 \leq 20$ können bei vorher festgelegter Irrtumswahrscheinlichkeit α die kritischen U-Werte aus Tabellen entnommen werden. Wenn ein beobachteter U-Wert für ein bestimmtes n_1 (n_1=1 bis 20) und n_2 (n_2=9 bis 20) kleiner oder gleich dem Tafelwert für die gegebenen n_1, n_2 und α ist, so ist die Nullhypothese H_0 mit dem in der Tabelle angegebenen α abzulehnen. H_0 sagt aus, daß die Mittelwerte der beiden Stichproben gleich groß sind. Dies würde bedeuten, daß es keinen Unterschied bezüglich der untersuchten Speichelparameter zwischen Männern und Frauen gibt.

U wird folgendermaßen berechnet: Aus beiden Stichproben wird die gemeinsame Rangordnung gebildet und es werden Rangzahlen zugeteilt. Die Summe der Rangzahlen aus der Reihe vom Umfang n_1 heißt R_1, die Summe der Rangzahlen vom Umfang n_2 heißt entsprechend R_2. Man kann dann U_1 und U_2 nach folgenden Formeln berechnen:

$$U_2 = n_1 \times n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

$$U_1 = n_1 \times n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

Der U-Wert mit dem kleineren numerischen Wert ist die Testgröße. Wenn dieser kleiner als der kritische Tafelwert ist, wird H_0 abgelehnt. In diesem Fall würde es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden überprüften Werten geben.

4 Ergebnisse

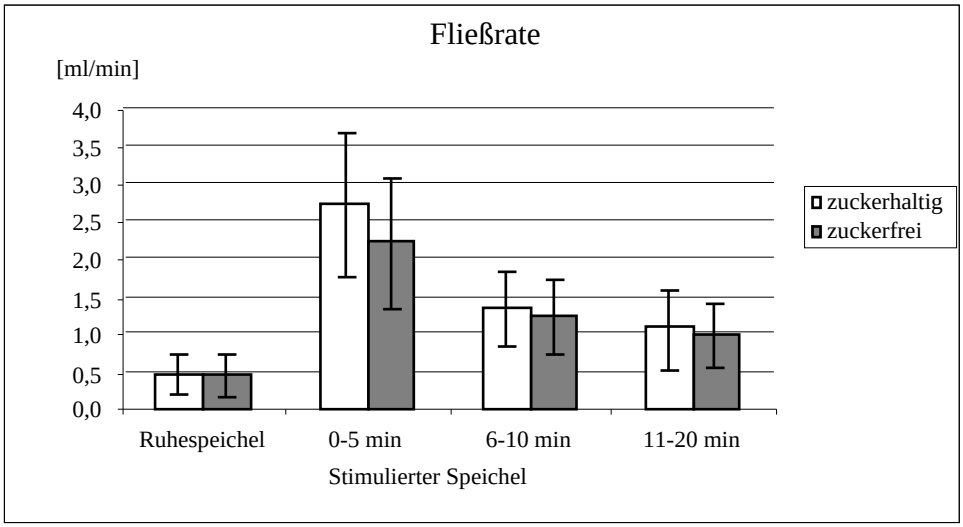
4.1. Unterschiede zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel sowie Unterschiede zwischen zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi (Wilcoxon-Vorzeichen-Test)

Eine Übersicht der Konzentrationen aller Speichelparameter ist der Tab. 1 zu entnehmen.

4.1.1. Fließrate

Die Fließrate des stimulierten Speichels steigt gegenüber dem Ruhespeichel sowohl nach Kauen des zuckerhaltigen als auch des zuckerfreien Kaugummis hochsignifikant an. Mit dem zuckerhaltigen Kaugummi steigt die Fließrate um 561% von durchschnittlich 0,49 ml/min auf 2,75 ml/min (P=0,000) und mit dem zuckerfreien Kaugummi um 466% von 0,48 ml/min auf 2,24 ml/min (P=0,0000). Daraus läßt sich ableiten, daß das zuckerhaltige Kaugummi in den ersten 5 min eine hochsignifikant größere Speichelstimulation bewirkt als das zuckerfreie Kaugummi (P=0,0000).

Abb. 1: Veränderungen der Fließrate bei Stimulation durch Kaugummi



Tab. 1: Werte der Speichelparameter im Ruhespeichel und im mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi stimulierten Speichel.
Mittelwerte mit Standardabweichungen, Maximum und Minimum.

	Fließrate [ml/min]	**pH**	**Pufferkapazität**	**HCO_3^- [mmol/l]**	**Gesamt-Protein [g/l]**	**anorg. Phosphat [mmol/l]**	**Ca^{2+} [mmol/l]**
zuckerhaltiges Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,49 ±0,25	7,06 ±0,27	3,68 ±0,96	5,66 ±3,17	2,81 ±0,91	5,88 ±1,76	0,75 ±0,17
Max	1,16	7,60	5,71	16,0	4,51	11,57	1,23
Min	0,17	6,43	2,62	0,9	1,58	3,24	0,50
Stim. Speichel							
0-5 min	2,75 ±0,96	7,36 ±0,19	4,97 ±0,89	13,24 ±3,99	2,49 ±0,42	3,09 ±0,86	0,99 ±0,21
Max	5,74	7,68	6,09	21,3	3,63	6,54	1,75
Min	1,33	6,78	3,07	5,0	1,88	1,88	0,58
6-10 min	1,35 ±0,51	7,32 ±0,24	4,43 ±0,83	10,60 ±4,20	2,13 ±0,38	3,43 ±0,76	0,79 ±0,17
Max	3,06	7,68	5,90	19,4	3,23	5,92	1,25
Min	0,59	6,66	2,95	2,8	1,47	2,25	0,47
11-20 min	1,10 ±0,53	7,16 ±0,30	3,90 ±0,68	7,48 ±3,59	2,16 ±0,42	3,94 ±0,89	0,74 ±0,18
Max	3,12	7,60	5,28	15,0	3,11	6,78	1,33
Min	0,27	6,41	2,86	1,3	1,60	2,37	0,50
zuckerfreies Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,48 ±0,27	7,06 ±0,29	3,62 ±0,95	5,45 ±2,88	2,76 ±0,74	5,78 ±1,56	0,75 ±0,14
Max	1,26	7,61	6,05	12,8	4,39	10,04	1,10
Min	0,09	6,41	2,60	0,5	1,68	3,25	0,49
Stim. Speichel							
0-5 min	2,24 ±0,86	7,40 ±0,20	4,83 ±1,00	12,84 ±3,97	2,28 ±0,46	3,20 ±0,73	0,71 ±0,10
Max	4,59	7,72	6,05	20,2	3,36	5,07	0,94
Min	1,17	6,81	2,83	4,9	1,67	1,86	0,54
6-10 min	1,26 ±0,49	7,50 ±0,22	4,72 ±0,98	13,15 ±4,41	1,91 ±0,32	3,61 ±0,73	0,67 ±0,12
Max	2,41	7,82	6,29	21,2	2,62	5,07	0,92
Min	0,69	6,86	2,75	3,2	1,51	2,24	0,44
11-20 min	1,02 ±0,44	7,41 ±0,22	4,21 ±0,92	10,53 ±3,90	1,98 ±0,29	4,04 ±0,83	0,69 ±0,24
Max	2,16	7,77	6,23	19,1	2,57	5,68	1,69
Min	0,33	6,76	2,80	2,5	1,51	2,40	0,41

n=32	**Alter**	27,69 ±2,43
	Max	33
	Min	24

Zwischen Minute 5 und 10 ist dann die Veränderung der stimulierten Fließrate mit dem zuckerfreien Kaugummi hochsignifikant größer, d.h. die Fließrate fällt weniger stark ab als beim zuckerhaltigen Kaugummi (P=0,0001). Die Fließrate fällt nach Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi von 2,24 ml/min auf 1,26 ml/min (P=0,0000), während sie mit dem zuckerhaltigen Kaugummi von durchschnittlich 2,75 ml/min auf1,35 ml/min fällt (P=0,0000). Durch zuckerhaltiges Kaugummi wird also nur für kurze Zeit eine stärkere Speichelstimulation erreicht.

Im weiteren Versuchsverlauf bestehen zwischen den durch beide Kaugummis stimulierten Fließraten keine signifikanten Unterschiede. Mit beiden Kaugummis fällt die Fließrate bis zur 20. Minute weiter ab. Sie fällt von 1,35 auf 1,10 ml/min (P=0,0000) beim zuckerhaltigen und von 1,26 auf 1,02 ml/min (P=0,0000) beim zuckerfreien Kaugummi. Auch nach 20 min Speichelstimulation ist der von beiden Kaugummis stimulierte Speichelfluß noch hochsignifikant größer als der des Ruhespeichels (P=0,0000).

4.1.2. pH-Wert

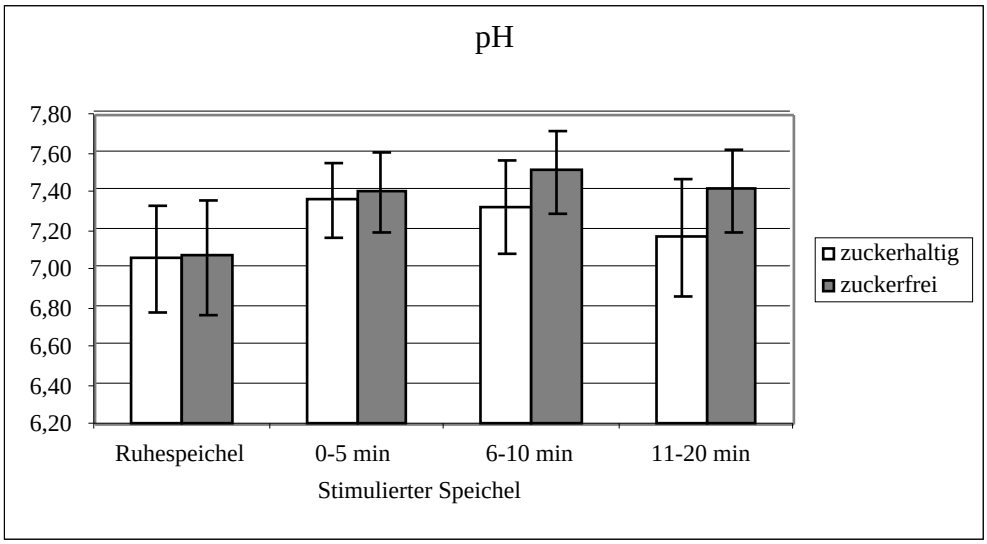
Der durch zuckerhaltiges Kaugummi stimulierte Speichel-pH ist nach 5 min Kauen gegenüber dem Ruhespeichel von 7,06 auf 7,36 hochsignifikant angestiegen (P=0,0000). Im weiteren Verlauf fällt der pH-Wert des Speichels auf 7,32 nach 10 Minuten ab (P=0,0387) und weiter auf 7,16 nach 20 Minuten Stimulation (P=0,0000). Nach 20 Minuten Kaugummistimulation ist der pH-Wert des Speichels gegenüber dem Ruhespeichel jedoch noch immer statistisch auffällig erhöht (P=0,0362).

Der pH-Wert des Speichels verändert sich durch zuckerfreies Kaugummi bei allen vier gebildeten Differenzen hochsignifikant. Der Wert steigt nach Stimulationsbeginn gegenüber dem Ruhespeichel von 7,06 auf 7,40, um dann im weiteren Verlauf 10 min nach Beginn des Kaugummikauens mit 7,50 das Maximum zu erreichen. Nach 20 min ist der pH-Wert des Speichels wieder auf 7,41 abgefallen, bleibt aber auch zu diesem Zeitpunkt noch immer hochsignifikant über dem Ruhe-pH. Diese vier Veränderungen erreichen alle ein P=0,0000.

Beim Vergleich der Auswirkungen beider Kaugummis ist hinsichtlich der pH-Veränderung im Speichel zwischen dem Ruhewert und dem stimulierten Speichel nach 5 min (Differenz A) kein Unterschied festzustellen (P=0,4446). Bei den Differenzen B und C (Veränderung zwischen 5 und 10 min sowie zwischen 10 und 20 min Stimulation) liegen die pH-Werte im Speichel mit dem zuckerfreien Kaugummi hochsignifikant höher (P=0,0000 und 0,0048), was auch aus dem Verlauf der Mittelwerte ersichtlich ist. Der pH-Wert steigt im durch zuckerfreies Kaugummi stimulierten Speichel bis zum Maximum in der 10. Minute an und ist nach 20 Minuten noch immer stark erhöht. Mit zuckerhaltigem Kaugummi wird das pH-Maximum im Speichel schon nach 5 min Stimulation erreicht, um dann im weiteren Verlauf wieder kontinuierlich abzufallen. Die pH-Werte liegen nach 10 und 20 Minuten Stimulation im durch zuckerfreies Kaugummi angeregten Speichel deutlich über den Speichelwerten des zuckerhaltigen Kaugummis.

Als Folge davon ist auch die Differenz D, welche die Veränderung zwischen dem Ruhe-pH und dem pH-Wert bei Stimulationsende nach 20 Minuten Kauen beschreibt, beim mit zukkerfreiem Kaugummi stimulierten Speichel mit P=0,000 hochsignifikant größer.
Der Speichel-pH bleibt bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi also länger und stärker erhöht als mit zuckerhaltigem Kaugummi.

Abb. 2: Veränderung des pH-Wertes bei Stimulation durch Kaugummi

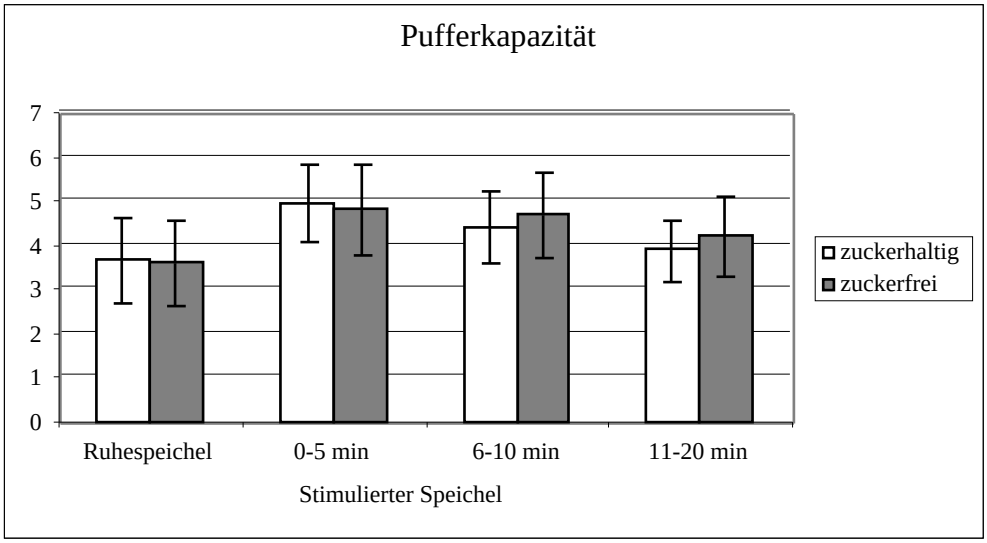


4.1.3. Pufferkapazität

Die Pufferkapazität steigt bei Speichelstimulation durch das zuckerhaltige Kaugummi von 3,68 im Ruhespeichel auf 4,97 nach 5 Minuten Kauen, fällt dann nach 10 Minuten auf 4,43 ab und nach 20 Minuten Stimulation auf 3,90. Diese Veränderungen sind hochsignifikant (P=0,0000). Einzig der Wert nach 20 Minuten Stimulation ist gegenüber dem Ruhespeichel nicht mehr signifikant erhöht (P=0,2640).

Durch zuckerfreies Kaugummi steigt die Pufferkapazität im Speichel vom Ruhewert 3,62 nach Stimulationsbeginn auf 4,83 hochsignifikant an (P=0,0000). Der darauf folgende Abfall der Pufferkapazität nach 10 Minuten Kaugummikauen auf 4,72 ist nicht signifikant (P=0,2699). Nach 20 Minuten Stimulation sinkt dann die Pufferkapazität des Speichels hochsignifikant wieder etwas auf 4,21 ab (P=0,0000). Die Pufferkapazität ist bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi auch nach 20 Minuten Kaugummikauen gegenüber dem Ruhespeichel noch hochsignifikant erhöht (P=0,0004).

Abb. 3: Veränderung der Pufferkapazität bei Stimulation durch Kaugummi



Beim Vergleich der Wirkungen beider Kaugummisorten besteht zwischen diesen hinsichtlich des Anstieges der Pufferkapazität nach Stimulationsbeginn kein Unterschied gegenüber dem Ruhespeichel (P=0,5104). Der in dem darauf folgenden Zeitabschnitt durch zuckerfreies Kaugummi hervorgerufene Abfall der Pufferkapazität im Speichel zwischen Minute 5 und 10 der Stimulationszeit ist hochsignifikant geringer als mit zuckerhaltigem

Kaugummi (P=0,0001). Die Pufferkapazität des Speichels fällt also mit zuckerhaltigem Kaugummi nach gleichem anfänglichen Anstieg schneller wieder ab. Bei der Differenz C, dem Stimulationszeitraum zwischen der 10. und 20. Minute, besteht zwischen beiden Kaugummis kein signifikanter Unterschied bezüglich der Veränderung der Pufferkapazität des Speichels (P=0,8590).
Beim letzten Meßintervall, in welchem die Pufferkapazität im Ruhespeichel und im Speichel nach 20 Minuten Kaugummistimulation betrachtet wird, ist die daraus gebildete Differenz D mit zuckerfreiem Kaugummi signifikant größer (P=0,0099). Demnach ist die Pufferkapazität des Speichels bei längerem Kauen von zuckerfreiem Kaugummi höher als mit zuckerhaltigem Kaugummi.

4.1.4. Bicarbonat

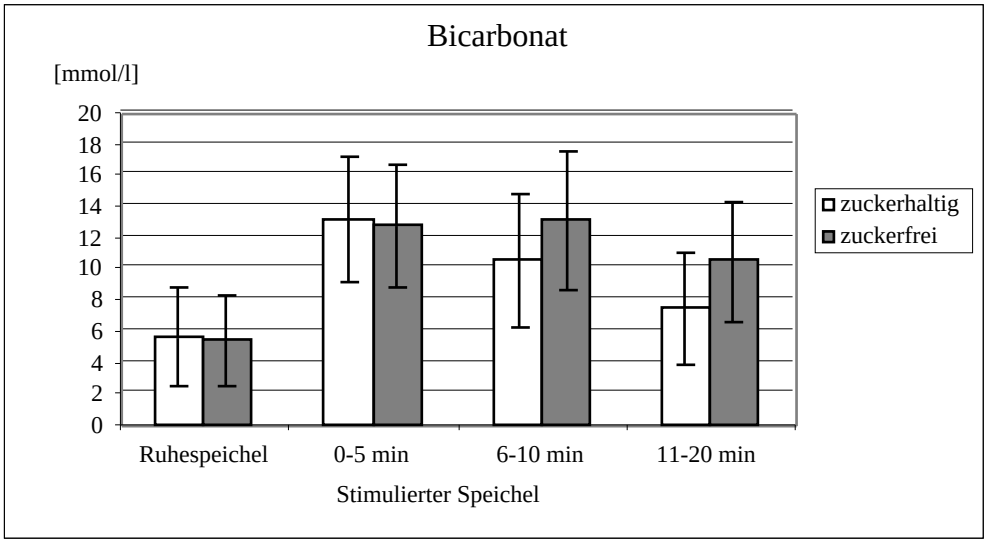
Die Bicarbonat-Konzentration im Speichel steigt bei Stimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi ausgehend vom Ruhewert 5,66 mmol/l nach 5 Minuten Kaugummikauen auf 13,24 mmol/l an (P=0,0000). Dies ist eine Steigerung von 234%. Nach 10 Minuten fällt sie wieder auf 10,60 mmol/l ab (P=0,0000) und nach 20 Minuten ist sie weiter auf 7,48 mmol/l gesunken (P=0,0000). Die Konzentration im Ruhespeichel ist gegenüber dem Wert nach 20 min Kauen bei einem P=0,0043 statistisch auffällig niedriger.

Bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi unterscheidet sich der Verlauf der Bicarbonat-Konzentration im Speichel von derjenigen nach Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi. Die Konzentration im Ruhespeichel beträgt 5,45 mmol/l. Nach 5 Minuten Kaugummikauen ist die Bicarbonat-Konzentration schon hochsignifikant auf 12,84 mmol/l gestiegen (P=0,0000). Die maximale Konzentration wird im Gegensatz zu der Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi erst nach 10 Minuten Kauen mit 13,15 mmol/l erreicht. Der Unterschied zwischen 5 und 10 Minuten Kaugummistimulation ist statistisch nicht signifikant (P=0,2907), d.h. die Konzentration liegt auf sehr ähnlichem Niveau. Die maximale Bicarbonat-Konzentration ist damit gegenüber dem Wert im Ruhespeichel um 241% erhöht. Nach 20 Minuten Stimulation wurde ein Bicarbonat-Gehalt von 10,53 mmol/l gemessen. Dieser Wert ist hochsignifikant größer als die Konzentration im Ruhespeichel (P=0,0000).

Beim Vergleich der Veränderungen der Bicarbonat-Konzentration ergeben sich unterschiedliche Wirkungen zwischen beiden verwendeten Kaugummis bei einer Speichelstimulation. Fünf Minuten nach Stimulationsbeginn ist noch kein signifikanter Konzentrationsunterschied im Verhältnis zum Ruhespeichel festzustellen (P=0,6807). Mit beiden Kaugummis steigt die Speichelkonzentration also zu Beginn der Stimulation auf ähnliches Niveau. Die Differenz B ist dann bei Stimulation mit dem zuckerhaltigen Kaugummi hochsignifikant größer als mit zuckerfreiem Kaugummi (P=0,0000). Die Bicarbonat-Konzentration des Speichels ist folglich nach 10 Minuten Kauen des zuckerhaltigen Kaugummis schon wieder deutlicher gefallen als bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi. Zwischen der 10. und 20. Minute der Stimulationszeit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Kaugummis bezüglich den Veränderungen der Bicarbonat-Konzentrationen (P=0,1470).

Die unterschiedlichen Auswirkungen der beiden Kaugummis auf den Bicarbonat-Gehalt sind dann wieder beim Vergleich der Differenzen D ersichtlich. Mit P=0,0000 ergibt sich nach 20 Minuten Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi eine hochsignifikant größere Bicarbonat-Konzentration gegenüber dem Ruhespeichel als mit zuckerhaltigem Kaugummi.

Abb. 4: Veränderung der Bicarbonat-Konzentration bei Stimulation durch Kaugummi



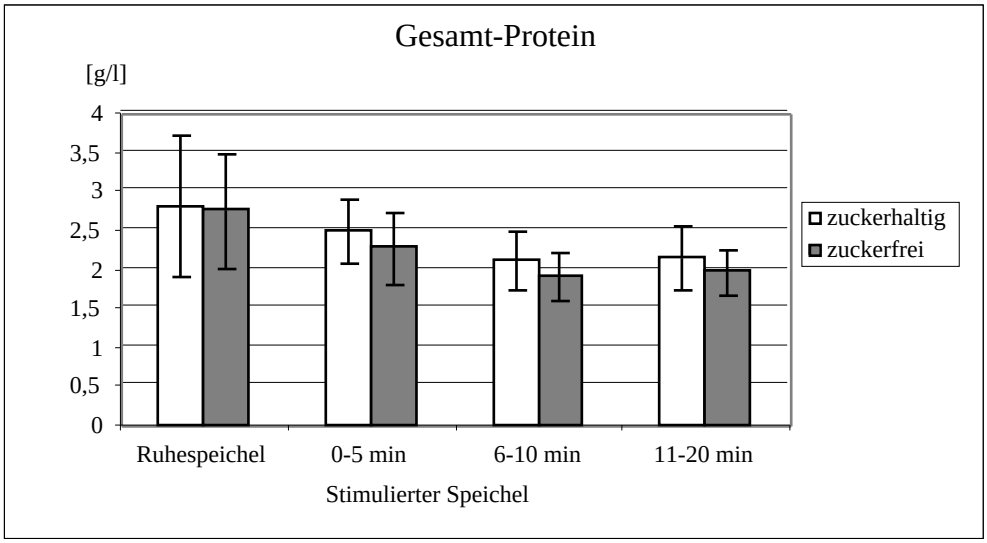
Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß Speichel, der mit zuckerhaltigem Kaugummi stimuliert wird, eine gleich große Maximalkonzentration an Bicarbonat erreicht wie der Speichel, der durch zuckerfreies Kaugummi angeregt wird. Allerdings bleibt die Erhö-

hung des Bicarbonat-Gehaltes mit zuckerfreiem Kaugummi wesentlich länger bestehen und ist auch am Ende der Stimulationszeit sehr viel größer als bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi.

4.1.5. Gesamt-Protein

Die durchschnittliche Konzentration des Gesamt-Proteins fällt im durch zuckerhaltiges Kaugummi stimulierten Speichel nach 5 Minuten Kauen vom Ruhewert 2,81 g/l auf 2,49 g/l ab (P=0,0379). Nach 10 Minuten ist die Konzentration noch weiter auf 2,13 g/l gesunken (P=0,0000), um dann bis zur 20. Minute mit 2,16 g/l statistisch unverändert zu bleiben (P=0,6807). Zu diesem Zeitpunkt ist die Protein-Menge hochsignifikant niedriger als im Ruhespeichel (P=0,0002).

Abb. 5: Veränderung der Protein-Konzentration bei Stimulation durch Kaugummi



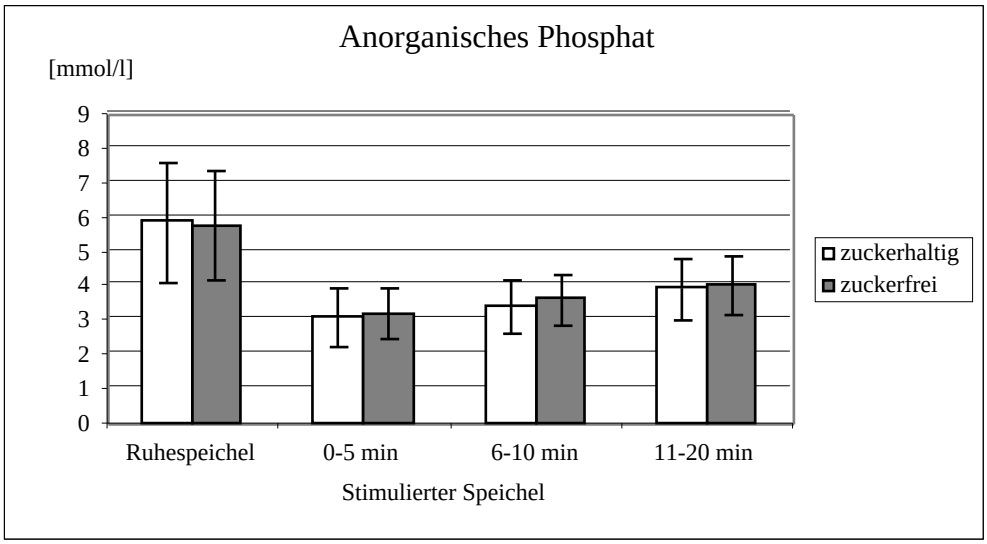
Mit dem zuckerfreien Kaugummi geht die mittlere Protein-Konzentration des stimulierten Speichel gegenüber dem Ruhespeichel von 2,76 auf 2,28 g/l zurück (P=0,0020). Nach 10 Minuten Kauen sinkt sie weiter hochsignifikant auf 1,91 g/l (P=0,0000). Der Unterschied zum Wert nach 20 Minuten (1,98 g/l) ist nicht signifikant verändert (P=0,0853). Nach 20 Minuten Stimulation ist die Protein-Menge im durch zuckerfreies Kaugummi angeregten Speichel hochsignifikant niedriger als im Ruhespeichel (P=0,0000).

Die verschiedenen Süßmittel der Kaugummis haben keinen unterschiedlichen Einfluß auf die Veränderungen der Protein-Konzentration im stimulierten Speichel. Es gibt keine statistisch signifikanten Konzentrationsunterschiede im Speichel durch zuckerhaltiges oder zuckerfreies Kaugummi.

4.1.6. Anorganisches Phosphat

Der Ruhespeichel hat vor Stimulation durch das zuckerhaltige Kaugummi eine Phosphat-Konzentration von durchschnittlich 5,88 mmol/l. Nach 5 Minuten Kaugummikauen fällt die Konzentration hochsignifikant auf 3,09 mmol/l (P=0,0000). Nach 10 Minuten Stimulation steigt der Phosphat-Gehalt wieder hochsignifikant auf 3,43 mmol/l an (P=0,0000) und erreicht nach 20 Minuten einen Wert von 3,94 mmol/l (P=0,0000). Diese Konzentration ist jedoch hochsignifikant niedriger als der Phosphat-Gehalt des Ruhespeichels (P=0,0000).

Abb. 6: Veränderung der Phosphat-Konzentration bei Stimulation durch Kaugummi



Auch bei Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi verändern sich die Konzentrationen des anorganischem Phosphat zu allen vier Meßzeiten hochsignifikant (P=0,0000). Vom Ruhespeichel mit 5,78 mmol/l fällt der Phosphat-Gehalt zu Beginn der Stimulation auf 3,20 mmol/l. Nach 10 bzw. 20 Minuten Kauen ist der Wert dann über 3,61 mmol/l auf 4,04 mmol/l angestiegen. Auch bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi ist die

Phosphat-Konzentration genau wie mit zuckerhaltigem Kaugummi nach 20 Minuten Kauen gegenüber dem Ruhespeichel hochsignifikant niedriger.

Wie schon beim Gesamt-Protein gibt es auch bei den Konzentrationsveränderungen des anorganischen Phosphates keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kaugummisorten.

4.1.7. Calcium

Die mittlere Calcium-Konzentration im Ruhespeichel beträgt 0,75 mmol/l. Beim Kauen von zuckerhaltigem Kaugummi steigt sie nach 5 min Speichelstimulation hochsignifikant auf 0,99 mmol/l an (P=0,0000). Bis zur 10. Minute der Stimulationszeit sinkt der Calcium-Gehalt im Speichel dann wieder hochsignifikant auf 0,79 mmol/l ab (P=0,0000). Nach 20 Minuten liegt die Konzentration bei 0,74 mmol/l. Auch dieser Abfall ist gegenüber dem Wert nach 10 Minuten hochsignifikant (P=0,0001). Nach 20 Minuten Kaugummistimulation besteht kein signifikanter Unterschied zu der Calcium-Konzentration des Ruhespeichels (P=0,6187), woraus zu entnehmen ist, daß die Calcium-Konzentration des Speichels wieder auf dem Niveau des Ruhewertes liegt.

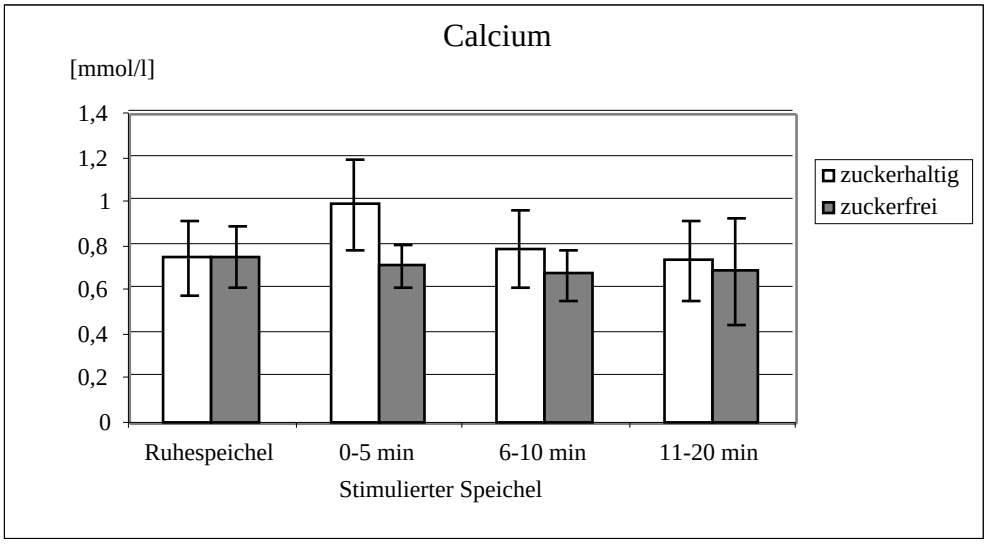
Bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi verändert sich die Calcium-Konzentration des Speichels in den ersten 5 Minuten (0,71 mmol/l) gegenüber dem Ruhespeichel mit 0,75 mmol/l statistisch nicht auffällig (P=0,2663). Nach 10 Minuten Kauen sinkt sie dann hochsignifikant auf 0,67 mmol/l ab (P=0,0006). Im weiteren Verlauf wird nach 20 Minuten zum Ende der Stimulationszeit ein Wert von 0,69 mmol/l erreicht. Dieser Wert unterscheidet sich nicht signifikant von der Konzentration nach 10 Minuten (P=0,2234). Er ist aber signifikant kleiner als die Calcium-Konzentration des Ruhespeichels (P=0,0010).

Die Calcium-Konzentrationen im stimulierten Speichel unterscheiden sich abhängig von der Kaugummisorte deutlich. Der Konzentrationsanstieg gegenüber dem Ruhewert ist nach 5 min Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi hochsignifikant größer als mit zuckerfreiem Kaugummi (P=0,0000). In diesem Zeitraum bleibt der Calcium-Gehalt im Speichel bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi ungefähr im selben Bereich und sinkt sogar etwas. Die Calcium-Konzentration im mit zuckerhaltigem Kaugummi stimulierten Spei-

chel ist dagegen hochsignifikant gestiegen. Nach einer Stimulationszeit von 10 Minuten ist die Veränderung der Calcium-Konzentration mit zuckerfreiem Kaugummi hochsignifikant kleiner (P=0,0000). Dieser Verlauf ist auch an den Mittelwerten abzulesen. Während die Speichelkonzentration mit zuckerhaltigem Kaugummi von 0,99 auf 0,79 mmol/l sinkt, fällt sie mit zuckerfreiem Kaugummi nur von 0,71 auf 0,67 mmol/l ab. Auch im Meßintervall zwischen der 10. und 20. Minute ist die Konzentrationsänderung mit zuckerfreiem Kaugummi geringer (P=0,0207).

Der Unterschied der Calcium-Konzentration gegenüber dem Ruhespeichel ist im stimulierten Speichel nach 20 Minuten mit dem zuckerfreien Kaugummi signifikant größer als mit zuckerhaltigem Kaugummi (P=0,0074). Die Konzentration nach 20 min Kauen liegt mit zuckerfreiem Kaugummi relativ weit unter dem Ruhewert.

Abb. 7: Veränderung der Calcium-Konzentration bei Stimulation durch Kaugummi

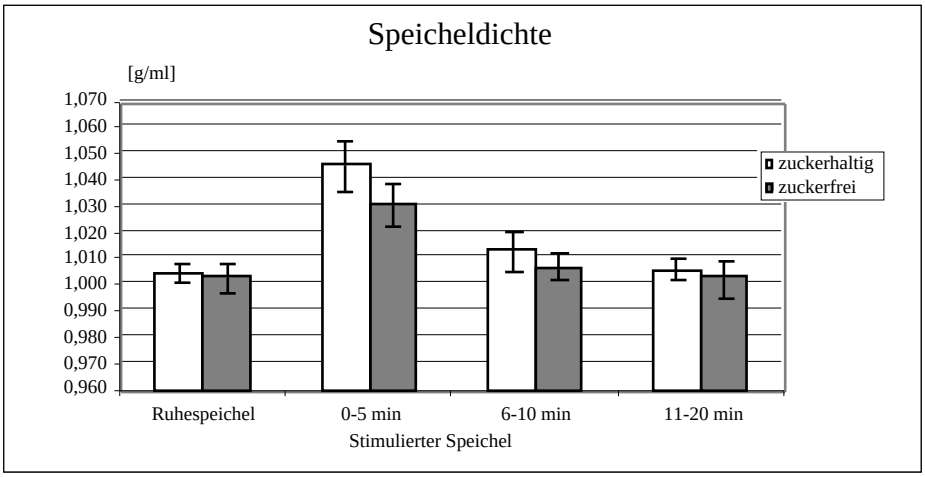


Die Calcium-Konzentration im Speichel bleibt also bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi über den gesamten Zeitraum nahezu konstant und liegt eher etwas unter dem Wert des Ruhespeichels. Mit zuckerhaltigem Kaugummi steigt die Konzentration dagegen zu Beginn der Stimulation stark an, um dann wieder kontinuierlich auf das Niveau des Ruhespeichels abzufallen.

4.1.8. Speicheldichte

Zur genauen Bestimmung der Fließrate wurde ein Vorversuch gemacht, in dem die Speicheldichte durch Abwiegen ermittelt wurde. Es ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Dichten der Speichelproben aus den einzelnen Stimulationszeiträumen. Die Dichte nimmt mit Beginn des Kaugummikauens zu, um dann im letzten Meßabschnitt zwischen Minute 11 und 20 wieder nahe am Wert des Ruhespeichels zu liegen. Eine Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi bewirkt eine höhere Dichte als eine Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi. Diese Ergebnisse wurden nicht statistisch ausgewertet, weil sie ursprünglich nur als Hilfsmittel zur Bestimmung der Fließrate genutzt wurden.

Abb. 8: Speicheldichte von Ruhespeichel und bei Stimulation durch zuckerhaltiges oder zuckerfreies Kaugummi



Speicheldichte ± S [g/ml] (n=6)				
	Ruhespeichel	Stimulierter Speichel		
		0-5 min	6-10 min	11-20 min
zuckerhaltiges Kaugummi	1,005 ±0,003	1,046 ±0,010	1,013 ±0,007	1,006 ±0,004
zuckerfreies Kaugummi	1,003 ±0,005	1,031 ±0,008	1,007 ±0,005	1,003 ±0,007

4.2. Zusammenhänge zwischen Speichelparametern (Test nach Spearman)

Die Einzelwerte aller Korrelationen sind den Tabellen 7-12 im Anhang zu entnehmen.

4.2.1. Fließrate

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Bei Speichelstimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi gibt es zwischen der Fließrate und anderen Parametern keinen generellen Zusammenhang über alle vier zur Kontrolle gebildeten Zeitdifferenzen. Es kommt nur vereinzelt zu Korrelationen, z.B. bei Differenz C (Veränderung zwischen 10 und 20 Minuten Speichelstimulation). Hier besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Fließrate und dem pH-Wert (P=0,017) sowie dem Phosphatgehalt (P=0,005). Bei Differenz D gibt es eine Verbindung zwischen der Erhöhung der Fließrate und der Bicarbonat-Konzentration nach 20 Minuten Stimulation gegenüber dem Ruhespeichel (P=0,029).

b) Zuckerfreies Kaugummi

Beim Kauen des zuckerfreien Kaugummis ergeben sich Beziehungen zwischen den Veränderungen der Fließrate und denen der Bicarbonat-Konzentration. Die Differenzen A, C und D der beiden Parameter haben signifikante Korrelationen zueinander (P=0,007 und 0,009 und 0,000). Nur die Differenz B, bei der das Bicarbonat-Maximum nach 10 Minuten Stimulation erreicht ist, die höchste Fließrate hingegen schon nach 5 Minuten, zeigt keine signifikante Beziehungen.

Auch ein Abfall der Protein-Konzentration scheint teilweise mit der Fließrate gekoppelt zu sein, denn bei den Differenzen B und C bestehen signifikante Korrelationen beider Parameter zueinander (P=0,004 und 0,031). Der statistisch ermittelte Zusammenhang bei Differenz C ist allerdings nicht aussagekräftig, denn die Protein-Konzentration ist bei einer Überprüfung durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Test zwischen der 10. und 20. Minute der

Kaugummistimulation (1,91 g/l bzw. 1,98 g/l) nicht signifikant verändert und muß daher vorsichtig beurteilt werden.
Die Fließrate des Speichels korreliert zu Beginn des Kauens (Differenz A) mit dem Anstieg der Pufferkapazität (P=0,007) und mit dem Abfall der Calcium-Konzentration (P=0,012).

4.2.2. pH-Wert

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Der pH-Wert des Speichels korreliert bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi stark mit den Veränderungen des Bicarbonat-Gehaltes. Beide Reihen steigen mit Beginn des Kaugummikauens deutlich an, um sich dann während der Stimulation wieder dem Ruhewert zu nähern. Allein das Absinken beider Parameter zwischen der 10. und 20. Minute der Stimulationszeit (Differenz C) zeigt keine Verbindung zueinander, die drei übrigen Differenzen verändern sich signifikant (P=0,000 und 0,006 und 0,000).

Der pH-Wert hat bei den Differenzen A und D statistisch signifikante Beziehungen zur Pufferkapazität. Diese beiden Differenzen zeigen Veränderungen des stimulierten Speichels gegenüber dem Ruhespeichel. Beim Anstieg des pH-Wertes mit Beginn der Stimulation (Differenz A) steigt auch die Pufferkapazität signifikant von 3,68 auf 4,97 an (P=0,000). Auch nach 20 Minuten Kaugummikauen sind beide Parameter gegenüber dem Ruhespeichel hochsignifikant erhöht (Differenz D, P=0,002).

Auch der Verlauf der Calcium-Konzentration zeigt statistische Zusammenhänge zum pH-Wert. Der Calcium-Gehalt sinkt zwischen der 10. und 20. Minute der Stimulationszeit (Differenz C) von 0,79 auf 0,74 mmol/l und gleichzeitig fällt der pH-Wert von 7,32 auf 7,16 (P=0,047). Ähnlich verhält es sich mit den Veränderungen beider Parameter bei Differenz D. Hier sind die Werte für den pH-Wert und den Calcium-Gehalt nach 20 Minuten Kaugummikauen beide wieder fast auf dem Niveau des Ruhespeichels, nachdem sie kurz nach Stimulationsbeginn deutlich angestiegen waren (0,000).
Differenz C zeigt noch einzelne signifikante Korrelationen zwischen dem pH-Wert und der Fließrate (P=0,017) sowie der Phosphat-Konzentration (P=0,005). Wenn nur jeweils eine

Konzentrationsänderung zwischen zwei Parametern statistisch signifikante Beziehungen zeigt, können daraus keine allgemeingültigen Zusammenhänge zwischen den Parametern abgeleitet werden.

b) Zuckerfreies Kaugummi

Bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi ist noch deutlicher als beim zuckerhaltigen Kaugummi ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Verlauf des pH-Wertes und des Bicarbonat-Gehaltes im Speichel zu erkennen. Es gibt eine teilweise sogar hochsignifikante Korrelation zwischen allen vier Differenzen (P=0,000; 0,001; 0,028; 0,000).

Der Zusammenhang zwischen pH und Pufferkapazität ist dagegen ähnlich wie bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi schwächer. Die Steigerung von 3,62 auf 4,83 bei gleichzeitigem pH-Anstieg von 7,06 auf 7,40 nach 5 Minuten Kaugummistimulation (Differenz A) ist mit P=0,011 ebenso signifikant wie der weitere Verlauf bis zur zehnten Minute bei Differenz B (P=0,001). Die zwei übrigen Differenzen sind nicht signifikant.

Es gibt auch beim Speichel-pH alleinstehende Korrelationen zu anderen Speichelparametern. So kommt es zu signifikanten Übereinstimmungen mit den Veränderungen der Mengen von Phosphat (Differenz A, P=0,011), Protein (Differenz B, P=0,048) und Calcium (Differenz D, P=0,001).

4.2.3. Pufferkapazität

Hinsichtlich der Pufferkapazität des Speichels interessieren in erster Linie eventuelle Zusammenhänge mit den Konzentrationen von Bicarbonat, Protein und Phosphat. Diesen Substanzen werden gemeinhin die Puffereigenschaften des Speichels zugeschrieben.

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Bei Speichelstimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi ist die Beziehung der Pufferkapazität zum Bicarbonat-Gehalt sehr stark ausgeprägt. Alle Veränderungen in den vier Meßabschnitten weisen auf eine hochsignifikante Korrelation zwischen beiden Parametern

hin. Der Test nach Spearman ergibt für die vier Differenzen jeweils einen P-Wert von 0,000 zwischen den zwei Speichelparametern.

Zwischen der Pufferkapazität und der Protein-Menge gibt es signifikante Zusammenhänge bei der Veränderung des stimulierten Speichels gegenüber dem Ruhespeichel, obwohl sich der Verlauf der Pufferkapazität von demjenigen der Protein-Konzentration deutlich unterscheidet. Die maximale Pufferkapazität wird zu Beginn der Kaugummistimulation erreicht, sie ist aber auch nach 20 Minuten Kauen noch deutlich höher als der Ruhewert. Der Protein-Gehalt des Speichels fällt dagegen mit Beginn der Stimulation ab und erreicht nach 10 Minuten Kaugummikauen das Minimum. Bis zur 20. Minute steigt die Konzentration dann wieder unwesentlich an, ohne jedoch den Gehalt des Ruhespeichels zu erreichen. Die signifikanten Korrelationen zwischen der Pufferkapazität und dem Protein-Gehalt bei den Differenzen A (P=0,040) und D (P=0,000) sind demnach jeweils negativ.

Beim Vergleich zwischen der Pufferkapazität und der Phosphat-Konzentration ähnelt die Beziehung beider Parameter der oben beschriebenen zwischen Pufferkapazität und Protein. Die Differenzen A und D, an denen jeweils die Werte des Ruhespeichels beteiligt sind, zeigen beide negative Korrelationen zwischen der Pufferkapazität und dem Phosphat-Gehalt. Differenz A (P=0,027) macht einen Anstieg der Pufferkapazität vom Ruhewert 3,68 auf 4,97 nach 5 Minuten Stimulation deutlich, während der Phosphat-Gehalt von 5,88 auf 3,09 mmol/l fällt. Nach 20 Minuten Kauen ist die Pufferkapazität gegenüber dem Ruhespeichel noch merklich erhöht, während die Phosphat-Konzentration hochsignifikant niedriger ist als der Ruhewert (Differenz D, P=0,001).

Bei der Überprüfung eventueller Beziehungen zwischen der Pufferkapazität und dem pH-Wert ergeben sich zwei signifikante Korrelationen. Die Differenzen A und D (P=0,000 und 0,002) zeigen statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen den Parametern beim Unterschied zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel. Bei beiden Parametern steigt voneinander abhängig der Speichelwert bei Stimulation an und ist auch nach 20 Minuten Kauen noch signifikant höher als der Ruhewert.

Bemerkenswert ist, daß die Veränderungen der Pufferkapazität bei Stimulation durch zukkerhaltiges Kaugummi zu keinem Zeitpunkt mit der Fließrate korrelieren.

b) Zuckerfreies Kaugummi

Bei Speichelstimulation durch zuckerfreies Kaugummi kommt es genau wie mit zuckerhaltigem Kaugummi zu einer vollständigen Übereinstimmung zwischen der Pufferkapazität und dem Bicarbonat-Gehalt des Speichels. Alle vier Veränderungen beider Parameter zeigen mit P=0,000 hochsignifikante Korrelationen zueinander.

Der Verlauf der Protein-Konzentration zeigt bei der Differenz D einen hochsignifikanten Zusammenhang mit der Veränderung der Pufferkapazität (P=0,003). Die Korrelation ist negativ, denn während die Pufferkapazität nach 20 Minuten Stimulation vom Ruhewert 3,62 auf 4,21 ansteigt, ist die Protein-Menge im gleichen Zeitraum hochsignifikant von 2,76 g/l auf 1,98 g/l gefallen. Zwischen beiden Parametern existiert eine weitere statistische Auffälligkeit bei Differenz C (P=0,042), die aber nicht beurteilt werden kann, weil die Konzentrationsänderung des Proteins statistisch nicht signifikant ist. Dies ergab die vorausgehende Überprüfung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Test.

Die Veränderungen der Phosphat-Konzentration sind bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi von den Änderungen der Pufferkapazität unabhängig. Der Verlauf beider Parameter zeigt keine signifikanten Korrelationen.

Die Fließrate verändert sich auch bei Speichelstimulation durch zuckerfreies Kaugummi weitgehend ohne Zusammenhang mit der Pufferkapazität. Einzig zu Beginn der Stimulation gibt es einen übereinstimmenden Anstieg beider Parameter (Differenz A mit P=0,007).

Die Verbindung zwischen der Pufferkapazität und dem pH-Wert des Speichels beschränkt sich auf einen gemeinsamen Anstieg vom Ruhespeichel zu Stimulationsbeginn (Differenz A, P=0,011). Die nachfolgende Differenz B ist mit P=0,001 statistisch hochsignifikant, allerdings hat der Zusammenhang eine negative Korrelation. Der pH-Wert steigt hier zwischen der 5. und 10. Minute der Stimulationszeit durchschnittlich von 7,40 auf 7,50 an, während die Pufferkapazität im gleichen Zeitintervall von 4,83 auf 4,72 sinkt. Weitere signifikante Korrelationen kommen zwischen beiden Parametern nicht vor.

Die Veränderungen der Pufferkapazität korrelieren bei den Differenzen A und C statistisch auffällig mit den Änderungen des Calcium-Gehaltes. Allerdings sind bei beiden Differenzen die Calcium-Konzentrationen nicht signifikant verändert, wie eine Kontrolle der Werte mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Test ergab. Deshalb wird es sich bei den Korrelationen um einen Zufallsbefund handeln.

4.2.4. Bicarbonat

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Bei Speichelstimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi sind die Vergleiche der Differenzen A, B, C und D zwischen dem Bicarbonat-Gehalt und der Pufferkapazität jeweils mit einem P-Wert von 0,000 hochsignifikant. Der Verlauf beider Parameter ist also völlig identisch (s.a. 4.2.3.).

Der Zusammenhang zwischen Bicarbonat und pH-Wert des Speichels ist ähnlich deutlich. Die Differenzen A, B und D korrelieren zwischen beiden Parametern hochsignifikant (P=0,000 und 0,006 und 0,000). Nur die Differenz C zeigt mit P=0,265 keine Übereinstimmung.

Einzelne signifikante Korrelationen zur Veränderung des Bicarbonat-Gehaltes gibt es jeweils mit der Fließrate (Differenz D, P=0,029), der Protein-Menge (Differenz B, P=0,044), dem Phosphat-Gehalt (Differenz C, P=0,005) und dem Calcium-Gehalt (Differenz D, P=0,008). Aus diesen wenigen und zum Teil schwachen statistischen Übereinstimmungen kann jedoch kein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen den Speichelparametern abgeleitet werden.

b) Zuckerfreies Kaugummi

Auch bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi kommt es zu einem ausgeprägten Zusammenhang zwischen dem Verlauf des Bicarbonat-Gehaltes und der Pufferkapazität des Speichel (s.o.). Die vier Differenzen A, B, C und D, welche die Veränderungen bei der Speichelstimulation beschreiben, korrelieren zwischen beiden Parametern mit P=0,000 hochsignifikant. Diese Werte machen die starke Beziehung von Bicarbonat und Pufferkapazität zueinander deutlich.

Die Korrelation zwischen dem Bicarbonat-Gehalt und dem pH-Wert ist bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi noch offenkundiger als mit zuckerhaltigem Kaugummi. Alle vier geprüften Differenzen zeigen zumindest statistische Auffälligkeit (p=0,000; 0,001; 0,028; 0,000).

Auch der Bezug des Bicarbonat-Gehaltes zur Fließrate ist beim Kauen des zuckerfreien Kaugummis deutlich ausgeprägt. Bei beiden Parametern sind die Werte bei Speichelstimulation gegenüber dem Ruhespeichel hochsignifikant erhöht (Differenz A mit P=0,007 und Differenz D mit P=0,000). Auch das Absinken beider Werte zwischen der 10. und 20. Minute der Stimulationszeit verläuft bei beiden Parametern in statistischer Abhängigkeit (Differenz C: P=0,009). Einzig die Differenz B ist mit P=0,477 nicht signifikant. In diesem Intervall steigt die Bicarbonat-Konzentration von 12,84 mmol/l auf 13,15 mmol/l an (dieser Anstieg ist nicht signifikant), während die Fließrate hochsignifikant von 2,24 ml/min auf 1,26 ml/min abfällt.

Zwischen den Veränderungen des Gehaltes von Bicarbonat und Phosphat gibt es Beziehungen bei den Differenzen B und C. Die Bicarbonat-Konzentration steigt zwischen 5 und 10 Minuten Speichelstimulation von 12,84 mmol/l auf 13,15 mmol/l an und gleichzeitig erhöht sich die Phosphat-Konzentration von 3,20 mmol/l auf 3,61 mmol/l (P=0,008). Anschließend fällt die Bicarbonat-Konzentration nach 20 Minuten auf 10,53 mmol/l, während der Phosphat-Gehalt statistisch auffällig weiter auf 4,04 mmol/l ansteigt (P=0,036).

Der Bicarbonat-Gehalt des Speichels korreliert bei Differenz C schwach mit den Veränderungen der Protein-Menge und der Calcium-Menge (P=0,026 sowie 0,024). Ein Bezug zwischen den Parametern ist daraus nicht zu entnehmen.

4.2.5. Gesamt-Protein

<u>a) Zuckerhaltiges Kaugummi</u>

Die Veränderungen der Protein-Menge im Speichel zeigen bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi statistische Zusammenhänge zur Phosphat-Konzentration. Die Differenzen A (P=0,029), B (P=0,004) und D (P=0,003) weisen auf Verbindungen zwischen den

zwei Parametern hin. Beide haben sowohl zu Beginn als auch gegen Ende der Stimulationszeit signifikant niedrigere Werte als im Ruhespeichel. Während die Protein-Konzentration allerdings stetig bis auf ein niedriges Niveau sinkt, steigt die Phosphat-Konzentration nach anfänglichem Abfall mit zunehmender Stimulationszeit wieder hochsignifikant an. Auf Grund dieses unterschiedlichen Verlaufs ist der Zusammenhang bei Differenz C nicht signifikant (P=0,757).

Zwischen dem Protein-Gehalt und der Pufferkapazität gibt es bei zwei der miteinander verglichenen Zeitintervalle einen Bezug. Die Differenzen A (P=0,040) und D (P=0,000) korrelieren jeweils negativ. Die Protein-Konzentration ist sowohl zu Beginn als auch gegen Ende der Stimulationszeit niedriger als im Ruhespeichel, wohingegen die Werte für die Pufferkapazität sowohl nach 5 Minuten als auch nach 20 Minuten Kaugummikauen höher sind als die Pufferkapazität des Ruhespeichels.

Auch bei den Veränderungen des Protein-Gehaltes bestehen zufällige Korrelationen mit anderen Speichelparametern. Die Differenz A der Protein-Konzentration zeigt einen statistisch auffälligen Zusammenhang mit der Calcium-Konzentration (P=0,032) und bei Differenz B korreliert die Protein-Menge mit der Bicarbonat-Konzentration (P=0,044).

b) Zuckerfreies Kaugummi

Bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi bestehen Zusammenhänge zwischen der Protein-Menge und dem Phosphat-Gehalt. Bei beiden Parametern fallen die Konzentrationen nach Beginn der Stimulation deutlich ab. Der Phosphat-Gehalt nimmt dann stetig wieder zu. Dagegen sinkt die Protein-Menge bis zur 10. Minute der Stimulationszeit weiter, um dann statistisch nicht signifikant bis zur 20. Minute sehr geringfügig anzusteigen. Diesen schwachen Anstieg drückt die Differenz C aus, die zwischen Protein und Phosphat mit P=0,051 korreliert. Prägnanter sind die Korrelationen der Differenzen A (P=0,006) und D (P=0,001).

Der Verlauf der Fließrate zeigt signifikante Verbindungen zur Protein-Konzentration bei den Differenzen B (P=0,004) und C (P=0,031).

Die Pufferkapazität hat nur geringen Bezug zum Protein-Gehalt, denn einzig die Differenz D ist bei einem Vergleich beider Parameter mit P=0,003 statistisch hochsignifikant. Mit der Differenz C gibt es eine zweite signifikante Relation (P=0,042), doch ist hier die Konzentration des Proteins zwischen der 10. und 20. Minute der Speichelstimulation nicht signifikant verändert, wie die Überprüfung durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Test ergab. Deshalb ist über die Differenz C keine Aussage möglich.

Vereinzelt kommt es bei dem Protein-Gehalt des Speichels zu Korrelationen zum pH-Wert (Differenz B, P=0,048), zum Bicarbonat-Gehalt (Differenz C, P=0,026) und zum Calcium-Gehalt (Differenz D, P=0,016). Wie schon bei anderen Speichelparametern kann bei einer einzigen Korrelation jedoch nicht von einem zu verallgemeinernden Zusammenhang gesprochen werden.

4.2.6. Anorganisches Phosphat

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Bei der Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi besteht ein ausgeprägter Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Phosphat und Protein. Die Parameter korrelieren bei den Differenzen A (P=0,029), B (P=0,004) und D (P=0,003). Die Konzentrationen beider Parameter fallen nach Stimulationsbeginn deutlich ab und sind nach 20 Minuten Kaugummikauen sowohl beim Protein als auch beim Phosphat hochsignifikant niedriger als die Werte im Ruhespeichel. Die Korrelation bei Differenz B ist negativ, wie aus dem Verlauf der Mittelwerte hervorgeht. In diesem Meßintervall sinkt der Protein-Gehalt von 2,49 g/l auf 2,13 g/l, während der Phosphat-Gehalt von 3,09 mmol/l auf 3,43 mmol/l ansteigt.

Ein Bezug zwischen Phosphat-Konzentration und Pufferkapazität beschränkt sich auf die Differenzen A (P=0,027) und D (P=0,001), die beide den Ruhespeichel mit stimuliertem Speichel vergleichen. Beide Korrelationen sind negativ, denn die Phosphat-Menge ist sowohl zu Beginn als auch am Ende der Stimulationszeit niedriger als im Ruhespeichel, während die Pufferkapazität bei Stimulation ansteigt.

Es gibt jeweils eine signifikante Korrelation des Phosphat-Gehaltes zur Fließrate (Differenz C, P=0,005), dem pH-Wert (Differenz C, P=0,005) und der Bicarbonat-Konzentration (Differenz C, P=0,005).

b) Zuckerfreies Kaugummi

Auch bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi gibt es eine deutliche Beziehung zwischen dem Gehalt von Phosphat und Protein im Speichel. Beide Parameter korrelieren bei Differenz A (P=0,006), C (P=0,051) und D (P=0,001).

Trotz signifikanter Korrelationen der Differenzen B (P=0,008) und C (P=0,036) zwischen Phosphat- und Bicarbonat-Gehalt ist ein Zusammenhang zwischen diesen Parametern fraglich. Zum einen verändert sich die Bicarbonat-Konzentration zwischen der 5. und 10. Minute der Kaugummistimulation (Differenz B) nicht signifikant, wie eine statistische Überprüfung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Test zeigt, und zum anderen ist die Korrelation bei Differenz C relativ schwach und negativ.

Es bestehen zufällige Korrelationen zwischen der Phosphat-Konzentration und der Fließrate (Differenz C, P=0,026), dem pH-Wert (Differenz A, P=0,011) sowie der Calcium-Konzentration (Differenz B, P=0,016). Ein signifikanter Bezug zwischen diesen Parametern kann bei derart schwachen Übereinstimmungen jedoch nicht abgeleitet werden.

4.2.7. Calcium

a) Zuckerhaltiges Kaugummi

Bei Speichelstimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi kommt es gegenüber anderen Speichelparametern zu keinen aussagekräftigen Zusammenhängen mit den Veränderungen der Calcium-Konzentration. Zwar gibt es zwei signifikante Korrelationen zwischen dem Calcium-Gehalt und dem pH-Wert des Speichels bei Differenz C (P=0,047) und D (P=0,000), doch ist die Korrelation der Parameter bei Differenz C negativ und sehr schwach. Die Konzentrationsänderung vom Calcium, die der Differenz D zugrunde liegt,

ist im vorangegangenen Wilcoxon-Vorzeichen-Test statistisch nicht signifikant und kann deshalb nicht beurteilt werden.

Einzelne signifikante Korrelationen des Calcium-Gehaltes gibt es zum Protein-Gehalt (Differenz A, P=0,032) und zum Bicarbonat-Gehalt bei Differenz D (P=0,008).

b) Zuckerfreies Kaugummi

Der Calcium-Gehalt im Speichel zeigt bei Stimulation durch zuckerfreies Kaugummi schwache Korrelationen zur Pufferkapazität bei den Differenzen A (P=0,037) und C (P=0,048). Beim vorangegangenen Wilcoxon-Vorzeichen-Test konnte jedoch keine signifikante Konzentrationsänderung des Calciums bei den diesen Differenzen zugrunde liegenden Meßwerten festgestellt werden, so daß nicht auf eine Abhängigkeit zwischen beiden Parametern geschlossen werden kann.
Es bestehen wiederum einige alleinstehende Korrelationen zwischen dem Calcium-Gehalt und der Fließrate (Differenz A, P=0,012), dem pH-Wert (Differenz D, P=0,001), dem Bicarbonat-Gehalt (Differenz C, P=0,024), der Protein-Konzentration (Differenz D, P=0,016) und dem Phosphat-Gehalt (Differenz B, P=0,016). Auch hier kann bei einzelnen Abhängigkeiten nicht von einem allgemeingültigen Zusammenhang zwischen diesen Speichelparametern ausgegangen werden.

4.3. Vergleich zwischen den Geschlechtern (U-Test nach Mann-Whitney)

Zur Differenzierung zwischen Frauen und Männern wurde der U-Test nach Mann-Whitney durchgeführt. Dafür wurden die Veränderungen der Speichelparameter getrennt nach der Kaugummisorte auf eventuelle Unterschiede hin untersucht, so daß Ergebnisse für die Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi und mit zuckerfreiem Kaugummi vorlagen (Tab. 2 und 3). Daraus ergibt sich als Nebeneffekt eine Kontrolle der gefundenen Meßwerte, denn der Ruhespeichel wurde vor jeder der beiden Versuchsreihen mit zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi gemessen und somit doppelt bestimmt. Fehler beim Versuchsablauf oder bei der Analyse hätten statistische Unregelmäßigkeiten zur Folge haben müssen. Beide Reihen lieferten jedoch unabhängig von der zur Speichelstimulation

Tab. 2: Werte der Speichelparameter von Frauen im Ruhespeichel und im mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi stimuliertem Speichel.
Mittelwerte mit Standardabweichungen, Maxima und Minima.

Frauen n=15 **Alter** 27,40 ±2,77

Max 33

Min 24

	Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
zuckerhaltiges Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,45 ±0,27	6,94 ±0,27	3,22 ±0,61	4,03 ±2,18	2,48 ±0,75	6,18 ±2,12	0,75 ±0,17
Max	1,16	7,36	5,07	8,8	3,94	11,57	1,23
Min	0,17	6,43	2,62	0,9	1,68	3,24	0,50
Stim. Speichel							
0-5 min	2,54 ±1,10	7,38 ±0,15	4,98 ±0,83	13,54 ±3,92	2,42 ±0,36	3,31 ±1,11	1,00 ±0,23
Max	5,74	7,60	5,78	18,9	3,16	6,54	1,75
Min	1,33	7,11	3,28	6,7	1,97	1,88	0,78
6-10 min	1,28 ±0,59	7,34 ±0,22	4,36 ±0,68	10,41 ±4,10	2,09 ±0,33	3,66 ±0,90	0,75 ±0,13
Max	3,06	7,60	5,29	17,0	2,88	5,92	1,00
Min	0,59	6,89	3,05	2,8	1,70	2,25	0,61
11-20 min	1,07 ±0,67	7,15 ±0,31	3,69 ±0,50	7,03 ±3,71	2,14 ±0,43	4,14 ±1,04	0,71 ±0,15
Max	3,12	7,54	4,55	14,9	3,11	6,78	0,97
Min	0,27	6,54	2,86	1,7	1,60	2,37	0,50
zuckerfreies Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,45 ±0,29	6,95 ±0,28	3,25 ±0,62	4,19 ±2,58	2,70 ±0,63	6,08 ±1,74	0,77 ±0,14
Max	1,26	7,54	4,84	9,8	3,61	10,04	1,05
Min	0,09	6,41	2,60	0,5	1,68	3,25	0,52
Stim. Speichel							
0-5 min	2,21 ±0,97	7,41 ±0,18	4,90 ±0,99	13,36 ±4,12	2,32 ±0,55	3,44 ±0,86	0,72 ±0,10
Max	4,59	7,67	5,96	20,2	3,36	5,07	0,85
Min	1,17	7,04	3,25	4,9	1,67	1,86	0,54
6-10 min	1,19 ±0,51	7,49 ±0,20	4,71 ±0,92	13,33 ±4,39	1,90 ±0,32	3,83 ±0,83	0,67 ±0,12
Max	2,36	7,82	5,86	21,2	2,60	5,07	0,85
Min	0,71	7,00	3,00	3,7	1,51	2,24	0,44
11-20 min	0,97 ±0,46	7,38 ±0,21	4,06 ±0,80	10,29 ±3,74	1,98 ±0,27	4,28 ±0,98	0,62 ±0,12
Max	2,13	7,63	5,27	16,6	2,52	5,68	0,83
Min	0,33	6,94	2,86	3,1	1,60	2,40	0,41

Tab. 3: Werte der Speichelparameter von Männern im Ruhespeichel und im mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi stimuliertem Speichel.
Mittelwerte mit Standardabweichungen, Maxima und Minima.

Männer n=17 **Alter** 27,94 ±2,14

Max 33

Min 24

	Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
zuckerhaltiges Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,53 ±0,23	7,16 ±0,24	4,09 ±1,04	7,10 ±3,25	3,10 ±0,95	5,62 ±1,38	0,75 ±0,17
Max	1,06	7,60	5,71	16,0	4,51	8,32	1,23
Min	0,26	6,60	2,84	2,8	1,58	3,35	0,54
Stim. Speichel							
0-5 min	2,93 ±0,80	7,34 ±0,22	4,96 ±0,96	12,98 ±4,15	2,56 ±0,46	2,89 ±0,50	0,98 ±0,18
Max	4,30	7,68	6,09	21,3	3,63	3,62	1,26
Min	1,95	6,78	3,07	5,0	1,88	1,88	0,58
6-10 min	1,42 ±0,42	7,31 ±0,25	4,49 ±0,95	10,78 ±4,41	2,16 ±0,43	3,23 ±0,56	0,82 ±0,21
Max	2,41	7,68	5,90	19,4	3,23	4,37	1,25
Min	0,81	6,66	2,95	2,9	1,47	2,53	0,47
11-20 min	1,12 ±0,39	7,17 ±0,30	4,09 ±0,77	7,88 ±3,55	2,17 ±0,42	3,77 ±0,73	0,77 ±0,21
Max	2,14	7,60	5,28	15,0	3,06	5,15	1,33
Min	0,61	6,41	2,97	1,3	1,71	2,58	0,50
zuckerfreies Kaugummi							
Ruhespeichel							
0-20 min	0,50 ±0,26	7,17 ±0,28	3,95 ±1,08	6,55 ±2,73	2,82 ±0,84	5,53 ±1,38	0,74 ±0,15
Max	1,18	7,61	6,05	12,8	4,39	9,11	1,10
Min	0,17	6,45	2,73	2,5	1,84	3,34	0,49
Stim. Speichel							
0-5 min	2,27 ±0,78	7,39 ±0,23	4,77 ±1,04	12,39 ±3,90	2,24 ±0,38	2,98 ±0,53	0,71 ±0,10
Max	4,04	7,72	6,05	20,0	2,91	3,58	0,94
Min	1,28	6,81	2,83	5,8	1,78	1,90	0,56
6-10 min	1,31 ±0,47	7,52 ±0,23	4,74 ±1,05	12,99 ±4,56	1,93 ±0,33	3,42 ±0,59	0,66 ±0,13
Max	2,41	7,81	6,29	19,7	2,62	4,27	0,92
Min	0,69	6,86	2,75	3,2	1,51	2,50	0,49
11-20 min	1,05 ±0,44	7,43 ±0,23	4,35 ±1,02	10,75 ±4,14	1,98 ±0,31	3,83 ±0,63	0,74 ±0,30
Max	2,16	7,77	6,23	19,1	2,57	5,10	1,69
Min	0,43	6,76	2,80	2,5	1,51	2,99	0,51

verwendeten Kaugummisorte gute Übereinstimmungen der Werte für Ruhespeichel und stimulierten Speichel und ergänzen damit die Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Tests. Die Einzelwerte der statistischen Korrelationen aus dem U-Test sind dem Anhang zu entnehmen (Tab. 6). Ebenso findet sich dort eine Übersicht über die Korrelationen zwischen den Speichelparametern (Test nach Spearman) nach Geschlechtern getrennt (Tab. 9-12).

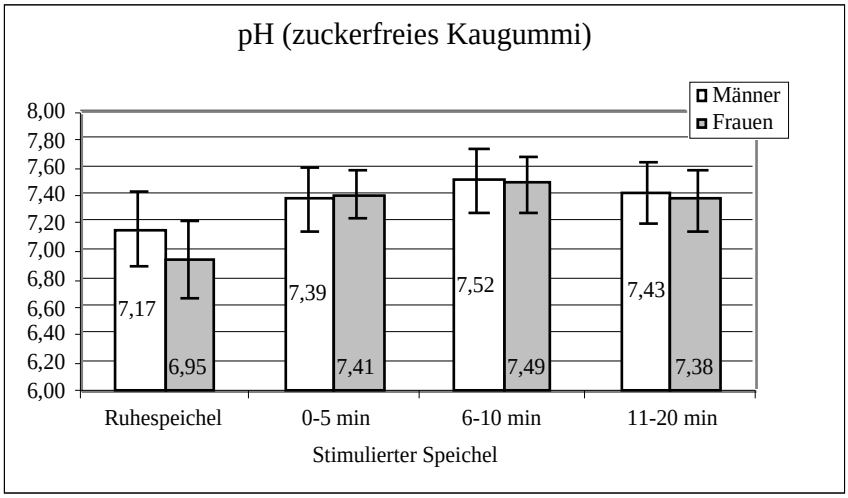
Aus den Ergebnissen der Tests kann entnommen werden, daß es geschlechtsbedingte Unterschiede hinsichtlich der Zusammensetzung des Ruhespeichels gibt. Darüber hinaus entwickeln sich auch einige Veränderungen von Speichelparametern nach Beginn der Stimulation verschieden. Die Resultate der nach der Kaugummisorte getrennten Tests sind abgesehen von wenigen Abweichungen für beide Geschlechter nahezu identisch. Die Speichelparameter von Männern und Frauen sprechen demzufolge nicht unterschiedlich auf zuckerhaltiges oder zuckerfreies Kaugummi an.

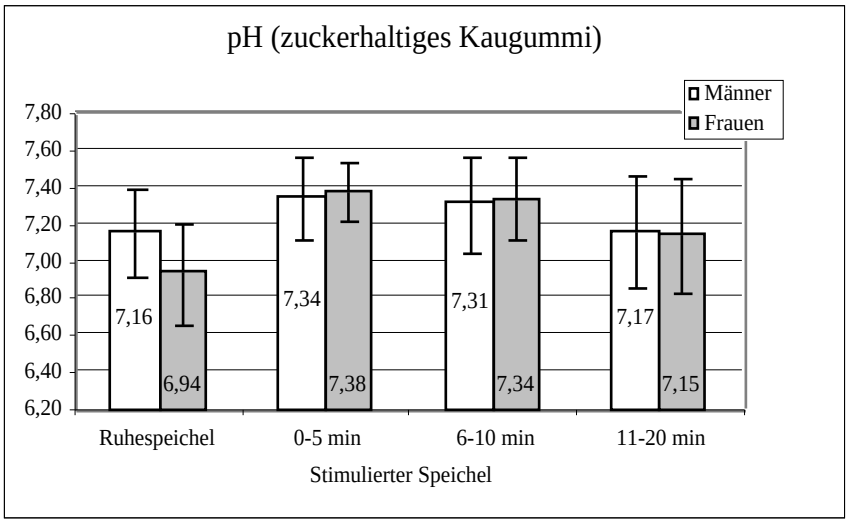
Unterschiede gibt es ausschließlich bei der Zusammensetzung des Ruhespeichels. Frauen erreichen bei der Differenz A signifikant höhere Werte als Männer für den pH-Wert (mit zuckerhaltigem Kaugummi P=0,0043, mit zuckerfreiem Kaugummi P=0,0030), die Pufferkapazität (P=0,0165 und 0,0183) und die Bicarbonat-Konzentration (P=0,0058 und 0,0087). Anhand der Mittelwerte kann daraufhin entnommen werden, daß diese drei Parameter im Ruhespeichel der Frauen niedriger sind als bei Männern. Mit Beginn der Speichelstimulation gleichen sich die im Ruhespeichel noch vorhandenen Konzentrationsunterschiede unabhängig von der dazu verwendeten Kaugummisorte wieder völlig aus und die Werte sind nach 5 Minuten Kauen auf das gleiche Niveau gestiegen.

Die Werte von pH, Pufferkapazität und Bicarbonat decken sich bei dem für beide Kaugummis durchgeführten Test nach Spearman, so daß sie jeweils bezüglich der Speichelparameter zusammengefaßt werden können. Dafür spricht auch die Überprüfung der entsprechenden Werte im Wilcoxon-Vorzeichen-Test (s.o.), denn es ergaben sich keine Unterschiede bei den Differenzen A für die Speichelstimulation zwischen zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi.

Der pH-Wert des Speichels steigt bei Männern nach Stimulationsbeginn durchschnittlich von 7,16 auf 7,34 (zuckerhaltiges Kaugummi) bzw. von 7,17 auf 7,39 an (zuckerfreies Kaugummi). Bei Frauen gibt es einen Anstieg von 6,94 auf 7,38 durch zuckerhaltiges Kaugummi und von 6,95 auf 7,41 durch zuckerfreies Kaugummi.

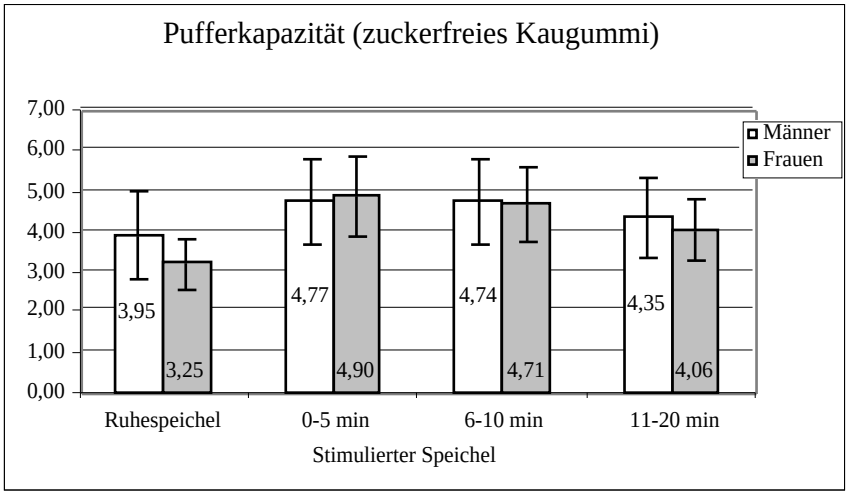
Abb. 9: Veränderungen des pH-Wertes im Ruhespeichel und stimulierten Speichel bei Männern und Frauen

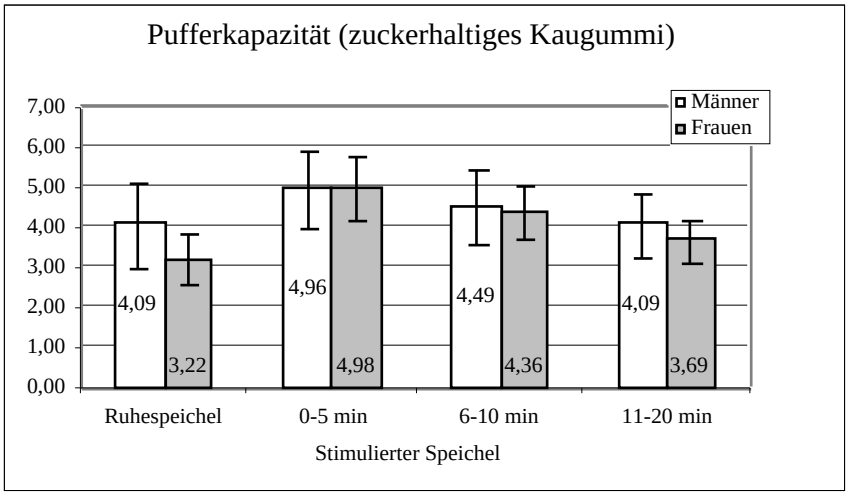




Die Pufferkapazität steigt bei Männern von 4,09 auf 4,96 (zuckerhaltiges Kaugummi) bzw. von 3,95 auf 4,77 (zuckerfreies Kaugummi). Bei Frauen ist ein Anstieg von 3,22 auf 4,98 mit zuckerhaltigem Kaugummi und von 3,25 auf 4,90 mit zuckerfreiem Kaugummi zu verzeichnen.

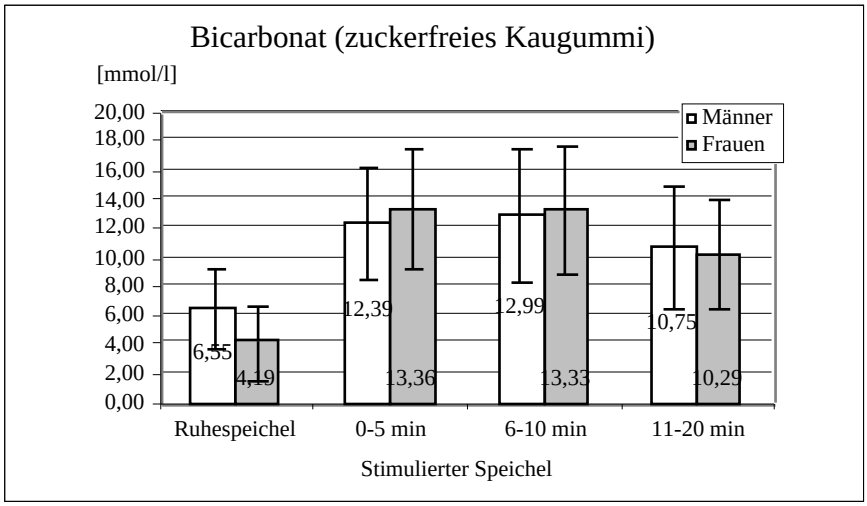
Abb. 10: Veränderungen der Pufferkapazität im Ruhespeichel und stimulierten Speichel bei Männern und Frauen

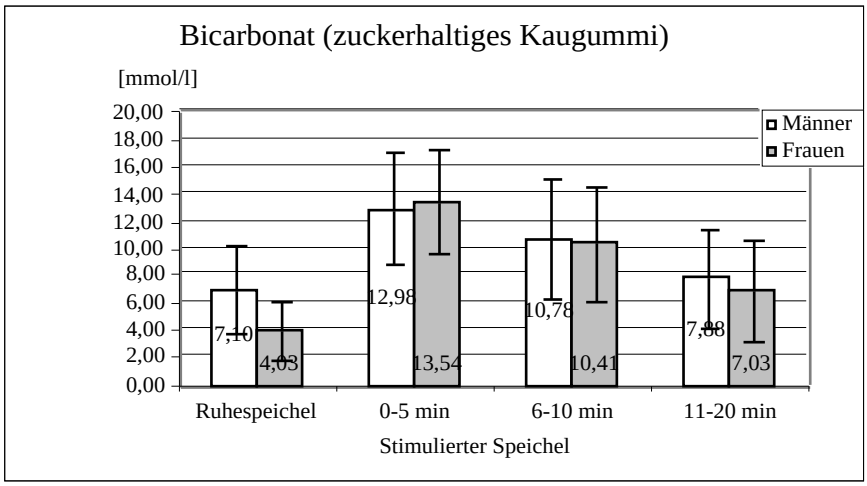




Die Bicarbonat-Konzentration im Speichel erhöht sich bei Männern durch Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi von 7,10 mmol/l auf 12,98 mmol/l und mit zuckerfreiem Kaugummi von 6,55 mmol/l auf 12,39 mmol/l. Bei Frauen steigt sie durch zuckerhaltiges Kaugummi von 4,03 mmol/l auf 13,54 mmol/l und durch zuckerfreies Kaugummi von 4,19 mmol/l auf 13,36 mmol/l.

Abb. 11: Veränderungen der Bicarbonat-Konzentration im Ruhespeichel und stimulierten Speichel bei Männern und Frauen





Die Anstiege der drei Parameter gegenüber dem Ruhespeichel erweisen sich bei der Überprüfung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Test sowohl bei Frauen als auch bei Männern durchweg als hochsignifikant.

Die gefundenen Unterschiede zwischen den Geschlechtern beim pH-Wert, der Pufferkapazität und der Bicarbonat-Konzentration sind auch deshalb von Interesse, weil diese drei Parameter offensichtlich in unmittelbarem Zusammenhang zueinander stehen. Bei der Veränderung zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel (Differenz A) gibt es zum Teil hochsignifikante Abhängigkeiten zwischen pH, Pufferkapazität und Bicarbonat-Konzentration, die sich dann im weiteren Verlauf der Speichelstimulation wieder etwas abschwächen (s. 4.2., Test nach Spearman).

5 Diskussion

Von positiven Auswirkungen des Kaugummis auf die Zahngesundheit kann ein weiter Personenkreis profitieren. Gerade Kaugummi ist zudem als Prophylaxemaßnahme gut dazu geeignet, neue Zielgruppen zu erschließen. Bei der sich abzeichnenden Polarisierung der Karies spielen soziale Aspekte eine bedeutende Rolle. Immer weniger Menschen haben einen immer größeren Anteil an der Zahl der Defekte. (Gülzow et al. 1996). Hier könnte Kaugummi zu einer Verbesserung der Situation beitragen. Vor allem diejenigen Jugendlichen, die bisher schlecht zur Zahnpflege zu motivieren waren, könnten durch Kaugummi einen Zugang zur Mundhygiene finden. So wird Kaugummi eventuell von Patienten akzeptiert, die vom Zahnarzt ansonsten schlecht zu erreichen sind. Hilfreich ist dabei, daß Jugendliche dem Kaugummi schon immer große Akzeptanz entgegen gebracht haben. Aber auch Erwachsene könnten nach Zwischenmahlzeiten oder zur Erfrischung einen bequemen und billigen Artikel wie Kaugummi vermehrt zur Unterstützung der Zahnpflege nutzen. Die erhöhten Konzentrationen einiger Speichelparameter, welche durch Stimulation erzielt werden, sind allerdings für die Gesunderhaltung der Zähne nutzlos, wenn nicht zusätzlich gute Mundhygiene betrieben wird.

Kaugummi kann Hilfestellung für eine effektive Zahnpflege geben, weil sich der Gebrauch gut an die Gewohnheiten der Menschen anpassen läßt. So können die negativen Auswirkungen kariogener Kost und häufiger Zwischenmahlzeiten durch die Speichelstimulation beim Kaugummmikauen in gewissem Umfang gemildert werden, denn Verbote oder Belehrungen von Zahnmedizinern werden nicht dazu führen, die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung zu ändern. Kaugummi kann demzufolge auch eine Unterstützung bei der Lösung des Konfliktes zwischen Zahnmedizinern und Ernährungswissenschaftlern bieten, so daß deren Forderung nach einer Einnahme möglichst vieler Mahlzeiten am Tag eventuell leichter Folge geleistet werden könnte. Ein spezielles Einsatzgebiet kann Kaugummi bei Symptomen der Xerostomie finden, wo der Speichelfluß pathologisch reduziert ist. Hier kann Kaugummi zu einer Linderung der Beschwerden beitragen, indem die Patienten es zur Anregung des Speichelflusses nutzen und damit der Entstehung von Karies vorbeugen können. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß das Gewebe der Speicheldrüsen nicht

vollständig atrophiert ist. Ist dies der Fall, müssen die betroffenen Personen auf künstlichen Speichel oder Medikamente zurückgreifen (Markovic et al. 1988).

Natürlich muß von ständigem Kauen abgeraten werden, denn bei einer Überbelastung der Kaumuskulatur oder der Kiefergelenke kann es durchaus zu Beschwerden kommen. Zu empfehlen ist ein gezielter Einsatz des Kaugummis z.B. nach Zwischenmahlzeiten, wenn keine Möglichkeit zu gründlicher Zahnpflege besteht. Mit einer solchen Anwendung zeigt der Patient gleichzeitig, daß er die Prinzipien zahnmedizinisch erwünschter Ernährungsweise verstanden hat, indem er die Gefährdung erkennt und die Vorteile erhöhter Speichelsekretion durch Kaugummikauen zu nutzen weiß.

Kaugummikauen bewirkt keine ausreichende Plaqueentfernung und hat deshalb nur wenig zahnreinigende Wirkung (König 1987). Die Gesamtmenge der Plaque wird jedoch genau wie vorhandene Plaque auf vielen Zahnflächen signifikant verringert. Dies stellten Addy et al. (1982) sowohl nach Kauen von zuckerhaltigem als auch von zuckerfreiem Kaugummi fest. Eine positive Wirkung auf den Parodontalzustand bleibt allerdings aus, denn die zervikale Plaque am Gingivasaum wird nicht entfernt. Daß die Lokalisation in der Mundhöhle eine entscheidende Rolle bei der Wirkung von Kaugummi spielt, zeigen auch Untersuchungen von Macpherson und Dawes (1993). Sie fanden, daß bukkale Plaque besser von der neutralisierenden Wirkung des Speichels erreicht wird als linguale Plaque. Der durch Kaugummi stimulierte Speichelfluß allein kann auch keine ausreichende Hemmung oraler Mikroorganismen bewirken und somit die Kariesentstehung nicht verhindern, denn die mechanischen und immunologischen Abwehrsysteme des Speichels sind sehr begrenzt. Ein Schutz durch den Speichel kann nur entstehen, wenn durch Selbstreinigung, Schlucken und Mundhygienemaßnahmen schon eine Vorreinigung stattgefunden hat und die Bakterienbeschichtung dünn und permeabel genug ist, so daß die Abwehrmechanismen des Speichels die verbleibenden demineralisierenden Einwirkungen bewältigen können (König 1987). Kaugummikauen reduziert die Keimzahlen in Speichel und Plaque deutlich, allerdings ist deren Reduktion durch Zähneputzen und professionelle Zahnreinigung weitaus größer (Stößer et al. 1992). Dies zeigt, daß der Einsatz von Kaugummi nur eine Unterstützung für die Zahnpflege sein kann und spezielle Einsatzgebiete haben muß, um zu einer Verbesserung der Mundhygiene zu führen. Für eine gänzliche Verhinderung von Karies ist Kaugummikauen allein nicht geeignet.

Die Wirkung der Speichelstimulation liegt in erhöhter Clearance von durch kariogene Mikroorganismen abbaubarem Substrat, einer verstärkten Neutralisation von Säuren und besserer Remineralisation der Zahnhartsubstanz. Außerdem werden durch hohe Fließraten Mikroorganismen wie Strep. mutans und Laktobazillen aus der Mundhöhle entfernt. Aus diesen Wirkungen läßt sich eine Korrelation zwischen der Kariesaktivität, der Fließrate und der Pufferkapazität ableiten (Krasse 1986). Gerade die positive Wirkung eines pH-Anstieges in Plaque und Speichel durch die Speichelstimulation ist von großem Wert. Hier ist Kaugummi anderen Stimulantien überlegen, weil durch die Kau- und Zungenbewegungen der stimulierte Speichel besser im Mund verteilt wird und auch in die Approximalräume gepumpt wird (Council on Dental Therapeutics 1988). Ein spezieller Einsatzbereich kommt dem Kaugummi bei der Neutralisation des Mundmilieu nach dem Genuß von stark säurehaltigen Nahrungsmitteln wie z.B. Zitrusfrüchten zu. Weil die Oberfläche des Zahnschmelzes durch die erosiven Säuren empfindlich gegenüber mechanischen Einwirkungen ist, kann es hier bei sofortiger anschließender Reinigung mit einer Zahnbürste zu Erosionen der Zahnhartsubstanz kommen. Die Effizienz der Reinigungs- und Neutralisationswirkung durch mit Kaugummi stimuliertem Speichel ohne zusätzliche Mundhygienemaßnahmen ist stark von der Beschaffenheit der eingenommenen Nahrungsmittel abhängig. So läßt sich z.B. Schokolade besser durch den stimulierten Speichelfluß neutralisieren als ein Snack mit einem niedrigen Zucker- und einem hohen Stärkegehalt, weil die Zusammensetzung der Schokolade eine schnelle Clearance aus der Mundhöhle erlaubt. Der stärkehaltige Snack führt zwar anfangs zu einem geringeren pH-Abfall in der Plaque, der pH-Wert bleibt jedoch wegen der klebrigen und retentiven Wirkung der Stärke wesentlich länger erniedrigt (Park et al. 1990 a).

Vergleiche von Speicheluntersuchungen mit den entsprechenden Ergebnissen anderer Autoren sind grundsätzlich problematisch. Die Versuchsabläufe, Meßmethoden oder auch die Arten der Speichelstimulation sind sehr unterschiedlich. Erschwerend kommt eine große physiologische Schwankungsbreite bei allen Parametern hinzu. So sind unter Umständen die Werte für die Fließrate bei einer Ermittlung durch Ausspucken höher als bei einer anderen üblichen Methode, bei der man den Speichel passiv mit vorgebeugtem Kopf aus dem Mund herauslaufen läßt. Auch unterschiedliche verwendete Standards zur Proteinbestimmung (z.B. Casein, BSA oder Globulin) können Gegenüberstellungen mit anderen Veröffentlichungen erschweren. Um Vergleiche mit anderen Arbeiten anstellen zu können,

müßten die Methoden standardisiert werden. Dazu gehört auch die statistische Auswertung. So werden z.B. in der vorliegenden Studie die Konzentrationsänderungen der Parameter mit der Zeit untersucht. Andere Autoren vergleichen die absoluten Konzentrationen und werten diese dann statistisch aus. Dadurch können Abweichungen gegenüber anderen Veröffentlichungen entstehen.

Trotz der Erniedrigung einiger Konzentrationen von Speichelinhaltsstoffen (Protein, Phosphat) bei Stimulation gilt es zu bedenken, daß wegen der gesteigerten Fließrate insgesamt immer eine wesentlich größere Menge dieser Substanzen in der Mundhöhle vorhanden ist. Andererseits schränkt die verstärkte Clearance der Stoffe aufgrund eben dieser erhöhten Fließrate die Verfügbarkeit wieder ein, so daß die Erhöhung der Menge oder der Konzentration nicht maximal wirksam wird, weil der Speichel schnell heruntergeschluckt wird.

Der Versuchsaufbau mit der Unterteilung der Stimulationszeit in Meßabschnitte von anfänglich zweimal fünf Minuten und einem abschließenden Zeitraum von zehn Minuten wurde gewählt, um die größeren Veränderungen der Parameter am Anfang der Kaugummistimulation besser beobachten zu können. Je länger die Stimulation dauert, desto mehr nähern sich alle Werte wieder den Werten des Ruhespeichels an, so daß der letzte Zeitabschnitt länger gewählt werden konnte. In der vorliegenden Arbeit wurde nicht untersucht, wie sich die Konzentrationen der Stoffe nach Beendigung der Speichelstimulation weiterentwickeln. Deshalb kann die längerfristige Verfügbarkeit der Substanzen nicht beurteilt werden. Hier sind allerdings Tendenzen absehbar, denn nach 20minütiger Stimulationszeit haben sich die Speichelparameter schon wieder deutlich dem Niveau des Ruhespeichel angenähert, so daß davon auszugehen ist, daß sich sofort im Anschluß an die Speichelstimulation die Ruhewerte wieder ohne große Verzögerung einstellen.

5.1. Speicheldichte

Der in den Speicheldrüsen produzierte Speichel enthält zunächst die gleiche Elektrolyt-Zusammensetzung wie das Blutplasma. Erst im Ausführungsgang kommt es abhängig von der Fließrate zur Rückresorption (z.B. von Na^+, Cl^-, Bicarbonat) oder auch zur Sekretion von Stoffen (K^+). Wasser wird im letzten Anteil des Ausführungsganges resorbiert (Shannon 1969).

Der in der vorliegenden Arbeit ermittelte Wert für die Dichte des unstimulierten Gesamtspeichels von 1,004 g/ml liegt im Bereich der Angaben früherer Untersucher (Shannnon 1968, Whelton 1996). Angaben über die Dichte von stimuliertem Gesamtspeichel konnten im Schrifttum nicht gefunden werden. Die große Gewichtszunahme des ersten stimulierten Speichels (0 - 5 Minuten Kaugummistimulation) ist möglicherweise auf mangelnde Zeit für eine Rückresorption von Speichelinhaltsstoffen im Drüsenausführungsgang aufgrund der hohen Fließrate zurückzuführen. Dafür würde auch sprechen, daß der durch zuckerhaltiges Kaugummi stimulierte Speichel schwerer ist als der durch zuckerfreies Kaugummi angeregte Speichel, denn zuckerhaltiges Kaugummi sorgt anfangs für eine höhere Fließrate. Nach Abfall der Fließrate im Laufe der Stimulationszeit und der damit verbundenen längeren Zeit für die Resorption von Speichelinhaltsstoffen in den Drüsen gleicht sich die Dichte wieder dem Ruhewert an. Ein weiterer möglicher Grund für die höhere Dichte des stimulierten Speichels ist sein gesteigerte Gehalt an aus den Kaugummis diffundierten Süßstoffen (Saccharose oder Xylit, Sorbit, Aspartam). Wenn diese mit zunehmender Kauzeit verbraucht sind, sinkt die Speicheldichte wieder ab. Versuche von Shannon (1968) mit stimuliertem Parotisspeichel bestätigen eine positive Korrelation zwischen der Fließrate und der Dichte des Speichels bei Speichelstimulation.

5.2. Wirkung von Kaugummi auf Pufferkapazität, pH-Wert und Mineralisationsvorgänge

Die Pufferkapazität des Speichels steigt bei Stimulation mit beiden Kaugummis anfangs auf das gleiche Niveau. Im durch zuckerhaltiges Kaugummi stimulierten Speichel fällt die Pufferkapazität nach 5 Minuten Kauen jedoch stärker wieder ab als mit zuckerfreiem Kaugummi. Auch nach 20 Minuten Stimulation ist sie im Speichel mit zuckerhaltigem Kaugummi niedriger als mit zuckerfreiem Kaugummi. Die Pufferkapazität bleibt demzufolge im mit zuckerfreiem Kaugummi stimulierten Speichel deutlich länger erhöht. Mit diesem Verlauf gleicht die Pufferkapazität den Veränderungen der Bicarbonat-Konzentration, woraus sich auf ausgeprägte Zusammenhänge zwischen beiden Parametern schließen läßt. Auch der pH-Wert des Speichels ist am Ende der Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi signifikant niedriger als bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi, nachdem er zu Beginn in gleichem Maß gestiegen war. Die Säureproduktion aus der Saccharose des zuckerhaltigen Kaugummis durch die substratabbauenden Bakterien hat also schon nach

der ersten Meßzeit nach 5 Minuten Speichelstimulation begonnen. Mit diesen Ergebnisse werden Untersuchungen von Macpherson und Dawes (1993) bestätigt. Sie fanden heraus, daß der pH-Wert der Plaque nach Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi schneller ansteigt als mit zuckerhaltigem Kaugummi. Letzteres wiederum neutralisiert die Plaque durch die bei Speichelstimulation gesteigerte Pufferkapazität natürlich besser, als wenn überhaupt kein Kaugummi gekaut werden würde, obwohl die aus dem Zuckerabbau entstandenen Säuren einen erheblichen Anteil der vergrößerten Pufferkapazität sofort wieder verbrauchen. Auch Dibdin et al. (1995) fanden mit Berechnungen an einem Computer-Model anfänglich höhere Speichelfließraten mit zuckerhaltigem Kaugummi, die aber wirkungslos blieben, weil auf lange Sicht der pH-Wert mit zuckerfreiem Kaugummi stärker anstieg. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich auf diese Berechnungen übertragen. Es muß allerdings angemerkt werden, daß stimulierter Speichel unabhängig von dem zur Stimulation verwendeten Kaugummi eine positive Wirkung auf die Zähne hat, denn mit beiden Kaugummis ist die Pufferkapazität über den gesamten Stimulationszeitraum wesentlich höher als im Ruhespeichel.

Bicarbonat ist sicherlich der bestimmende Parameter für die Pufferkapazität. Dies wird durch die vorliegenden Ergebnisse eindeutig bestätigt. Die Veränderungen von Bicarbonat und Pufferkapazität korrelieren unabhängig von der zur Speichelstimulation verwendeten Kaugummisorte über den gesamten Zeitraum hochsignifikant. Das Gesamt-Protein trägt dagegen nicht merklich zur Pufferkapazität bei. Eher ist sogar das Gegenteil der Fall, denn beim Vergleich zwischen Ruhespeichel und mit zuckerhaltigem Kaugummi stimuliertem Speichel steigt die Pufferkapazität nach Stimulationsbeginn an, während der Protein-Gehalt sinkt. Um allerdings die Rolle des Proteins hinsichtlich der Pufferkapazität genauer beurteilen zu können, müßten Bestimmungen einzelner Protein-Fraktionen vorgenommen werden. Dafür sprechen auch Untersuchungen von Tatevossian (1977). Hier wurde festgestellt, daß im Plaque-Fluid bei einem pH-Wert zwischen 5 und 6 lösliche Proteine puffern und bei einem pH-Wert zwischen 4 und 5 funktionelle Gruppen von Proteinen, freie Aminosäuren (z.B. Glutamat) sowie organische Säuren (Acetat, Propionat und Laktat) zur Pufferkapazität beitragen. Die gesamte Pufferwirkung ist also von zahlreichen Substanzen abhängig. Diese Ergebnisse, die für Plaque-Fluid ermittelt wurden, können durchaus auf den Speichel übertragen werden. Auch die Phosphat-Menge scheint keinen Einfluß auf die Pufferkapazität zu haben, denn beim Vergleich mit der Pufferkapazität wird die gleiche

negative Korrelation deutlich wie beim Verhältnis zwischen der Pufferkapazität und dem Protein-Gehalt. Nach Rosenhek et al. (1993) trägt zusätzlich zum Bicarbonat auch noch eine erhöhte Basenproduktion (z.B. ein gestiegener Harnstoff-Gehalt) im stimulierten Speichel zur gesteigerten Pufferkapazität bei.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen eine deutlich höhere Pufferkapazität im stimulierten Speichel als im Ruhespeichel. Auch Ericsson (1959) hat die höchste Pufferkapazität 15 Minuten nach Mahlzeiten festgestellt und die niedrigste eine Stunde nach eingenommenen Mahlzeiten. Die Pufferkapazität ändert sich also durch Speichelstimulation und den Verbrauch der Puffer. Die Abhängigkeit zwischen der Pufferkapazität und der Stimulation und damit der Fließrate ist allerdings nicht streng. Dies zeigt die fehlende statistische Korrelation zwischen Pufferkapazität und Fließrate über den gesamten Versuchsablauf.

Direkte Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen sind gerade bei der Bestimmung der Pufferkapazität problematisch, weil eine große Zahl von Methoden entwikkelt wurde und sich diese in vielen Einzelheiten voneinander unterscheiden. So gibt es Unterschiede bezüglich der verwendeten Speichelmenge, Säurestärke, Säuremenge oder Säureart. Eine Beurteilung der Pufferkapazität des Speichels ist für die Abwehr von Säureangriffen bedeutend, die durch Nahrungsmittel oder Stoffwechselprodukte der oralen Mikroorganismen ausgelöst werden. Eventuelle Veränderungen des pH-Wertes in den basischen Bereich sind für die Zahngesundheit unerheblich.

Das angewandte Verfahren, bei dem die Speichelprobe mit einer schwachen Säure gemischt wird und die resultierende pH-Erniedrigung als Maß für die Pufferkapazität dient, ist für deren Bestimmung im sauren Bereich gut geeignet. Es ist bei genaueren Ergebnissen fast ebenso einfach durchzuführen wie das oft verwendete Dentobuff-System. Ein häufiges Vorgehen ist auch die Bestimmung der Pufferkapazität mittels Titration. Dieses Verfahren ist sehr zeitaufwendig und eignet sich daher nicht, wenn Untersuchungen an vielen Testpersonen durchgeführt werden. Der größere Aufwand wird auch nicht durch bessere Ergebnisse gerechtfertigt, denn die Messungen werden durch stetigen CO_2-Verlust und einem damit verbundenen pH-Anstieg der Probe verfälscht, weil die zugefügte Säure ständig mit dem Speichel vermischt werden muß.

Die Bestimmung der Pufferkapazität ist bei Speicheluntersuchungen auch praktisch relevant, denn von allen Speichelparametern weist die Pufferkapazität die höchste Korrelation mit der Kariesaktivität auf (Ericsson 1959, Shannon und Frome 1973, Krasse 1986, FDI-Report 1988).

Für die Entstehung von Karies ist die Häufigkeit und die Länge der Zeit entscheidend, in welcher die Zähne den mikrobiell abbaubaren Kohlenhydraten ausgesetzt sind. Durch Speichelstimulation und dem damit verbundenen pH-Anstieg im Speichel und in der Plaque wird diese Zeit für eine Demineralisation des Zahnschmelzes deutlich verkürzt. Nach dem Essen sinkt der pH-Wert der Plaque für ca. 100 Minuten unter den kritischen Wert von 5,5, wenn keine anschließende Zahnpflege betrieben wird. Mit dem Kauen von Kaugummi kann der pH-Wert innerhalb von 10 Minuten wieder angehoben und eine Demineralisation verhindert werden (Maiwald und Fröhlich 1992).Wird sofort im Anschluß an eine Mahlzeit ein Kaugummi gekaut, ist die Demineralisation am geringsten (Kashket et al. 1989).

Der überwiegende Schutz vor demineralisierenden Einwirkungen geht vom Ruhespeichel aus, denn dieser umgibt die Zähne die längste Zeit des Tages. Ruhespeichel hat jedoch eine niedrigere Pufferkapazität als stimulierter Speichel. Letzterer bewirkt eine bessere Versorgung der Zähne mit schützenden Mineralien wie Calcium, Phosphat, Hydroxylionen und Fluorid als Ruhespeichel, so daß zusammen mit der höheren Pufferkapazität ein verstärkter Schutz für die Zahnhartsubstanz entsteht. Stimulierter Speichel wird pro Tag nur knapp eine Stunde während der Nahrungsaufnahme produziert (Jenkins 1978, Dawes 1983, FDI Working group 10 1992). Speichelstimulation durch Kaugummikauen verlängert deshalb die Zeit, während der die Zähne vor Angriffen bewahrt sind und in der gleichzeitig Remineralisationsvorgänge stattfinden können.

Die Konzentration von anorganischem Phosphat nimmt bei Speichelstimulation ab. Allerdings darf nicht vergessen werden, daß durch die erhöhte Fließrate dennoch mehr Phosphat in der Mundhöhle vorhanden ist als der Ruhespeichel mit sich bringen könnte. Dasselbe gilt für die Speichelkonzentrationen von Calcium und Fluorid. Zusätzlich greifen noch weitere Mechanismen, welche die remineralisierende Wirkung des Speichels verstärken. So steigt trotz der geringeren Phosphat-Konzentration im stimulierten Speichel der Sätti-

gungsgrad von Calcium-Phosphat-Verbindungen, weil sich das Verhältnis zwischen den Phosphat-Ionen verändert. Das Gleichgewicht zwischen $H_2PO_4^-$ und HPO_4^{2-} verschiebt sich aufgrund des pH-Anstiegs bei Stimulation auf die Seite des HPO_4^{2-}, wodurch die Bildung von Calcium-Phosphaten begünstigt wird. Die dazu benötigten Calcium-Ionen werden durch vermehrt sezernierte Moleküle wie Statherin durch Komplexbildung in Lösung gehalten (Jenkins 1978, König 1987). Diese Vorgänge kommen einer Remineralisation der Zahnhartsubstanz zugute. Entscheidend für die Verhinderung von Karies ist nicht unbedingt die Übersättigung des Speichels mit Calcium, Phosphat und Fluorid, sondern die Dauer der Übersättigung mit diesen Ionen in der Plaque. So enthält Plaqueflüssigkeit von kariesfreien Testpersonen viel mehr Calcium und Phosphat als diejenige von kariesaktiven Probanden (Shaw et al. 1983). Infolge des ständigen Austausches von Stoffen zwischen Speichel und Plaque hat Kaugummikauen durch die Speichelstimulation auch auf die Sättigung der Plaque mit Ionen wie Calcium, Phosphat und Fluorid großen Einfluß. Dawes und Dong (1995) haben in Speichelproben, die mit zuckerfreiem oder zuckerhaltigem Kaugummi stimuliert wurden, höhere Übersättigungen mit Hydroxylapatit als im Ruhespeichel gefunden. Deshalb ist stimulierter Speichel in stärkerem Maße antikariogen als Ruhespeichel. Leach et al. (1989) untersuchten den remineralisierenden Effekt von Kaugummi. Dafür wurden Schmelzproben mit künstlichen Kariesläsionen versehen und von Testpersonen im Mund getragen. Die Proben wurden in der Zeit, während der die Probanden drei Wochen lang täglich fünf Mal Sorbit-Kaugummis kauten, doppelt so stark remineralisiert wie in der Zeit, während der kein Kaugummi gekaut wurde. Manning und Edgar (1992) stellten fest, daß durch Speichel, der mit zuckerhaltigem Kaugummi stimuliert wurde, künstlich hergestellte Kariesläsionen signifikant stärker remineralisiert wurden als durch unstimuliertem Speichel. Es war allerdings eine Kauzeit von 30 Minuten notwendig. Nach dieser Zeit ist das Süßungsmittel Saccharose aus dem Kaugummi und durch die hohe Fließrate ebenso aus der Mundhöhle weitgehend entfernt. Nach langer Kauzeit ist die Fließrate auch nur noch geringfügig erhöht, so daß die erhöhten Mengen von Calcium und Phosphat durch abnehmende Clearance dieser Stoffe verstärkt für Remineralisationsvorgänge genutzt werden können.

Die Fluoridkonzentration im Speichel sinkt bei Stimulation. Ein Großteil des in der Mundhöhle vorhandenen Fluorids diffundiert aus dem Speichel schnell in die Schleimhäute von Zunge und Wangen und wird dort gespeichert. Deshalb steht es für die Remineralisation

des Zahnschmelzes nicht mehr zur Verfügung. Das lösliche Fluorid aus diesen Speichern, aus dem Speichel und aus der Plaque unterliegt der Clearance (FDI Working group 10 1992). Bei niedrigem pH-Wert wird Fluorid zwar aus den Speichern freigesetzt (Council on Dental Therapeutics 1988), aber die Konzentration im Speichel bleibt trotzdem gering, so daß der Fluorid-Gehalt des Speichels nur eine untergeordnete Rolle für die Remineralisation spielt (Yao und Grøn 1970, Zero et al. 1992). Wegen der hohen Konzentration in der Plaque von 15-64 ppm (Yao und Grøn 1970) hat Fluorid entscheidenden Einfluß auf deren Kariogenität. Der Fluorid-Gehalt der Plaque beeinflußt die Diffusion von Fluorid in den Zahnschmelz und auch deren Bakterienstoffwechsel. Durch Kaubewegungen beim Kaugummikauen wird eventuell Fluorid aus den Speichern der Schleimhaut freigesetzt, das dann der Remineralisation zugute kommen kann. Diesem Vorgang würde der niedrige pH-Wert nach dem Essen nutzen, weil die Fluoridaufnahme in den Schmelz bei saurem pH-Wert gefördert wird (FDI-Report 1988). Ein hoher Fluorid-Gehalt des Speichels während der Remineralisationsphase wirkt sich positiv auf die Oberflächenhärte des Zahnschmelzes aus (Attin et al. 1997).

Auch die Veränderung der Protein-Menge spielt eine Rolle für die Remineralisation, denn nach Schiffner (1997) fördern einige große Speichelproteine initiale Schmelzläsionen, während es kleine Proteine gibt, welche wiederum die Remineralisation begünstigen. Das Verhältnis von großen und kleinen Proteinen ändert sich bei Speichelstimulation. Genaue Aussagen können hierzu allerdings nur gemacht werden, wenn einzelne Protein-Fraktionen untersucht werden.

5.3. Kaugummis

Zuckerhaltiges Kaugummi enthält kariogene Saccharose. Weil viele Menschen häufig am Tag zuckerhaltiges Kaugummi kauen, führt es durch die daraus resultierende hohe orale Zuckerkonzentration zu einem erhöhten Kariesrisiko (Imfeld 1987). Allein durch die Saccharose im zuckerhaltigen Kaugummi kann der pH-Wert in der Plaque unter pH = 6 sinken (Geddes 1990). Einer Übersicht bei Edgar und Geddes (1990) von verschiedenen Studien, welche die Kariogenität von zuckerhaltigem Kaugummi zum Inhalt haben, sind allerdings keine eindeutigen Ergebnisse zu entnehmen. Einige Untersuchungen halten zuckerhaltiges Kaugummi für nicht karieshemmend oder sogar kariogen (Finn und Jamison 1967,

Scheinin 1975, Baron 1981, Glass 1991), wogegen es auch Ergebnisse gibt, die keinen Einfluß von zuckerhaltigem Kaugummi auf die Kariesentstehung zeigen (Volker 1948, Toto 1960, Slack 1972). Alle Untersuchungen bestätigen jedoch übereinstimmend, daß der richtige Zeitpunkt des Kauens eine entscheidende Rolle spielt ist. Wird zuckerhaltiges Kaugummi als isolierte Zwischenmahlzeit gekaut, kann es durch im Anschluß an das Kauen in der Mundhöhle verbleibenden Zucker selbst kariogene Wirkung haben. Wenn es hingegen direkt nach einer Mahlzeit gekaut wird, trägt es durch die durch Speichelstimulation erhöhte Pufferkapazität zur Säureneutralisation bei.

Bei der vorliegenden Untersuchung ohne vorherige Nahrungsaufnahme, bei der das zukkerhaltige Kaugummi also nicht zur Säureneutralisation nach dem Essen eingesetzt wurde, erreicht der pH-Wert des Speichels nie den Bereich des kritischen pH-Wertes von 5,7 sondern steigt gegenüber dem Ruhespeichel sogar deutlich an. Eine kariogene Wirkung ist demnach fraglich. Der schädliche Einfluß des Zuckers wird beim Vergleich mit dem zukkerfreien Kaugummi jedoch anhand der geringeren Werte für den pH-Wert, den Bicarbonat-Gehalt und die Pufferkapazität im Verlauf der Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi deutlich.

Der Großteil der Saccharose aus dem zuckerhaltigen Kaugummi ist in der Mundhöhle nicht verfügbar, weil er sofort mit dem stimulierten Speichel heruntergeschluckt wird. Berechnungen von Dawes und Dong (1995) haben ergeben, daß 99,7% der Saccharose aus dem Kaugummi sofort geschluckt werden und nur 0,23% von kariogenen Mikroorganismen zu Laktat verarbeitet werden kann. Dieser scheinbar kleine verbleibende Prozentsatz bedeutet allerdings eine bis zum Ende der Stimulationszeit relativ hohe Saccharose-Konzentration im mit zuckerhaltigem Kaugummi angeregten Speichel. So konnten in den letzten fünf Minuten einer 20minütigen Stimulationszeit noch immer Konzentrationen von 12,8 mmol/l Saccharose im Speichel gemessen werden, wie Untersuchungen von Dong et al. (1995) mit einem 3 g schweren zuckerhaltigen Kaugummi zeigten. Die höchste Saccharose-Konzentration wurde hier mit 425 mmol/l in der zweiten Minute der Stimulationszeit gefunden. Die höchsten Laktat-Konzentrationen im mit zuckerhaltigem Kaugummi angeregten Speichel wurden 8-15 Minuten nach Beginn des Kauens gemessen. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die Bakterien schnell mit der Produktion zahnschädigender Säuren beginnen. Speichel, der mit zuckerfreiem Kaugummi stimuliert wurde, enthält gegenüber mit

zuckerhaltigem Kaugummi angeregtem Speichel deutlich niedrigere Laktat-Konzentrationen. Trotz der hohen Clearance von Zuckers durch die stimulierte Speichelsekretion sind demzufolge der Zeitpunkt und die Dauer des Kauens beim zuckerhaltigen Kaugummi wichtiger als bei zuckerfreiem Kaugummi. Je länger gekaut wird, desto weniger Zucker enthält das Kaugummi und durch den erhöhten Speichelfluß bleibt mehr Zeit für die Neutralisation der entstehenden Säuren. Dies zeigen auch Untersuchungen von Jensen und Wefel (1989). Bei einem Vergleich von zwei zuckerhaltigen und einem zuckerfreien Kaugummi wurde deutlich, daß der pH-Wert der Plaque innerhalb von 100 Minuten nach Genuß eines der drei Kaugummis nie unter einen pH-Wert von 7 sank, wenn die Kaugummis nach dem Essen für 20 Minuten gekaut wurden. Wenn ein zuckerhaltiges Kaugummi also direkt nach dem Essen gekaut wird, besteht kein Unterschied zu einem zuckerfreien Kaugummi. Daß die Dauer des Kauens entscheidend ist, zeigt der pH-Verlauf während der Stimulation. Der Säureangriff durch die Nahrungsaufnahme ließ den pH-Wert der Plaque auf durchschnittlich 3,7 sinken. Nach 10 Minuten Kaugummikauen war der Plaque-pH erst auf ungefähr 5,5 gestiegen. Nach 20 Minuten Kauen war dann der Säureangriff mit einem pH-Wert von ca. 7 vollständig und stabil neutralisiert. Versuche von Maiwald et al. (1982), Fröhlich et al. (1987), Maiwald und Beu (1990) sowie Manning und Edgar (1993) können diese Ergebnisse bestätigen.

Ein wichtiger Punkt bei der Speicheluntersuchung nach Stimulation durch zuckerhaltiges Kaugummi, der in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden konnte, ist die Entwicklung des pH-Wertes nach Beendigung des Kauens. Die Plaquebakterien verstoffwechseln die zugeführte Saccharose zu Säure, weshalb einige Autoren lange nach dem Ende der Speichelstimulation noch erniedrigte pH-Werte in Speichel und Plaque festgestellt haben. Söderling et al. (1975) fanden 30 Minuten nach Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi gegenüber Speichel, der mit zuckerfreiem Kaugummi angeregt wurde, zwar niedrigere pH-Werte, allerdings lagen diese nicht unter pH=7. Bei dieser Untersuchung wurden alle verwendeten Kaugummis jedoch nur zwei Minuten gekaut.

Zuckerfreies Kaugummi ist im Vergleich zu zuckerhaltigem Kaugummi auf keinen Fall kariogen. Langzeitstudien haben gezeigt, daß Kinder, die täglich mit Xylit oder Sorbit gesüßte Kaugummis kauten, signifikant weniger Karies hatten als Kinder, die jeden Tag zukkerhaltiges Kaugummi kauten (Finn und Jamison 1967, Kandelman und Gagnon 1990).

Der Zuckeraustauschstoff Xylit reduziert bei regelmäßiger Einnahme kariogene Mikroorganismen und wirkt somit sogar antikariogen. Xylit kann sowohl mit täglichem Kauen von Kaugummi (Loesche et al. 1984, Isokangas et al. 1991) oder auch mit der Zahnpasta eingenommen werden (Svanberg und Birkhed 1991). Allerdings ist eine Xylit-Menge von mindestens 5 g pro Tag nötig, um eine antimikrobielle Wirkung zu erzielen (Loesche et al. 1984, Isokangas et al. 1991). Diese Menge ist mit Kaugummi kaum zu erreichen, zumal herkömmliche zuckerfreie Kaugummis meistens mit Mischungen aus Xylit, Sorbit und anderen Zusätzen gesüßt sind, weshalb die Xylit-Menge sehr gering ist. Aus diesem Grund sind die antimikrobiellen Wirkungen der Xylit-Zusätze in Kaugummis wohl zu vernachlässigen und es kann ebenso Sorbit-gesüßtes zuckerfreies Kaugummi verwendet werden. Dies wird auch durch Untersuchungen von Kandelman und Gagnon (1990) deutlich. In einer 2-Jahres-Studie konnte kein Unterschied in Bezug auf die Kariesentwicklung festgestellt werden zwischen einem Kaugummi, das 65% Xylit enthielt, und einem Kaugummi, das mit 15% Xylit und 50% Sorbit gesüßt war. Die zwei Personengruppen, welche jeweils eines der beiden Kaugummis verwendeten, hatten nach den zwei Jahren aber eine signifikant niedrigere Kariesinzidenz und weniger Plaque als eine Kontrollgruppe, welche kein Kaugummi kaute.

Dem Zuckeraustauschstoff Xylit wird in Kaugummis auch eine remineralisierende Wirkung auf den Zahnschmelz zugeschrieben (Leach und Green 1980). Das in der vorliegenden Untersuchung verwendete zuckerfreie Kaugummi enthielt eine Mischung aus Sorbit und Xylit. Manning et al. (1992) fanden keine höhere Remineralisation beim Vergleich von zwei Kaugummis, von denen das eine mit Sorbit gesüßt war und das andere mit 25% Xylit und 75% Sorbit. Auch diese Tatsache spricht dafür, daß es nicht nötig ist, Kaugummis zu verwenden, die ausschließlich mit Xylit gesüßt sind.

5.4. Fließrate

Die Fließrate wurde durch zuckerhaltiges Kaugummi stärker stimuliert als durch zuckerfreies Kaugummi. Ein möglicher Grund für diese Tatsache könnte die höhere Masse des zuckerhaltigen Kaugummis (2,8 g) gegenüber dem zuckerfreien Kaugummi (2,0 g) sein. Ergebnisse von Rosenhek et al. (1993) machen u.a. die Masse und die Härte des Kaugummis für die Höhe der Fließrate mitverantwortlich. Auch Ergebnisse von Shannon und Fro-

me (1973) sprechen dafür, daß die Masse des Kaugummis Auswirkungen auf die stimulierte Fließrate hat, denn in ihrer Untersuchung mit zwei diesmal gleich schweren Kaugummis bewirkte das zuckerfreie Kaugummi eine höhere Speichelsekretion als das zukkerhaltige.

Die anfangs mit zuckerhaltigem Kaugummi stärker erhöhte Fließrate sinkt schon in der zweiten Meßzeit auf das Niveau der Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi. Dabei sind die absoluten Fließraten des durch zuckerhaltiges Kaugummi stimulierten Speichels etwas höher. Diese Ergebnisse bestätigen die mit einem Computer-Model berechneten Resultate von Dibdin et al. (1995). Anhand der Berechnungen wurde festgestellt, daß der pH-Wert im Speichel mit zuckerhaltigem Kaugummi schneller ansteigt, weil durch dieses Kaugummi die Fließrate anfangs stärker stimuliert wird als mit zuckerfreiem Kaugummi. Im weiteren Verlauf bleibt dann der pH-Wert bei Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi allerdings niedriger als mit zuckerfreiem Kaugummi. Auch Dawes und Dong (1995) konnten diese unterschiedliche Wirkung der Kaugummis nachweisen. Ein Grund dafür könnte sein, daß Saccharose einen stärkeren geschmacklichen Reiz auf die Speichelsekretion ausübt. Dieser Reiz wäre gleichzeitig ein Schutzmechanismus für die Zähne, indem dafür gesorgt wird, daß Zucker schnell aus der Mundhöhle entfernt und neutralisiert wird. Es muß auch in Betracht gezogen werden, daß die verwendeten Kaugummis trotz gleicher Geschmacksrichtung eventuell ein unterschiedlich kräftiges Aroma haben und somit anfangs für unterschiedliche Fließraten sorgen.

Die Fließrate sinkt bei länger anhaltender Speichelstimulation durch Kaugummi wegen der Abnahme von Geschmacks- und Süßstoffen, der Abnahme der Größe des Kaugummis und damit verbundener reduzierter mechanischer Stimulation, einer neuronalen Adaptation an den Geschmack und wegen einer eventuellen Ermüdung, d.h. einer Abnahme der Kaufrequenz oder der Kaukraft (Dawes und Macpherson 1992). Auch die Abnahme an Gewicht (auf ca. 30% des Anfangsgewichts) und eine verringerte Härte des Kaugummis sorgen für niedrigere Stimulation. Die Härte des Kaugummis verändert sich im Mund durch den Temperaturanstieg gegenüber der Außentemperatur und durch die Aufnahme von Speichel in das Kaugummi (Rosenhek et al. 1993).

Erstaunlich ist die Tatsache, daß die Veränderungen der Fließrate kaum Korrelationen zu anderen Speichelparametern aufweisen. Allein die Veränderungen der Bicarbonat-Konzentration zeigen deutliche Korrelationen mit der Fließrate, und dies auch nur bei Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi. Ein direkter proportionaler Zusammenhang zwischen der Fließrate und der Bicarbonat-Konzentration des Speichels, wie ihn Macpherson et al. (1991) fanden, ist allerdings nicht zu erkennen. Die erhöhte Fließrate als auffälligste Veränderung beim Kaugummikauen gilt gemeinhin als Ursache für die Konzentrationsschwankungen der Inhaltsstoffe des Speichels. So konnten einige Autoren signifikante Zusammenhänge zwischen der Fließrate und anderen Speichelparametern nachweisen. Ericson und Sjöbäck (1996) ermittelten z.B. mit verschieden starker Säurestimulation eine signifikante Korrelation zwischen der Fließrate und der Pufferkapazität. Allerdings wird in den Versuchsabläufen anderer Autoren in der Regel nur zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel unterschieden, ohne eine weitere Differenzierung innerhalb des stimulierten Speichels vorzunehmen. Dadurch wird auch die statistische Auswertung prägnanter, weil Variationen der sich ändernden Fließrate nicht berücksichtigt werden müssen. Bei Speichelstimulation durch Kaugummikauen verändert sich die Fließrate über den gesamten Zeitraum ständig. Anfangs steigt sie in sehr kurzer Zeit auf ein Maximum, um dann langsam in Richtung eines Plateaus zu fallen, dessen Niveau allerdings immer noch über der Fließrate des Ruhespeichels liegt. Wenn nur zwei Fließraten (Ruhespeichel und eine stimulierte Fließrate) mit anderen Speichelparametern verglichen werden, werden die statistischen Zusammenhänge vereinfacht und es ergeben sich deutlichere Korrelationen. Auch die Art der Speichelstimulation nimmt Einfluß auf die Auswertung der Ergebnisse. So bewirkt z.B. Kaugummi ohne Geschmacksstoffe (gum base) einen anderen Verlauf der Fließrate und kann dadurch auch die statistische Auswertung beeinflussen. Mit gum base fällt das Maximum der Speichelsekretion wesentlich niedriger aus und der anschließende Abfall der Fließrate ist weniger ausgeprägt. Die Stimulationskurve ist also über den gesamten Verlauf flacher (Dong et al. 1995) und es ergeben sich andere Zusammenhänge mit den übrigen Speichelparametern. Dennoch sollte man davon ausgehen können, daß bei einer Unterteilung des Stimulationszeitraumes in mehrere Meßabschnitte zumindest die erste Differenz (Ruhespeichel – stimulierter Speichel bis zur 5. Minute) den Ergebnissen anderer Studien folgt und mit den Veränderungen anderer Parameter korreliert. Dawes (1969 und 1974) hat in seinen Untersuchungen von Parotis- und Submandibularis-Speichel Korrelationen der Fließrate u.a. zu den Konzentrationen von Protein, anorganischem Phosphat,

Bicarbonat, Calcium und dem pH-Wert gefunden. Bei diesen Versuchen wurden drei verschiedene Fließraten durch gezielte Stimulation mit Säure über längere Zeit konstant gehalten. Die erwähnten Korrelationen zwischen der Fließrate und den übrigen Speichelparametern ergaben sich erst, als die Fließrate das gewünschte Plateau erreicht hatte. Ein Vergleich mit den hier vorgestellten Ergebnissen ist daher schwierig. Eine Untersuchung von Dawes und Dong (1995) ergab ebenfalls signifikante Zusammenhänge zwischen der Fließrate und der Konzentration von Bicarbonat, Calcium und dem pH-Wert. Bei diesem Versuch waren die einzelnen Meßabstände im Stimulationszeitraum kürzer. Die Bestimmungen wurden nach 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15 und 20 Minuten Kaugummikauen vorgenommen. Durch diese kürzeren Meßabstände sind die Veränderungen der Parameter linearer und können besser statistisch erfaßt werden. Zusätzlich wurden hier andere statistische Auswertungen verwendet (Varianz-Analyse und Multiple-range-Test nach Duncan), was abhängig von Art und Trennschärfe des Tests auch einen Einfluß auf die Korrelationen zwischen den Parametern haben könnte.

5.5. Bicarbonat

Die Bicarbonat-Konzentration steigt bei Speichelstimulation durch Kaugummi gegenüber dem Ruhespeichel um deutlich mehr als das Doppelte an. Der anfängliche Anstieg ist bei Stimulation mit zuckerfreiem oder zuckerhaltigem Kaugummi gleich. Mit zuckerfreiem Kaugummi bleibt der Bicarbonat-Gehalt jedoch deutlich länger erhöht als mit zuckerhaltigem Kaugummi, mit dem die Konzentration nach 20 Minuten Kauen nur noch geringfügig über derjenigen des Ruhespeichels liegt. Insgesamt enthält mit zuckerfreiem Kaugummi angeregter Speichel von der 6. bis zur 20. Minute der Stimulationszeit durchschnittlich drei mmol/l mehr Bicarbonat als mit zuckerhaltigem Kaugummi stimulierter Speichel. Diese Ergebnisse bestätigen Untersuchungen von Dawson (1993) und Dawes und Dong (1995). Der stärkere Abfall der HCO_3^--Konzentration am Ende der Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi gegenüber der Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi läßt sich damit begründen, daß die oralen Mikroorganismen sofort mit dem Abbau der durch das Kaugummi eingebrachten Saccharose begonnen haben. Die als Endprodukt der Glykolyse entstehende Säure wird dann von dem Bicarbonat abgepuffert, das damit verbraucht wird. Mit zuckerfreiem Kaugummi stimulierter Speichel enthält auch nach 20 Minuten Kauen mehr als doppelt so viel Bicarbonat wie der Ruhespeichel. Die Bicarbonat-Konzentration verringert

sich also während der 20minütigen Stimulationszeit kaum, obwohl die Fließrate des Speichels schon wieder signifikant abgenommen hat.

Der Zusammenhang zwischen dem Bicarbonat-Gehalt und der Fließrate ist bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi ausgeprägter als mit zuckerhaltigem Kaugummi. Auch dieser Sachverhalt spricht für einen schnellen Umsatz von Saccharose aus dem zuckerhaltigen Kaugummi durch den Bakterienstoffwechsel. Die ehemals vorhandene hohe Bicarbonat-Konzentration wird hier ohne Einwirkung der Fließrate durch einen zusätzlichen Einfluß verringert. Dieser Bicarbonat-Verbrauch kann mit der Neutralisation des entstehenden Laktats erklärt werden.

Die Korrelation zwischen Bicarbonat und der Fließrate ist über die gesamte Meßzeit gesehen nicht durchgehend signifikant. Die Fließrate und die Bicarbonat-Konzentration sind also nicht so streng voneinander abhängig, wie dies z.B. zwischen Bicarbonat und Pufferkapazität der Fall ist. Einige Autoren sprechen von signifikanten Korrelationen zwischen Bicarbonat und Fließrate. Bei diesen Untersuchungen wird allerdings oft nur zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel unterschieden, wobei die Veränderung der Fließrate während der Stimulation nicht berücksichtigt wird. Dawes (1969) untersuchte die Bicarbonat-Konzentration im Parotis-Speichel bei drei über längere Zeit konstant gehaltenen Fließraten (0,25 und 0,5 und 1 ml/min) und stellte ebenfalls eine hohe Korrelation zwischen beiden Parametern fest. Dieses Versuchsdesign entspricht allerdings nicht den natürlichen Gegebenheiten (s.a. 5.4.).

Zusammenhänge zwischen der Bicarbonat-Konzentration und der Speichelstimulation scheinen mit gewisser Verzögerung zu entstehen. Dafür sprechen die noch länger erhöhten Bicarbonat-Werte bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi, nachdem die Fließrate schon wieder deutlich gesunken ist. Die maximale Konzentration wird hier erst zwischen der 5. und der 10. Minute der Stimulationszeit erreicht, während sich die höchste Fließrate kurz nach Beginn der Stimulation einstellt. Dieser träge Verlauf könnte ebenso die Ursache dafür sein, daß trotz offensichtlicher gegenseitiger Abhängigkeit keine durchgängige Korrelation zwischen Bicarbonat-Gehalt und Fließrate sowie zwischen Bicarbonat-Gehalt und pH-Wert besteht.

Verschiedene frühere Untersuchungen identifizierten Bicarbonat als den Hauptpuffer des Speichels (u.a. Lilienthal 1955, Helm et al. 1982). Dieses wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigt, denn von den untersuchten Puffersubstanzen zeigte einzig die Bicarbonat-Konzentration eine durchweg signifikante Korrelation mit der Pufferkapazität. Dabei ist für den Zusammenhang zwischen Bicarbonat und Pufferkapazität gleichgültig, welche Kaugummisorte zur Speichelstimulation benutzt wird. Für die starke Beziehung zwischen Bicarbonat und Pufferkapazität spricht auch der ermittelte ausgeprägte Zusammenhang zwischen Bicarbonat-Gehalt und pH-Wert des Speichels.

Die Ursache für den steigenden Bicarbonat-Gehalt bei der Speichelstimulation ist die verkürzte Zeit für eine Rückresorption, die ansonsten bei niedriger Fließrate im Speicheldrüsenausführungsgang stattfinden kann (Whelton 1996). Die Erhöhung des Bicarbonat-Gehaltes bleibt nur kurzzeitig bestehen. Die Konzentration fällt sofort nach Ende der Speichelstimulation wieder ab. Bicarbonat kann also nicht gespeichert werden (Geddes 1990).

Bei zukünftigen Untersuchungen zur Möglichkeit der Säureneutralisation durch Speichel kann auf die aufwendige Bestimmung von Bicarbonat verzichtet werden, weil völlige Übereinstimmung zwischen den Werten für Pufferkapazität und Bicarbonat-Konzentration besteht.

5.6. Protein

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuchs zeigen, daß die Menge an Gesamt-Protein unabhängig von der verwendeten Kaugummisorte mit Stimulationsbeginn abfällt, um dann bis zum Ende des Kauens auf niedrigem Niveau relativ konstant zu bleiben. Der Grund hierfür dürfte eine verkürzte Zeit für Produktion und Transport der Proteine durch die Azinuszellen aufgrund der erhöhten Fließrate sein. Allerdings hat die Fließrate keinen unmittelbaren statistisch zu sichernden Zusammenhang mit der Menge an Protein. Dagegen bestehen deutliche Verbindungen zwischen den Veränderungen von Protein- und Phosphat-Gehalt des Speichels. Der Grund hierfür müßte in weiteren Versuchen geklärt werden.

Die Abnahme der Protein-Konzentration bei Speichelstimulation korreliert in der vorliegenden Untersuchung nicht signifikant mit der Fließrate. Die Ergebnisse von Dawes (1969 und 1974) sprechen dafür, daß die Protein-Konzentration prinzipiell von der Höhe der

Fließrate abhängig ist, es aber bei Veränderungen der Fließrate eine gewisse Zeit zur Anpassung der Protein-Konzentration benötigt. Weil sich im Verlauf der 20minütigen Stimulationszeit die Fließrate ständig ändert (zuerst schnell ansteigend, dann wieder langsam fallend), ist die Korrelation zwischen beiden Parametern nicht konstant.

Obwohl der Gehalt an Gesamt-Protein im Speichel bei Stimulation abnimmt, bedeutet dies nicht, daß eine derartige Reduktion auf alle Protein-Fraktionen zutrifft. Die Konzentration einiger Proteine steigt bei höherer Fließrate. So enthält stimulierter Speichel z.B. eine gegenüber dem Ruhespeichel dreifache Menge an Statherin (König 1991). Dadurch wird die Remineralisation gefördert, weil Calcium und Phosphat vor Ausfällung bewahrt und verstärkt in Lösung gehalten werden kann.

Proteine gelten neben Bicarbonat und Phosphat als Puffersubstanzen des Speichels. Diese Annahme wird durch die vorliegende Untersuchung widerlegt. Die gefundenen Ergebnisse zeigen, daß der Menge an Gesamt-Protein kein besonderes Gewicht bei der Pufferwirkung des Speichels zukommt. Bei den Veränderungen zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel kommt es sogar zu negativer Korrelation zwischen Pufferkapazität und Protein-Gehalt. Daraus wäre zu entnehmen, daß die Pufferkapazität des Speichels steigt, wenn die Protein-Konzentration sinkt. Allerdings ist es dennoch durchaus möglich, daß einzelne Protein-Fraktionen zur Pufferkapazität des Speichels beitragen. Für eine Beurteilung der Pufferwirkung ist die Bestimmung von Gesamt-Protein deshalb nicht sinnvoll, da Aufgaben und Stoffgruppen der Speichelproteine zu verschieden sind. Es müßten weitere Versuche mit einzelnen, nach Stoffgruppen aufgetrennten Proteinen durchgeführt werden. Auch die Ergebnisse anderer Autoren sprechen dafür, nur nach Untersuchung einzelner Protein-Fraktionen Rückschlüsse auf deren Funktion zu ziehen. Lilienthal (1955) geht davon aus, daß Proteine im Speichel nicht puffern, sie seien allerdings das Hauptpuffersystem der Plaque. Ericsson (1959) zitiert eine Studie von Oldfeldt (1936), wonach in der Gl. submandibularis und den kleinen Speicheldrüsen produzierte Muzine bei pH=7 praktisch keinerlei Pufferwirkung haben. Dagegen stellte Tatevossian (1977) nach Untersuchungen von Plaque-Fluid fest, daß bei einem pH-Wert zwischen 5 und 6 lösliche Proteine puffern und zwischen pH = 4 bis 5 unter anderem funktionelle Gruppen von Proteinen und freie Aminosäuren (z.B. Glutamat) zur Pufferkapazität beitragen. Diese Ergebnisse sind durchaus auch auf den Speichel übertragbar (s.a. 5.2.). Nach Schiffner (1997) puffern kleine Spei-

chelproteine mit Molekulargewichten bis 10000. Distler und Kagermeier (1987) sowie Marsh und Martin (1992) sprechen von einer Pufferwirkung basischer Aminosäuren (z.B. Arginin, Histidin) und basischer Peptide wie Sialin. Dementsprechend können auch bei der Suche nach Zusammenhängen zwischen der Protein-Konzentration des Speichels und Karies keine eindeutigen Aussagen gemacht werden. Hier wurden entweder einzelne Fraktionen oder Gesamt-Protein untersucht, weshalb sich widersprüchliche Ergebnisse ergaben (Übersichten bei König 1987 und Schiffner 1997). Alle dargestellten Ausführungen unterstützen die Forderung, Speichelproteine erst nach Auftrennung auf ihre Pufferwirkung hin zu untersuchen.

5.7. Anorganisches Phosphat

Anorganisches Phosphat hat die höchste Konzentration im Ruhespeichel. Mit Beginn der Speichelstimulation durch Kaugummi fällt der Phosphat-Gehalt um fast die Hälfte ab, um dann gegen Ende der Stimulationszeit langsam wieder anzusteigen. Das Niveau des Ruhespeichels wird jedoch auch bei niedriger stimulierter Fließrate nicht erreicht. Dieser Verlauf der Phosphat-Konzentration ist von der verwendeten Kaugummisorte unabhängig. Die Abnahme der Konzentration bei Speichelstimulation ist auf reduzierte Sekretion von Phosphaten durch die Speicheldrüsen zurückzuführen. Mechanismen einer Rückresorption wie z.B. bei der Bicarbonat-Konzentration haben also nur wenig Einfluß auf den Phosphat-Gehalt (Jenkins 1978).

Trotz ähnlich prägnantem Verlauf zeigt der Phosphat-Gehalt keine signifikante Korrelation mit der Fließrate. Zu ähnlichen Ergebnisse kommen auch Dawes und Dong (1995). Demgegenüber hat Dawes (1969 und 1974) bei seinen Versuchen mit konstant gehaltenen Fließraten einen signifikanten Zusammenhang zwischen sinkender Phosphat-Konzentration und der Fließrate gefunden. Dieses Versuchsdesign entspricht allerdings nicht den natürlichen Gegebenheiten und Veränderungen der Parameter während der Stimulationszeit werden nicht berücksichtigt.

Eine deutliche Korrelation zeigt sich zwischen dem Verlauf der Protein-Konzentration und dem Phosphat-Gehalt. Es ist zu vermuten, daß hier kein unmittelbarer Zusammenhang be-

steht, sondern nur ein ähnlicher Sekretionsmechanismus der Speicheldrüsen vorliegt. Zur Klärung dieser Annahme sind jedoch weitere Untersuchungen nötig.
Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Anteil von Phosphat an der Pufferkapazität zu überprüfen. Dazu wurde die Konzentration von anorganischem Phosphat bestimmt. Dies ist der überwiegende Teil des Phosphates im Speichel (Hanson 1961). Ein weiterer Teil ist in Komplexen gebunden und nur 10% sind organisch (Jenkins 1978). Grundsätzlich können Phosphatgruppen als Puffer wirken. Anorganisches Phosphat gilt als wichtiger Parameter für die Remineralisation der Zähne und für eine Pufferwirkung des Speichels, organisches Phosphat wirkt in erster Linie als Puffer und trägt wenig zur Remineralisation bei. Von daher ist die Bestimmung von anorganischem Phosphat aussagekräftiger als diejenige von Gesamt-Phosphat, weil damit dessen Einfluß auf Pufferkapazität und Mineralisation gezielt untersucht werden kann. Eine puffernde Wirkung der Phosphoproteine wird zudem auch bei der Bestimmung des Gesamt-Proteins mit erfaßt.

Eine Beziehung zwischen anorganischem Phosphat und dem Verlauf der Pufferkapazität konnte nicht festgestellt werden. Bei Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi besteht sogar eine negative Korrelation zwischen beiden Parametern. Mit dieser Kaugummisorte steigt die Pufferkapazität mit Stimulationsbeginn an und ist auch am Ende der Stimulationszeit noch erhöht, während der Phosphat-Gehalt im gesamten Stimulationszeitraum niedriger ist als im Ruhespeichel. Ein Einfluß von Phosphat auf die Pufferkapazität kann daraus wohl nicht abgeleitet werden, zumal es beim Kauen des zuckerfreien Kaugummis nicht zu diesem Zusammenhang zwischen den Parametern kommt. Auch Ericsson (1959) konnte nur eine untergeordnete Wirkung von anorganischem Phosphat auf die Pufferkapazität finden, was er in frühen Untersuchungen von Hubbell (1933) sowie White und Bunting (1936) bestätigt sah. Er erklärte diese Tatsache mit der relativ niedrigen Phosphat-Konzentration bei Speichelstimulation und dem wesentlich erhöhten Anteil von Bicarbonat an der Pufferkapazität des stimulierten Speichels.

5.8. Calcium

Die Calcium-Konzentration verändert sich bei Speichelstimulation nur in sehr engem Rahmen. Sie steigt bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi im ersten Zeitabschnitt deutlich an und sinkt dann wieder auf das Niveau des Ruhespeichels ab. Auch Lear und Grøn (1968) sowie Söderling et al. (1975) fanden eine Zunahme der Calcium-Konzentra-

tion bei Speichelstimulation. Dawes (1974) stellte im Submandibular-Speichel eine mit der Fließrate steigende Calcium-Konzentration fest, wenn mittels saurer Zitronenbonbons konstante Fließraten von 1, 2 oder 3 ml/min aufrecht erhalten wurden. Bei Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi ist dagegen die Konzentration von Calcium gegenüber dem Ruhespeichel nicht erhöht und fällt im weiteren Verlauf sogar etwas ab. Dieser Unterschied zur Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi läßt einen Einfluß der Saccharose auf den Calcium-Gehalt des Speichels vermuten. Die andersartige Wirkung des zuckerfreien Kaugummis ist jedoch schwer zu erklären, weil Speichelparameter mit eventueller Auswirkung auf den Calcium-Stoffwechsel wie pH-Wert und Bicarbonat-Gehalt keine Abweichung zur Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi erkennen lassen. Möglich wäre auch eine erhöhte Calcium-Sekretion durch eine höhere Fließrate, wie sie im ersten Zeitabschnitt mit zuckerhaltigem Kaugummi vorkommt. Es gibt jedoch weder im Versuch mit zuckerhaltigem noch im Versuch mit zuckerfreiem Kaugummi eine statistische Korrelation zwischen dem Calcium-Gehalt und der Fließrate. Gesteigerte Calcium-Konzentration des Speichels durch eine schnell einsetzende Schmelzdemineralisation ist nicht anzunehmen. Zum einen würde hierfür nur ein kurzer Zeitraum von 5 Minuten zur Verfügung stehen und zum anderen ist eine beginnende Demineralisation bei gleichzeitig gestiegenen Werten für pH und Pufferkapazität unwahrscheinlich. Ebenso muß wohl ein Einfluß der Phosphat-Konzentration auf unterschiedliche Calcium-Konzentrationen abgelehnt werden. Zwar wird Calcium eine starke Affinität zu anorganischem Phosphat zugeschrieben, beide Speichelparameter zeigen jedoch weder bei Stimulation mit zuckerhaltigem noch mit zukkerfreiem Kaugummi eine gegenseitige statistische Beeinflussung ihrer Konzentrationsänderungen.

Ein sinkender Calcium-Gehalt im mit zuckerfreiem Kaugummi stimulierten Speichel kann damit erklärt werden, daß der Anteil des Parotis-Speichels am Gesamtspeichel bei Stimulation von 20% auf mehr als 50% zunimmt (Dawes 1990). Der Parotis-Speichel enthält eine niedrigere Calcium-Konzentration als Speichel aus den anderen Drüsen (Jenkins 1978). Überdies fällt die Calcium-Konzentration im Parotis-Speichel zu Beginn der Stimulation noch zusätzlich ab (Dawes 1967).

Hohe Konzentration von Calcium ist für die Remineralisation von Schmelzdefekten bedeutend. Im stimulierten Speichel kann Calcium durch erhöhten Statherin-Gehalt in Kom-

plexen gebunden werden und wird somit vor Ausfällung bewahrt (König 1987). Bei sinkendem pH-Wert wird diese Bindung wieder gelöst (FDI, Working group 10 1992). Somit steht das freigesetzte Calcium in erhöhter Speichel-Konzentration in nächster Umgebung des Zahnschmelzes zur Verfügung und kann dessen Demineralisation vorbeugen bzw. dessen Remineralisation begünstigen.

5.9. Fluorid

Für Aussagen über Mineralisationsvorgänge des Zahnschmelzes spielt die Fluorid-Konzentration im Speichel eine wichtige Rolle. Leider mußte auf eine geplante Bestimmung verzichtet werden, weil bei den gerade in stimuliertem Speichel sehr geringen Konzentrationen nur ungenaue Ergebnisse ermittelt werden konnten. So ließen sich nur Tendenzen aufzeigen, die jedoch nicht aussagekräftig gewesen wären.

Ruhespeichel enthält eine Konzentration von 0,001-0,05 ppm Fluorid (Yao und Grøn 1970, Shannon und Edmonds 1977, Duckworth et al. 1987). Oliveby et al. (1987) stellten fest, daß die Fluorid-Konzentration im unstimulierten Gesamtspeichel durch Kauen eines F^--haltigen Kaugummis von 0,3-1,1 µmol/l (=0,0006-0,021ppm) auf 0,7-1,6 µmol/l (=0,013-0,03 ppm) erhöht werden kann. Das Kaugummi hatte einen Gehalt von 0,25 mg F^- als NaF. Diese erhöhte Konzentration wurde für einen normal stimulierten Speichelfluß von 0,9-2,5 ml/min ermittelt. Bei niedrigem Speichelfluß (0,4-0,6 ml/min) ergab sich sogar eine Zunahme auf 4,7-19,2 µmol/l (=0,09-0,365 ppm). Der Fluorid-Gehalt der Mundflüssigkeit ist demzufolge in hohem Maße der Clearance durch den Speichel unterworfen. Diese Ergebnisse werden auch von Zero et al. (1992) unterstützt. Die Erhöhung der Fluorid-Konzentration des Speichels durch Kauen von F^--haltigem Kaugummi ist allerdings nur kurzzeitig. Sie fällt schnell wieder auf den Ausgangswert zurück. Wirksamer als eine kurzfristige Steigerung der Speichelkonzentration ist daher eine regelmäßige und langfristige Erhöhung, z.B. durch Trinkwasserfluoridierung.

5.10. Unterschiede zwischen Männern und Frauen

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, daß Frauen der untersuchten Altersgruppe (24-33 Jahre) eine andere Zusammensetzung des Ruhespeichels haben als Männer. Der Ruhespeichel der weiblichen Testpersonen enthält niedrigere Werte für den pH-Wert, die

Pufferkapazität und die Bicarbonat-Konzentration. Der Anstieg dieser Parameter bei Stimulation fällt dann allerdings unabhängig von der verwendeten Kaugummisorte höher aus als bei Männern, so daß sich die Unterschiede im stimulierten Speichel wieder ausgleichen. Ein eindeutiger Grund für diese geringeren Werte bei Frauen ist nicht ersichtlich. Die Veränderungen der drei Speichelparameter pH, Pufferkapazität und Bicarbonat haben gerade beim Übergang zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel eine abhängige Beziehung zueinander, wie die statistische Auswertung ergab. Möglicherweise ist eine geringere Fließrate bei Frauen der Grund für niedrigere Werte der drei genannten Parameter. Sie ist bei Frauen im Durchschnitt geringer als bei Männern, allerdings läßt sich dieser Unterschied nicht statistisch sichern. Mit einer niedrigeren Fließrate, die mit einer geringeren Größe der Speicheldrüsen bei Frauen einhergehen könnte, wäre der niedrigere Bicarbonat-Gehalt zu erklären. Dieser könnte dann wiederum die Ursache für die geringeren Werte von Pufferkapazität und pH-Wert sein. Zumindest bei Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi bestehen Zusammenhänge zwischen der Fließrate sowie dem Bicarbonat-Gehalt und der Pufferkapazität. Hier ist die Differenz A, welche die Veränderung der Parameter zwischen Ruhespeichel und stimuliertem Speichel bis zur fünften Stimulationsminute beschreibt, statistisch signifikant. Ein geringerer Bicarbonat-Gehalt des Ruhespeichels der Frauen könnte auch durch eine stärkere Rückresorption im Drüsenausführungsgang zustande kommen. Mit dieser Rückresorption wird im Ruhespeichel der primär mit dem Blut gleich hoch konzentrierte Bicarbonat-Gehalt auf ein weit niedrigeres Niveau reduziert. Eine geringere aktive Sekretion in den Azinuszellen der Speicheldrüsen kommt wohl nicht in Frage, weil dieser Mechanismus der Ausschüttung erst beim stimulierten Speichel greift (Smith 1996).

Allgemein scheint das Lebensalter einen Bezug zu geschlechtsbedingten Unterschieden der Speichelzusammensetzung zu haben. Dafür sprechen Ergebnisse anderer Autoren. So fanden Wikner und Söder (1994) bei jungen Frauen (20-24 Jahre) eine niedrigere Pufferkapazität als bei gleichaltrigen Männern. Heintze et al. (1983) stellten fest, daß Frauen, die älter als 30 sind, niedrigere Werte für Fließrate und Pufferkapazität im Ruhespeichel haben als Männer im selben Lebensalter. Dies traf für jüngere Frauen jedoch nicht zu. Sie erklärten dies mit hormonellen Einflüssen z.B. nach der Menopause und damit verbundenen Medikamenten. Parvinen (1984) fand auch Unterschiede im stimulierten Speichel. So waren bei Frauen mit einem Alter über 30 Fließrate und pH-Wert im stimulierten Speichel signifikant

niedriger als bei Männern. Eine Untersuchung von Meurman und Rantonen (1994) ergab, daß Frauen im Alter zwischen 20-60 niedrigere Fließraten von Ruhespeichel haben als Männer. Ebenso haben Frauen häufiger eine niedrigere Pufferkapazität. Johnson und Dodds (1992) fanden bei jungen Erwachsenen mit einem Durchschnittsalter von 24 Jahren keine geschlechtsbedingten Unterschiede der Speichelparameter Fließrate, pH und Pufferkapazität. Allerdings wurden bei Frauen signifikant höhere Konzentrationen an Gesamt-Protein ermittelt. Swanljung et al. (1992) stellten im Rahmen einer Untersuchung junger Diabetiker (12-18 Jahre) und einer Kontrollgruppe keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der Speichelparameter Fließrate, pH-Wert und Pufferkapazität fest. Krasse (1986) führt eine höhere Kariesprävalenz bei Frauen auf eventuell ungünstigere Speichelwerte (Fließrate, Pufferkapazität, pH, Bicarbonat) zurück. Zur Klärung dieser doch teilweise widersprüchlichen Aussagen müßten weitere Untersuchungen erfolgen, die auch andere Einflußfaktoren auf die Speichelsekretion wie Medikamenteneinnahme oder Nikotinkonsum berücksichtigen.

6 Zusammenfassung

Kaugummi zur Unterstützung der Mundhygiene gewinnt mehr und mehr an breiter Zustimmung. Die vorliegende Arbeit geht deshalb aus Sicht der Kariesprophylaxe Veränderungen von Speichelparametern unter Einfluß von zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi nach. Im Blickpunkt stehen dabei Inhaltsstoffe des Speichels, die Bezug zu dessen Pufferkapazität und zu Mineralisationsvorgängen des Zahnschmelzes haben. Die Untersuchung bezieht mögliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern mit ein.

15 weibliche und 17 männliche Testpersonen gaben jeweils nach Stimulation mit zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi Speichelproben ab. Analysiert wurde der Ruhespeichel sowie stimulierter Speichel nach 5, 10 und 20 Minuten Speichelstimulation. In allen Proben wurden die Speichelparameter Fließrate, pH, Pufferkapazität sowie die Konzentrationen von Bicarbonat, Gesamt-Protein, anorganischem Phosphat und Calcium bestimmt.

Die Fließrate des stimulierten Speichels steigt abhängig vom dazu verwendeten Kaugummi gegenüber dem Ruhewert um 561% bzw. 466% an. Dabei wird mit zuckerhaltigem Kaugummi am Anfang der Stimulation eine höhere Speichelsekretion erreicht als mit zuckerfreiem Kaugummi. Dieser Unterschied gleicht sich im weiteren Verlauf der Speichelstimulation wieder aus. Nach einer Kauzeit von 20 Minuten ist die Fließrate gegenüber dem Ruhespeichel noch immer signifikant erhöht. Der Verlauf der Fließrate zeigt im untersuchten Meßzeitraum mit beiden Kaugummisorten nur vereinzelt Korrelationen zu anderen Parametern. Einzig die Beziehung zwischen Fließrate und Bicarbonat-Konzentration bei Speichelstimulation mit zuckerfreiem Kaugummi läßt sich statistisch sichern.

Die Veränderungen von pH-Wert, Bicarbonat-Gehalt und Pufferkapazität des Speichels deuten auf ausgeprägte gegenseitige Zusammenhänge hin. Bicarbonat-Konzentration und Pufferkapazität korrelieren bei allen miteinander verglichenen Daten mit einem P-Wert von 0,000. Alle drei Parameter steigen beim Kaugummikauen schnell an und fallen dann stetig wieder auf das Niveau ihrer Ruhewerte ab. Die anfänglichen Steigerungen von pH-Wert, Bicarbonat-Gehalt und Pufferkapazität bis zur fünften Minute der Stimulationszeit zeigen keine Unterschiede zwischen zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi. Am

Ende der 20minütigen Stimulationszeit sind die genannten Speichelparameter bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi jedoch deutlich stärker erhöht als bei Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi. Dies zeigt, daß der Abbau der durch zuckerhaltiges Kaugummi in die Mundhöhle eingebrachten Saccharose durch kariogene Mikroorganismen schnell einsetzt. Zwar sind die Parameter pH-Wert, Bicarbonat-Gehalt und Pufferkapazität gegenüber dem Ruhespeichel auch bei Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi deutlich angewachsen, Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi bewirkt jedoch deutlich günstigere Veränderungen dieser Parameter im Hinblick auf die Kariesprävention.

Sowohl der Gehalt an Gesamt-Protein als auch an anorganischem Phosphat sinken unabhängig von der zur Speichelstimulation verwendeten Kaugummisorte signifikant ab. Beiden Parametern kann daher kein besonderes Gewicht bei der Pufferwirkung des Speichels zugeschrieben werden.

Der Calcium-Gehalt des Speichels steigt zu Beginn der Stimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi signifikant an, während mit zuckerfreiem Kaugummi ein dauerhafter leichter Abfall zu verzeichnen ist. Entscheidende Vorteile im Hinblick auf eine stärkere remineralisierende Wirkung zuckerhaltigen Kaugummis sind aus dieser Tatsache jedoch wohl nicht zu entnehmen.

Frauen haben eine von Männern abweichende Zusammensetzung des Ruhespeichels. Die Werte für pH, Pufferkapazität und Bicarbonat sind bei ihnen signifikant niedriger als bei Männern. Bei der nachfolgenden Speichelstimulation ist die Steigerung dieser Parameter bei Frauen dann größer, so daß beide Geschlechter im stimulierten Speichel gleich hohe Werte erreichen. Eine eindeutige Ursache für diesen Vorgang kann nicht gefunden werden. Möglicherweise werden die genannten Parameter durch die Fließrate beeinflußt. Diese erreicht bei Frauen niedrigere Durchschnittswerte (0,45 ml/min), der Unterschied zur Fließrate der Männer (0,53 bzw. 0,50 ml/min mit zuckerhaltigem bzw. zuckerfreiem Kaugummi) ist jedoch statistisch nicht zu sichern. Es gibt jedoch zumindest bei Stimulation mit zuckerfreiem Kaugummi statistische Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Fließrate sowie der Bicarbonat-Konzentration und der Pufferkapazität.

Zur genauen Bestimmung der Fließrate wurde die Speicheldichte ermittelt. Es ergab sich eine höhere Dichte von stimuliertem Speichel gegenüber Ruhespeichel. Die Speicheldichte

scheint auch von der für die Stimulation verwendeten Kaugummisorte abhängig zu sein, denn zuckerhaltiges Kaugummi verursachte eine höhere Dichte als zuckerfreies Kaugummi.

Das zuckerfreie Kaugummi hat deutliche Vorteile im Hinblick auf die Pufferwirkung des Speichels und sollte deshalb dem zuckerhaltigen Kaugummi vorgezogen werden. Speichelstimulation mit zuckerhaltigem Kaugummi führt zwar gegenüber dem Ruhespeichel zu günstigen Veränderungen von Speichelparametern, jedoch sprechen alle Vergleiche zwischen beiden Kaugummis für den Gebrauch von zuckerfreiem Kaugummi. Letzteres führt hinsichtlich der Kariesprophylaxe durchweg zu günstigeren Veränderungen der Speichelparameter. Die größere Anhebung der Calcium-Konzentration durch zuckerhaltiges Kaugummi und dadurch eine möglicherweise stärkere Remineralisation von Zahnschmelz kann durch die Nachteile hinsichtlich der Pufferkapazität nicht als Argument angeführt werden. Gerade die ungeklärte kariogene Wirkung bei Verwendung von zuckerhaltigem Kaugummi als Zwischenmahlzeit ist ein entscheidender Mangel.

Die herkömmliche Reinigung der Zähne kann durch Kaugummi nicht ersetzt werden. Hohe Speichelkonzentrationen einiger Parameter, wie sie durch Kaugummikauen erreicht werden, können immer nur Unterstützung für eine gute Mundhygiene sein und bleiben ohne zusätzliche Zahnpflege nutzlos.

7 Anhang

7.1. Einzelwerte der statistischen Auswertungen

Tab. 4: Überprüfung der Veränderungen der Speichelparameter im Verlauf der Meßzeit. Wilcoxon-Vorzeichen-Test, 2-tailed P.

	zuckerhaltiges Kaugummi	zuckerfreies Kaugummi
Fließrate		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,0000	0,0000
pH		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0387	0,0000
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,0362	0,0000
Pufferkapazität		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,2699
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,2640	0,0004
Bicarbonat		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,2907
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,0043	0,0000
Gesamt-Protein		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0379	0,0020
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,6807	0,0853
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,0002	0,0000
anorganisches Phosphat		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0000	0,0000
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,0000	0,0000
Calcium		
Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min	0,0000	0,2663
Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min	0,0000	0,0006
Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min	0,0001	0,2234
Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel	0,6187	0,0010

Tab. 5: Unterschiede zwischen zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi. Wilcoxon-Vorzeichen-Test, 2-tailed P.

	Differenz A	Differenz B	Differenz C	Differenz D
Fließrate	0,0000	0,0001	0,5747	0,2735
pH	0,4446	0,0000	0,0048	0,0000
Pufferkapazität	0,5104	0,0001	0,8590	0,0099
Bicarbonat	0,6807	0,0000	0,1470	0,0000
Gesamt-Protein	0,1038	0,8590	0,4927	0,1608
anorg. Phosphat	0,2767	0,5434	0,1274	0,3845
Calcium	0,0000	0,0000	0,0207	0,0074

Tab. 6: Vergleich der Speichelparameter von Männern und Frauen bei Speichelstimulation mit zuckerhaltigem oder zuckerfreiem Kaugummi. Mann-Whitney U-Test, 2-tailed P.

	Differenz A	Differenz B	Differenz C	Differenz D
	zuckerhaltiges Kaugummi			
Fließrate	0,1309	0,2192	0,0962	0,6640
pH	0,0043	0,6639	0,3641	0,0298
Pufferkapazität	0,0165	0,2124	0,0413	0,0590
Bicarbonat	0,0058	0,1355	0,3954	0,0669
Gesamt-Protein	0,0728	0,4613	0,5969	0,0285
anorg. Phosphat	0,8949	0,5208	0,5208	0,8060
Calcium	0,9248	0,1206	0,1607	0,2812
	zuckerfreies Kaugummi			
Fließrate	0,8354	0,6917	0,4165	0,7769
pH	0,0030	0,1353	0,3343	0,0148
Pufferkapazität	0,0183	0,3260	0,0728	0,1170
Bicarbonat	0,0087	0,4167	0,1406	0,0670
Gesamt-Protein	0,6235	0,6640	0,8948	0,8651
anorg. Phosphat	0,8355	0,6916	1,0000	0,6641
Calcium	0,7768	0,8794	0,0772	0,0613

Tab. 7: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Männer und Frauen, zuckerhaltiges Kaugummi. Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,325	0,131	0,383	0,931	0,139	0,208
pH	0,325	X	0,000	0,000	0,775	0,425	0,089
Pufferkapazität	0,131	0,000	X	0,000	0,040	0,027	0,574
Bicarbonat	0,383	0,000	0,000	X	0,728	0,895	0,732
Gesamt-Protein	0,931	0,775	0,040	0,728	X	0,029	0,032
anorg. Phosphat	0,139	0,425	0,027	0,895	0,029	X	0,914
Calcium	0,208	0,089	0,574	0,732	0,032	0,914	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,084	0,464	0,444	0,228	0,157	0,211
pH	0,084	X	0,169	0,006	0,865	0,766	0,080
Pufferkapazität	0,464	0,169	X	0,000	0,061	0,524	0,553
Bicarbonat	0,444	0,006	0,000	X	0,044	0,220	0,405
Gesamt-Protein	0,228	0,865	0,061	0,044	X	0,004	0,418
anorg. Phosphat	0,157	0,766	0,524	0,220	0,004	X	0,069
Calcium	0,211	0,080	0,553	0,405	0,418	0,069	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,017	0,670	0,080	0,193	0,005	0,508
pH	0,017	X	0,846	0,265	0,120	0,005	0,047
Pufferkapazität	0,670	0,846	X	0,000	0,242	0,268	0,505
Bicarbonat	0,080	0,265	0,000	X	0,367	0,005	0,095
Gesamt-Protein	0,193	0,120	0,242	0,367	X	0,757	0,158
anorg. Phosphat	0,005	0,005	0,268	0,005	0,757	X	0,303
Calcium	0,508	0,047	0,505	0,095	0,158	0,303	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,981	0,166	0,029	0,207	0,798	0,646
pH	0,981	X	0,002	0,000	0,806	0,694	0,000
Pufferkapazität	0,166	0,002	X	0,000	0,000	0,001	0,257
Bicarbonat	0,029	0,000	0,000	X	0,115	0,104	0,008
Gesamt-Protein	0,207	0,806	0,000	0,115	X	0,003	0,107
anorg. Phosphat	0,798	0,694	0,001	0,104	0,003	X	0,842
Calcium	0,646	0,000	0,257	0,008	0,107	0,842	X

Tab. 8: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Männer und Frauen, zuckerfreies Kaugummi. Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,761	0,007	0,007	0,374	0,977	0,012
pH	0,761	X	0,011	0,000	0,760	0,011	0,649
Pufferkapazität	0,007	0,011	X	0,000	0,165	0,269	0,037
Bicarbonat	0,007	0,000	0,000	X	0,867	0,366	0,064
Gesamt-Protein	0,374	0,760	0,165	0,867	X	0,006	0,238
anorg. Phosphat	0,977	0,011	0,269	0,366	0,006	X	0,517
Calcium	0,012	0,649	0,037	0,064	0,238	0,517	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,604	0,453	0,477	0,004	0,116	0,972
pH	0,604	X	0,001	0,001	0,048	0,156	0,451
Pufferkapazität	0,453	0,001	X	0,000	0,195	0,093	0,581
Bicarbonat	0,477	0,001	0,000	X	0,413	0,008	0,600
Gesamt-Protein	0,004	0,048	0,195	0,413	X	0,394	0,882
anorg. Phosphat	0,116	0,156	0,093	0,008	0,394	X	0,016
Calcium	0,972	0,451	0,581	0,600	0,882	0,016	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,158	0,061	0,009	0,031	0,026	0,843
pH	0,158	X	0,179	0,028	0,613	0,370	0,873
Pufferkapazität	0,061	0,179	X	0,000	0,042	0,250	0,048
Bicarbonat	0,009	0,028	0,000	X	0,026	0,036	0,024
Gesamt-Protein	0,031	0,613	0,042	0,026	X	0,051	0,875
anorg. Phosphat	0,026	0,370	0,250	0,036	0,051	X	0,116
Calcium	0,843	0,873	0,048	0,024	0,875	0,116	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,344	0,084	0,000	0,479	0,470	0,979
pH	0,344	X	0,095	0,000	0,706	0,067	0,001
Pufferkapazität	0,084	0,095	X	0,000	0,003	0,092	0,938
Bicarbonat	0,000	0,000	0,000	X	0,581	0,324	0,251
Gesamt-Protein	0,479	0,706	0,003	0,581	X	0,001	0,016
anorg. Phosphat	0,470	0,067	0,092	0,324	0,001	X	0,109
Calcium	0,979	0,001	0,938	0,251	0,016	0,109	X

Tab. 9: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Frauen, zuckerhaltiges Kaugummi.
Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,985	0,076	0,259	0,413	0,676	0,785
pH	0,985	X	0,289	0,042	0,053	0,153	0,366
Pufferkapazität	0,076	0,289	X	0,000	0,612	0,074	0,354
Bicarbonat	0,259	0,042	0,000	X	0,795	0,462	0,366
Gesamt-Protein	0,413	0,053	0,612	0,795	X	0,037	0,070
anorg. Phosphat	0,676	0,153	0,074	0,462	0,037	X	0,919
Calcium	0,785	0,366	0,354	0,366	0,070	0,919	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,208	0,844	0,729	0,661	0,766	0,576
pH	0,208	X	0,266	0,005	0,553	0,400	0,101
Pufferkapazität	0,844	0,266	X	0,022	0,027	0,937	0,273
Bicarbonat	0,729	0,005	0,022	X	0,149	0,181	0,168
Gesamt-Protein	0,661	0,553	0,027	0,149	X	0,132	0,187
anorg. Phosphat	0,766	0,400	0,937	0,181	0,132	X	0,387
Calcium	0,576	0,101	0,273	0,168	0,187	0,387	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,078	0,198	0,402	0,137	0,030	0,037
pH	0,078	X	0,783	0,982	0,037	0,055	0,006
Pufferkapazität	0,198	0,783	X	0,078	0,427	0,722	0,299
Bicarbonat	0,402	0,982	0,078	X	0,624	0,313	0,280
Gesamt-Protein	0,137	0,037	0,427	0,624	X	0,451	0,025
anorg. Phosphat	0,030	0,055	0,722	0,313	0,451	X	0,402
Calcium	0,037	0,006	0,299	0,280	0,025	0,402	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,713	0,104	0,462	0,119	0,372	0,761
pH	0,713	X	0,286	0,002	0,057	0,820	0,003
Pufferkapazität	0,104	0,286	X	0,000	0,069	0,002	0,945
Bicarbonat	0,462	0,002	0,000	X	0,889	0,064	0,151
Gesamt-Protein	0,119	0,057	0,069	0,889	X	0,012	0,008
anorg. Phosphat	0,372	0,820	0,002	0,064	0,012	X	0,694
Calcium	0,761	0,003	0,945	0,151	0,008	0,694	X

Tab. 10: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Frauen, zuckerfreies Kaugummi.

Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,136	0,014	0,001	0,524	0,950	0,105
pH	0,136	X	0,524	0,047	0,341	0,021	0,985
Pufferkapazität	0,014	0,524	X	0,000	0,242	0,170	0,139
Bicarbonat	0,001	0,047	0,000	X	0,854	0,950	0,610
Gesamt-Protein	0,524	0,341	0,242	0,854	X	0,104	0,602
anorg. Phosphat	0,950	0,021	0,170	0,950	0,104	X	0,179
Calcium	0,105	0,985	0,139	0,610	0,602	0,179	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,451	0,308	0,834	0,016	0,666	0,702
pH	0,451	X	0,019	0,002	0,317	0,070	0,814
Pufferkapazität	0,308	0,019	X	0,000	0,165	0,139	0,136
Bicarbonat	0,834	0,002	0,000	X	0,336	0,028	0,103
Gesamt-Protein	0,016	0,317	0,165	0,336	X	0,708	0,843
anorg. Phosphat	0,666	0,070	0,139	0,028	0,708	X	0,116
Calcium	0,702	0,814	0,136	0,103	0,843	0,116	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,022	0,638	0,021	0,173	0,082	0,992
pH	0,022	X	0,899	0,073	0,472	0,629	0,827
Pufferkapazität	0,638	0,899	X	0,016	0,069	0,671	0,572
Bicarbonat	0,021	0,073	0,016	X	0,150	0,234	0,309
Gesamt-Protein	0,173	0,472	0,069	0,150	X	0,449	0,847
anorg. Phosphat	0,082	0,629	0,671	0,234	0,449	X	0,888
Calcium	0,992	0,827	0,572	0,309	0,847	0,888	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,934	0,234	0,017	0,854	0,985	0,909
pH	0,934	X	0,960	0,102	0,747	0,026	0,043
Pufferkapazität	0,234	0,960	X	0,005	0,111	0,321	0,859
Bicarbonat	0,017	0,102	0,005	X	0,727	0,732	0,111
Gesamt-Protein	0,854	0,747	0,111	0,727	X	0,030	0,016
anorg. Phosphat	0,985	0,026	0,321	0,732	0,030	X	0,018
Calcium	0,909	0,043	0,859	0,111	0,016	0,018	X

Tab. 11: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Männer, zuckerhaltiges Kaugummi.

Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,679	0,135	0,149	0,877	0,236	0,025
pH	0,679	X	0,005	0,008	0,884	0,641	0,016
Pufferkapazität	0,135	0,005	X	0,001	0,345	0,149	0,659
Bicarbonat	0,149	0,008	0,001	X	0,479	0,844	0,996
Gesamt-Protein	0,877	0,884	0,345	0,479	X	0,433	0,433
anorg. Phosphat	0,236	0,641	0,149	0,844	0,433	X	0,666
Calcium	0,025	0,016	0,659	0,996	0,433	0,666	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,262	0,126	0,786	0,250	0,079	0,080
pH	0,262	X	0,618	0,263	0,444	0,674	0,217
Pufferkapazität	0,126	0,618	X	0,017	0,366	0,335	0,255
Bicarbonat	0,786	0,263	0,017	X	0,076	0,487	0,469
Gesamt-Protein	0,250	0,444	0,366	0,076	X	0,047	0,766
anorg. Phosphat	0,079	0,674	0,335	0,487	0,047	X	0,137
Calcium	0,080	0,217	0,255	0,469	0,766	0,137	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,023	0,805	0,115	0,768	0,191	0,194
pH	0,023	X	0,929	0,300	0,711	0,047	0,616
Pufferkapazität	0,805	0,929	X	0,000	0,509	0,042	0,840
Bicarbonat	0,115	0,300	0,000	X	0,544	0,002	0,492
Gesamt-Protein	0,768	0,711	0,509	0,544	X	0,142	0,641
anorg. Phosphat	0,191	0,047	0,042	0,002	0,142	X	0,179
Calcium	0,194	0,616	0,840	0,492	0,641	0,179	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	**pH**	**Pufferkapazität**	**Bicarbonat**	**Gesamt-Protein**	**anorg. Phosphat**	**Calcium**
Fließrate	X	0,308	0,629	0,010	0,715	0,506	0,828
pH	0,308	X	0,010	0,000	0,612	0,322	0,007
Pufferkapazität	0,629	0,010	X	0,002	0,029	0,031	0,174
Bicarbonat	0,010	0,000	0,002	X	0,482	0,469	0,056
Gesamt-Protein	0,715	0,612	0,029	0,482	X	0,040	0,704
anorg. Phosphat	0,506	0,322	0,031	0,469	0,040	X	0,446
Calcium	0,828	0,007	0,174	0,056	0,704	0,446	X

Tab. 12: Zusammenhänge zwischen Speichelparametern. Männer, zuckerfreies Kaugummi.

Test nach Spearman, 2-tailed P.

Differenz A (Ruhespeichel - Stim. Speichel 0-5 min)

	Fließrate	pH	Pufferkapazität	Bicarbonat	Gesamt-Protein	anorg. Phosphat	Calcium
Fließrate	X	0,970	0,043	0,026	0,305	0,764	0,056
pH	0,970	X	0,023	0,005	0,959	0,205	0,694
Pufferkapazität	0,043	0,023	X	0,000	0,390	0,599	0,058
Bicarbonat	0,026	0,005	0,000	X	0,830	0,328	0,030
Gesamt-Protein	0,305	0,959	0,390	0,830	X	0,027	0,368
anorg. Phosphat	0,764	0,205	0,599	0,328	0,027	X	0,981
Calcium	0,056	0,694	0,058	0,030	0,368	0,981	X

Differenz B (Stim. Speichel 0-5 min - Stim. Speichel 6-10 min)

	Fließrate	pH	Pufferkapazität	Bicarbonat	Gesamt-Protein	anorg. Phosphat	Calcium
Fließrate	X	0,605	0,815	0,523	0,195	0,174	0,666
pH	0,605	X	0,137	0,156	0,088	0,673	0,314
Pufferkapazität	0,815	0,137	X	0,001	0,874	0,465	0,755
Bicarbonat	0,523	0,156	0,001	X	0,837	0,096	0,579
Gesamt-Protein	0,195	0,088	0,874	0,837	X	0,198	0,786
anorg. Phosphat	0,174	0,673	0,465	0,096	0,198	X	0,070
Calcium	0,666	0,314	0,755	0,579	0,786	0,070	X

Differenz C (Stim. Speichel 6-10 min - Stim. Speichel 11-20 min)

	Fließrate	pH	Pufferkapazität	Bicarbonat	Gesamt-Protein	anorg. Phosphat	Calcium
Fließrate	X	0,925	0,019	0,053	0,081	0,104	0,570
pH	0,925	X	0,224	0,185	0,914	0,677	0,776
Pufferkapazität	0,019	0,224	X	0,001	0,309	0,285	0,334
Bicarbonat	0,053	0,185	0,001	X	0,058	0,075	0,169
Gesamt-Protein	0,081	0,914	0,309	0,058	X	0,058	0,707
anorg. Phosphat	0,104	0,677	0,285	0,075	0,058	X	0,051
Calcium	0,570	0,776	0,334	0,169	0,707	0,051	X

Differenz D (Stim. Speichel 11-20 min - Ruhespeichel)

	Fließrate	pH	Pufferkapazität	Bicarbonat	Gesamt-Protein	anorg. Phosphat	Calcium
Fließrate	X	0,044	0,163	0,001	0,264	0,270	0,574
pH	0,044	X	0,104	0,003	0,959	0,750	0,077
Pufferkapazität	0,163	0,104	X	0,013	0,029	0,209	0,497
Bicarbonat	0,001	0,003	0,013	X	0,704	0,560	0,793
Gesamt-Protein	0,264	0,959	0,029	0,704	X	0,026	0,191
anorg. Phosphat	0,270	0,750	0,209	0,560	0,026	X	0,848
Calcium	0,574	0,077	0,497	0,793	0,191	0,848	X

7.2. Einzelwerte der Probanden.

Geschlecht: 1=männlich, 2=weiblich

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
M.J.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,26	7,26	4,81	6,1	4,20	7,32	0,71
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,94	7,21	4,95	12,3	3,03	3,19	1,14
			6-10 min	1,37	7,27	4,59	10,6	2,02	3,16	0,86
			11-20 min	1,15	7,19	4,22	8,4	2,21	3,81	0,74
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,34	7,20	4,34	5,2	2,87	6,34	0,71
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,88	7,66	5,92	16,8	2,35	2,78	0,75
			6-10 min	1,53	7,73	5,99	19,1	1,98	3,24	0,62
			11-20 min	1,39	7,70	6,23	16,4	2,11	3,97	0,56
I.G.	25	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,43	6,68	3,40	4,1	1,68	6,09	0,67
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,13	7,18	5,03	12,9	2,57	3,13	1,11
			6-10 min	0,99	6,93	3,91	6,0	2,07	3,52	1,00
			11-20 min	0,92	6,54	3,40	2,7	2,05	4,19	0,95
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,51	6,78	3,87	4,8	2,48	5,88	0,70
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,31	7,36	5,96	15,3	1,88	3,36	0,72
			6-10 min	1,06	7,35	4,68	10,5	1,69	4,70	0,61
			11-20 min	0,90	7,21	3,69	6,7	1,86	5,15	0,63
A.W.	24	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,47	6,48	2,66	2,3	2,15	5,28	0,78
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,32	7,21	5,00	13,7	2,23	2,98	1,01
			6-10 min	1,28	7,18	4,38	11,9	1,77	3,55	0,81
			11-20 min	0,83	7,01	3,29	8,0	1,74	4,03	0,75
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,51	6,41	2,74	2,6	2,74	6,74	0,85
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,47	7,14	3,45	11,1	1,76	3,67	0,81
			6-10 min	1,13	7,17	3,68	13,2	1,72	3,89	0,85
			11-20 min	0,88	6,94	2,93	8,5	1,67	4,25	0,56
K.B.	26	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,26	6,60	3,40	3,7	3,46	6,71	1,05
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,08	6,78	3,07	5,4	2,73	2,85	1,23
			6-10 min	1,15	6,66	2,95	2,9	2,31	2,89	1,16
			11-20 min	0,74	6,41	2,97	1,5	2,08	3,38	1,05
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,37	6,45	2,73	3,1	2,16	6,39	1,01
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,55	6,81	2,83	5,9	2,32	3,53	0,72
			6-10 min	0,69	6,86	2,75	3,2	1,74	4,10	0,79
			11-20 min	0,49	6,76	2,80	2,5	1,81	4,46	1,01
V.S.	24	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,22	6,97	3,69	2,7	3,54	7,45	0,70
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,99	7,48	4,80	11,9	2,61	2,49	0,93
			6-10 min	0,59	7,58	4,04	8,7	2,30	3,25	0,64
			11-20 min	0,27	7,42	3,16	5,0	2,56	3,47	0,60
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,29	7,00	2,96	2,5	3,48	5,29	0,52
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,30	7,43	3,99	9,3	3,21	2,89	0,56
			6-10 min	0,71	7,63	4,46	10,3	2,50	3,33	0,45
			11-20 min	0,33	7,51	3,63	7,6	2,52	3,74	0,42

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
T.K.	24	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,75	7,60	5,68	16,0	2,60	3,35	0,61
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,83	7,57	6,09	16,0	2,46	1,88	1,00
			6-10 min	1,24	7,42	5,83	15,2	2,11	2,53	0,76
			11-20 min	1,02	7,42	5,21	11,4	1,87	3,06	0,68
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,60	7,47	4,90	12,8	2,60	3,34	0,73
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,14	7,50	5,31	14,2	2,17	1,90	0,71
			6-10 min	1,19	7,67	5,65	16,4	1,75	2,55	0,65
			11-20 min	0,93	7,48	5,37	14,2	1,80	2,99	0,66
D.B.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,29	7,27	5,54	9,4	3,77	4,39	0,80
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,19	7,24	5,11	11,1	2,29	2,43	0,93
			6-10 min	1,05	7,24	4,79	9,1	1,81	2,63	0,80
			11-20 min	0,87	7,19	4,55	7,9	2,36	2,89	0,74
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,31	7,34	5,50	9,7	3,99	5,11	0,78
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,82	7,24	5,07	10,5	2,12	2,73	0,60
			6-10 min	0,97	7,41	5,12	11,9	1,63	3,01	0,59
			11-20 min	0,72	7,34	4,74	9,6	2,22	3,24	0,67
P.B.	33	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	1,16	7,36	3,08	8,8	2,01	4,26	0,80
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,96	7,50	5,52	17,0	2,30	2,67	1,01
			6-10 min	2,03	7,60	5,29	15,8	2,20	3,27	0,86
			11-20 min	1,90	7,42	4,27	11,5	2,60	3,56	0,80
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	1,26	7,54	3,50	9,8	1,72	4,24	0,73
			Stim. Speichel							
			0-5 min	4,00	7,65	5,90	20,2	1,91	3,02	0,83
			6-10 min	2,36	7,82	5,86	21,2	1,72	3,20	0,82
			11-20 min	1,78	7,63	5,27	16,1	1,74	3,44	0,77
F.F.	29	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,86	7,10	3,04	6,4	1,58	4,22	0,70
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,68	7,28	5,47	12,5	1,88	2,72	0,82
			6-10 min	2,41	7,21	4,92	10,9	1,83	3,12	0,73
			11-20 min	2,14	7,21	5,02	11,3	1,80	3,32	0,62
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	1,18	7,00	2,87	5,8	1,86	3,89	0,64
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,63	7,28	5,24	14,0	1,85	2,47	0,59
			6-10 min	2,41	7,32	4,72	14,8	2,17	3,03	0,59
			11-20 min	2,16	7,40	4,92	14,3	2,21	3,32	0,56
B.K.	31	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,49	7,10	2,88	4,8	2,47	3,66	0,65
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,34	7,55	5,73	18,6	2,00	2,12	0,78
			6-10 min	0,90	7,49	4,46	15,8	1,70	2,94	0,61
			11-20 min	0,86	7,40	4,03	11,0	1,72	2,97	0,54
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,44	7,04	2,97	7,1	2,88	3,74	0,68
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,57	7,37	5,14	16,8	1,97	2,43	0,54
			6-10 min	0,71	7,43	5,13	17,4	1,93	2,69	0,57
			11-20 min	1,07	7,40	4,91	16,6	1,60	2,99	0,44

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
M.S.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,50	6,94	3,17	2,8	3,59	5,73	1,23
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,08	7,01	3,15	5,0	2,59	3,21	1,25
			6-10 min	1,36	6,82	3,11	3,0	2,27	3,33	1,25
			11-20 min	0,92	6,52	3,12	1,3	2,16	3,64	1,33
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,58	7,08	4,66	7,7	4,01	5,05	1,10
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,08	7,12	4,48	9,0	2,55	3,18	0,78
			6-10 min	1,43	7,27	4,30	9,4	2,12	3,43	0,88
			11-20 min	1,26	7,23	3,97	8,7	1,99	3,35	1,04
M.L.	31	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	1,06	7,37	3,29	9,4	1,92	4,41	0,64
			Stim. Speichel							
			0-5 min	4,10	7,68	6,08	21,3	2,11	3,11	0,95
			6-10 min	2,28	7,68	5,90	19,4	1,87	3,66	0,77
			11-20 min	1,74	7,60	5,28	15,0	1,89	4,06	0,70
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	1,00	7,33	2,92	7,0	1,88	4,53	0,66
			Stim. Speichel							
			0-5 min	4,04	7,60	5,97	20,0	1,84	3,11	0,87
			6-10 min	1,98	7,76	5,81	19,4	1,51	3,59	0,84
			11-20 min	1,62	7,66	4,60	14,2	1,68	4,02	0,67
R.J.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,27	7,38	4,94	8,1	3,05	6,77	0,54
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,95	7,35	4,91	10,8	3,63	3,51	0,88
			6-10 min	0,91	7,36	4,59	8,2	3,23	3,56	0,82
			11-20 min	0,61	7,19	4,23	5,4	2,75	3,85	0,77
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,17	7,61	4,97	10,1	2,33	5,48	0,49
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,32	7,53	5,08	12,3	2,89	3,34	0,63
			6-10 min	0,69	7,60	5,32	14,1	2,62	3,66	0,59
			11-20 min	0,43	7,59	4,98	13,3	2,20	3,76	0,57
A.M.	27	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,17	6,96	2,81	2,4	1,83	7,52	0,55
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,22	7,31	5,01	11,6	2,41	3,79	1,05
			6-10 min	1,08	7,30	4,68	10,5	2,03	4,59	0,75
			11-20 min	0,83	7,16	4,22	6,9	2,13	5,22	0,72
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,09	6,63	2,60	0,5	2,51	7,41	0,80
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,76	7,35	5,00	11,0	3,09	4,22	0,75
			6-10 min	1,07	7,53	5,26	14,1	2,06	4,46	0,68
			11-20 min	0,59	7,39	4,63	9,5	2,36	5,42	0,62
B.S.	24	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,86	6,90	2,62	3,3	1,82	3,24	0,71
			Stim. Speichel							
			0-5 min	5,74	7,60	5,73	18,9	2,07	1,88	0,86
			6-10 min	3,06	7,59	5,26	17,0	1,92	2,25	0,66
			11-20 min	3,12	7,54	4,55	14,9	1,93	2,37	0,59
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,81	7,13	2,73	4,5	1,68	3,25	0,74
			Stim. Speichel							
			0-5 min	4,59	7,65	5,67	17,1	1,67	1,86	0,79
			6-10 min	2,35	7,67	4,88	15,6	1,51	2,24	0,71
			11-20 min	2,13	7,59	3,70	12,7	1,97	2,40	0,65

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
C.S.	27	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,41	6,73	3,55	2,7	3,94	7,45	0,86
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,99	7,32	4,76	11,4	2,95	3,73	1,05
			6-10 min	0,92	7,25	4,44	8,3	2,88	4,16	0,78
			11-20 min	0,62	7,02	3,79	4,1	2,79	5,04	0,79
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,42	7,17	3,26	6,1	2,38	6,01	0,70
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,19	7,51	5,78	15,0	2,30	3,75	0,79
			6-10 min	0,92	7,52	5,54	14,6	1,64	4,48	0,72
			11-20 min	0,91	7,59	4,79	11,8	1,82	4,79	0,66
M.R.	29	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,67	7,14	5,15	9,6	2,83	5,46	0,73
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,44	7,45	5,74	16,7	2,06	3,38	0,91
			6-10 min	1,57	7,53	5,70	15,8	2,06	3,75	0,71
			11-20 min	1,21	7,34	5,08	11,4	2,11	4,56	0,62
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,63	7,12	4,63	7,1	3,23	6,62	0,73
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,65	7,48	5,16	13,2	1,99	3,58	0,62
			6-10 min	1,41	7,68	5,39	14,5	2,04	4,27	0,54
			11-20 min	1,07	7,54	4,23	9,7	2,35	5,10	0,51
S.S.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,55	7,25	4,05	6,9	2,66	5,21	0,77
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,49	7,30	4,84	13,2	2,53	2,41	0,99
			6-10 min	1,46	7,33	4,11	9,5	1,90	2,59	0,81
			11-20 min	1,32	7,17	3,53	7,0	1,90	3,10	0,78
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,65	7,41	3,56	7,0	2,04	4,71	0,69
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,51	7,59	4,94	13,5	1,89	2,09	0,75
			6-10 min	1,39	7,70	4,76	13,2	1,55	2,81	0,64
			11-20 min	1,08	7,55	4,12	7,2	1,51	3,14	1,69
I.G.	27	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,51	7,11	2,81	3,6	1,73	5,21	0,67
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,48	7,34	3,78	8,9	2,21	3,49	1,75
			6-10 min	1,38	7,38	3,69	7,8	2,10	3,96	0,76
			11-20 min	1,33	7,35	3,60	7,9	2,13	4,06	0,70
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,44	7,05	2,88	3,7	1,79	5,50	0,72
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,42	7,40	4,04	9,3	2,25	4,00	0,72
			6-10 min	0,88	7,52	3,58	8,5	1,60	4,39	0,66
			11-20 min	0,77	7,36	3,42	8,1	1,73	4,38	0,68
A.F.	30	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,25	7,25	5,07	7,8	3,76	8,27	0,71
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,19	7,51	5,57	15,0	2,59	4,06	0,79
			6-10 min	1,15	7,54	4,92	12,1	1,96	3,91	0,62
			11-20 min	0,88	7,37	4,05	8,0	1,88	4,51	0,56
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,17	6,93	4,84	4,4	3,61	10,04	0,96
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,39	7,34	5,26	12,8	2,93	5,07	0,68
			6-10 min	1,09	7,53	5,27	14,5	1,93	4,23	0,64
			11-20 min	0,68	7,42	4,75	11,7	2,29	5,00	0,66

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
L.M.	27	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,20	6,43	3,30	0,9	2,95	11,57	1,23
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,70	7,30	5,56	11,8	2,39	6,54	0,97
			6-10 min	1,45	7,26	4,40	8,4	1,83	5,92	0,77
			11-20 min	0,86	6,98	3,53	4,2	1,60	6,78	0,77
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,45	6,72	3,30	2,2	3,13	8,34	0,93
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,76	7,35	5,50	13,9	2,00	3,96	0,72
			6-10 min	1,44	7,58	5,61	15,8	1,62	4,57	0,65
			11-20 min	1,01	7,43	4,55	10,4	2,13	5,68	0,60
K.S.	30	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,53	7,42	5,71	9,3	4,51	8,32	0,68
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,36	7,55	5,93	17,0	2,95	3,12	1,06
			6-10 min	1,49	7,56	5,48	14,0	2,55	3,61	0,85
			11-20 min	1,12	7,38	4,48	8,5	2,73	4,41	0,75
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,33	7,44	6,05	9,1	4,39	9,11	0,55
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,54	7,56	6,05	15,4	2,91	3,58	0,70
			6-10 min	1,46	7,81	6,29	19,7	2,39	3,76	0,62
			11-20 min	1,02	7,77	6,22	19,1	2,57	4,23	0,86
C.U.	26	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,47	7,36	3,89	7,9	1,79	4,61	0,77
			Stim. Speichel							
			0-5 min	4,30	7,41	5,15	13,8	2,12	2,36	1,26
			6-10 min	1,65	7,29	4,25	10,1	1,74	2,66	1,16
			11-20 min	0,93	6,97	3,78	5,2	1,73	3,71	1,07
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,40	7,16	3,13	5,6	1,84	4,13	0,84
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,90	7,33	3,68	10,5	2,06	2,36	0,94
			6-10 min	1,48	7,47	4,01	12,2	1,75	2,50	0,92
			11-20 min	0,99	7,39	3,59	9,6	1,81	3,42	0,84
M.S.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,51	7,03	4,64	8,0	3,62	5,72	0,79
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,88	7,18	5,86	16,5	2,46	3,32	1,10
			6-10 min	1,63	7,20	5,37	16,3	2,11	3,74	0,91
			11-20 min	1,37	7,05	4,45	10,6	1,93	4,39	0,81
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,44	7,09	4,82	6,1	3,73	7,17	0,82
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,87	7,33	5,42	12,1	1,81	3,54	0,78
			6-10 min	1,35	7,41	5,11	10,5	1,66	4,24	0,70
			11-20 min	1,45	7,27	4,70	9,6	1,56	4,69	0,65
P.G.	31	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,51	7,17	3,39	6,1	2,42	4,61	0,50
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,80	7,41	5,58	17,4	3,16	2,44	0,85
			6-10 min	1,28	7,36	4,68	12,1	2,67	2,53	0,61
			11-20 min	1,11	7,22	3,90	7,6	3,11	3,50	0,50
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,34	6,89	2,84	3,5	2,58	6,02	0,57
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,19	7,67	5,31	17,9	2,18	2,93	0,57
			6-10 min	0,99	7,58	4,78	15,5	1,88	3,58	0,44
			11-20 min	0,84	7,51	3,53	11,6	1,87	4,00	0,41

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
S.K.	26	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,31	7,08	2,91	2,9	1,87	5,36	0,88
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,94	7,11	3,54	6,7	2,77	3,79	1,02
			6-10 min	1,07	6,89	3,17	2,8	2,11	3,80	0,92
			11-20 min	0,92	6,56	2,96	1,7	2,04	3,92	0,97
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,27	6,76	3,11	1,9	3,34	7,23	1,05
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,17	7,04	3,25	4,9	3,36	4,57	0,69
			6-10 min	0,76	7,00	3,29	3,7	2,60	5,07	0,77
			11-20 min	0,59	6,94	3,32	3,1	2,22	5,47	0,83
P.P.	29	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,44	6,93	3,04	3,5	4,24	7,85	0,65
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,08	7,44	4,32	10,9	3,24	3,62	0,58
			6-10 min	0,81	7,36	3,61	7,6	2,80	4,37	0,47
			11-20 min	0,61	7,14	3,29	5,6	2,80	5,15	0,50
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,28	7,17	3,22	4,6	2,18	5,17	0,68
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,47	7,37	4,07	10,3	2,41	3,36	0,62
			6-10 min	0,70	7,56	3,51	8,1	1,80	3,99	0,51
			11-20 min	0,51	7,33	3,41	6,7	1,88	4,22	0,53
M.M.	28	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,19	6,82	2,95	2,6	2,65	6,96	0,79
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,33	7,34	3,28	8,7	2,02	2,94	1,09
			6-10 min	0,85	7,24	3,05	5,7	2,00	3,03	0,89
			11-20 min	0,59	6,93	2,86	2,7	1,95	3,95	0,85
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,17	6,90	2,91	1,5	3,39	6,04	0,75
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,87	7,41	3,43	9,6	2,11	2,59	0,85
			6-10 min	1,07	7,46	3,00	8,2	2,06	2,89	0,74
			11-20 min	0,91	7,33	2,86	6,1	1,87	3,42	0,68
A.B.	27	2	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,64	7,09	3,15	5,4	2,39	5,79	0,71
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,92	7,60	5,78	18,6	1,97	3,61	0,80
			6-10 min	1,10	7,47	4,97	13,2	1,79	4,27	0,61
			11-20 min	1,03	7,39	3,77	9,3	1,91	4,52	0,54
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,57	7,28	4,20	7,8	2,73	5,45	0,84
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,21	7,53	5,84	16,2	2,20	3,27	0,76
			6-10 min	1,32	7,58	5,64	16,8	1,98	3,77	0,76
			11-20 min	1,18	7,51	4,90	13,8	2,00	4,00	0,74
B.V.	27	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,37	7,09	3,21	5,5	2,23	5,76	0,68
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,02	7,55	5,37	16,0	2,12	2,51	0,88
			6-10 min	1,29	7,46	3,97	12,0	1,47	2,79	0,67
			11-20 min	1,16	7,34	3,49	8,9	1,71	3,25	0,71
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,45	7,22	3,18	4,6	2,58	6,08	0,73
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,96	7,72	5,62	17,9	1,78	2,84	0,80
			6-10 min	1,73	7,66	5,17	16,7	1,55	3,03	0,75
			11-20 min	1,14	7,55	3,86	12,5	1,70	3,53	0,71

Proband	Alter	Geschlecht		Fließrate [ml/min]	pH	Pufferkapazität	HCO_3^- [mmol/l]	Gesamt-Protein [g/l]	anorg. Phosphat [mmol/l]	Ca^{2+} [mmol/l]
H.S.	33	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,38	7,11	2,84	4,3	2,26	4,57	0,59
			Stim. Speichel							
			0-5 min	2,34	7,38	3,55	9,8	2,70	2,34	0,73
			6-10 min	1,34	7,49	3,44	8,7	2,11	2,64	0,57
			11-20 min	1,27	7,42	3,35	8,1	1,85	2,58	0,56
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,26	6,90	2,83	2,5	2,65	5,00	0,64
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,28	7,25	2,96	5,8	2,76	3,01	0,56
			6-10 min	0,74	7,50	3,04	7,8	2,26	2,88	0,49
			11-20 min	0,70	7,39	3,04	7,5	1,93	3,17	0,51
S.L.	29	1	**zuckerhaltiges Kaugummi**							
			Ruhespeichel	0,77	6,91	3,15	3,8	4,32	5,10	0,88
			Stim. Speichel							
			0-5 min	3,07	7,44	4,74	12,3	2,67	3,22	0,98
			6-10 min	1,14	7,42	3,69	9,9	2,48	3,93	0,68
			11-20 min	0,84	7,28	3,45	6,4	3,06	4,92	0,58
			zuckerfreies Kaugummi							
			Ruhespeichel	0,48	6,83	2,88	3,4	3,54	5,81	0,76
			Stim. Speichel							
			0-5 min	1,99	7,22	3,35	9,2	2,46	3,28	0,66
			6-10 min	1,18	7,37	3,57	9,9	2,28	4,03	0,52
			11-20 min	0,97	7,34	3,14	7,7	2,38	4,48	0,54

8 Literaturverzeichnis

1. Abelson DC, Barton J, Mandel ID: The effect of chewing sorbitol-sweetened gum on salivary flow and cemental plaque pH in subjects with low salivary flow. J Clin Dent 2, 3 (1990)

2. Addy M, Perriam E, Sterry A: Effects of sugared and sugar-free chewing gum on the accumulation of plaque and debris on the teeth. J Clin Periodontol 9, 346 (1982)

3. Attin T, Hilgers R-D, Hellwig E: Beeinflussung des erosionsbedingten Oberflächenhärteverlusts von Zahnschmelz durch Fluorid. Dtsch Zahnärztl Z 52, 4 (1997)

4. Council on Dental Therapeutics: Consensus: oral health effects of products that increase salivary flow rate. J Am Dent Assoc 116, 757 (1988)

5. Dawes C: The secretion of magnesium and calcium in human parotid saliva. Caries Res 1, 333 (1967)

6. Dawes C: The effects of flow rate and duration of stimulation on the concentrations of protein and the main electrolytes in human parotid saliva. Archs Oral Biol 14, 277 (1969)

7. Dawes C: The effects of flow rate and duration of stimulation on the concentrations of protein and the main electrolytes in human submandibular saliva. Archs Oral Biol 19, 887 (1974)

8. Dawes C: A mathematical model of salivary clearance of sugar from the oral cavity. Caries Res 17, 321 (1983)

9. Dawes C: Factors influencing salivary flow rate and composition. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and dental health: Report of a consensus workshop held at Ashford Castle, Ireland, July 2–5, 1989, 1st ed., Br Dent J Publications, London (1990)

10. Dawes C, Dong C: The flow rate and electrolyte composition of whole saliva elicited by the use of sucrose–containing and sugar–free chewing–gums. Archs Oral Biol 40, 699 (1995):

11. Dawes C, Macpherson LMD: Effects of nine different chewing gums and lozenges on salivary flow rate and pH. Caries Res 26, 176 (1992)

12. Dawson LJ: Oral sugar clearance and salivary buffering effects in the control of plaque pH. J Dent Res 72, 691 (1993)

13. Dibdin GH, Dawes C, Macpherson LM: Computer-modeling of the effects of chewing sugar-free and sucrose-containing gums on the pH changes in dental plaque associated with a cariogenic challenge at different intra-oral sites. J Dent Res 74, 1482 (1995)

14. Distler W, Kagermeier A: Können Aminosäuren die Säurebildung von Streptococcus mutans hemmen? Dtsch Zahnärztl Z 42, 728 (1987)

15. Dodds MWJ, Hsieh SC, Johnson DA: The effect of increased mastication by daily gum–chewing on salivary gland output and dental plaque acidogenicity. J Dent Res 70, 1474 (1991)

16. Dong C, Dawes C (1995): The effects of blindfolding and blindness on the unstimulated and chewing–gum–stimulated flow rates of whole saliva. Archs Oral Biol 40 (8): 771–775

17. Dong C, Puckett AD, Dawes C: The effects of chewing frequency and duration of gum chewing on salivary flow rate and sucrose concentration. Archs Oral Biol 40, 585 (1995)

18. Duckworth RM, Morgan SN, Murray AM: Fluoride in saliva and plaque following use of fluoride–containing mouthwashes. J Dent Res 66, 1730 (1987)

19. Edgar WM, Geddes DAM: Plaque acidity models for cariogenicity testing– Some theoretical and practical observations. J Dent Res 65 (Spec Iss), 1498 (1986)

20. Edgar WM, Geddes DAM: Chewing gum and dental health – A review. Br Dent J 168, 173 (1990)

21. Edgar WM, Higham SM: Saliva and the control of plaque pH. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and oral health, 2nd ed., Br Dent J Publications, London (1996)

22. Ericson S, Sjöbäck I: Salivary factors in children with recurrent parotitis. Swed Dent J 20, 121 (1996)

23. Ericsson Y: Clinical investigations of the salivary buffering action. Acta Odont Scand 17, 131 (1959)

24. Ericsson Y: Die Beziehungen zwischen Speichel und Karies. Dtsch Zahnärztl Z 16, 164 (1961)

25. FDI Working group 10, CORE (Sreebny LM et al.): Saliva: Its role in health and disease. Int Dent J 42, 291 (1992)

26. FDI, Technical report No. 31 (Hunter P et al.): Review of methods of identification of high caries risk groups and individuals. Int Dent J 38, 177 (1988)

27. Finn BF, Jamison HC: The effect of a dicalcium phosphate chewing gum on caries incidence in children: 30-months results. J Am Dent Assoc 74, 987 (1967)

28. Flessa H-J, Gülzow H-J: Über die Verweildauer von Natriumfluorid und Aminfluorid in den Plaques. Dtsch Zahnärztl Z 25, 252 (1970)

29. Fröhlich S, Maiwald HJ, Flowerdew G: Effect of gum chewing on the pH of dental plaque. J Clin Dent 3, 75 (1992)

30. Frostell G: A colourmetric screening test for evaluation of the buffer capacity of saliva. Swed Dent J 4, 81 (1980)

31. Geddes DAM: Effects of saliva on plaque pH. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and dental health: Report of a consensus workshop held at Ashford Castle, Ireland, July 2–5, 1989, 1st ed., Br Dent J Publications, London (1990)

32. Glass RL: A two-year clinical trial of sorbitol chewing gum. Caries Res 17, 365 (1983)

33. Gülzow H–J: Präventive Zahnheilkunde: Grundlagen und Möglichkeiten der Karies- und Gingivitisprophylaxe, 1. Aufl., Hanser, München (1995)

34. Gülzow H–J, Burghardt P, Schiffner U: Karies bei Hamburger Kindergartenkindern 1977 – 1993. Dtsch Zahnärztl Z 51, 354 (1996)

35. Hallsworth AS, Weatherell JA, Robinson C: Loss of carbonate during the first stages of enamel caries. Caries Res 7, 345 (1973)

36. Hanson H: Zusammensetzung und Funktion des Speichels. Dtsch Zahnärztl Z 16, 143 (1961)

37. Hartree EF: Determination of protein: A modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. Analyt Biochem 48, 422 (1972)

38. Heintze U, Birkhed D, Björn H: Secretion rate and buffer effect of resting and stimulated whole saliva as a function of age and sex. Swed Dent J 7, 227 (1983)

39. Helm JF, Dodds WJ, Hogan WJ, Soergel KH, Egide MS, Wood CM: Acid neutralizing capacity of human saliva. Gastroenterology 83, 69 (1982)

40. Imfeld T: „Zahnschonende" Süßwaren und Schokoladenwaren. Dtsch Zahnärztl Z 42, 107 (1987)

41. Isokangas P, Tenovuo J, Söderling E, Männistö H, Mäkinen KK: Dental caries and mutans streptococci in the proximal areas of molars affected by the habitual use of xylitol chewing gum. Caries Res 25, 444 (1991)

42. Jenkins GN: The physiology and biochemistry of the mouth, 4th ed., Blackwell scientific publications, Oxford (1978)

43. Jenkins GN, Edgar WM: The effect of daily gum–chewing on salivary flow rates in man. J Dent Res 68, 786 (1989)

44. Jensen JL, Karatsaidis A, Brodin P: Salivary secretion: stimulatory effects of chewing-gum versus paraffin tablets. Eur J Oral Sci 106, 892 (1998)

45. Jensen ME: Responses of interproximal plaque pH to snack foods and effect of chewing sorbitol-containing gum. J Am Dent Assoc 113, 262 (1986 a)

46. Jensen ME: Effects of chewing sorbitol gum and paraffin on human interproximal plaque pH. Caries Res 20, 503 (1986 b)

47. Jensen ME, Wefel JS: Human plaque pH responses to meals and the effects of chewing gum. Br Dent J 167, 204 (1989)

48. Johansson I, Saellström A-K, Rajan BP, Parameswaran A: Salivary flow and dental caries in indian children suffering from chronic malnutrition. Caries Res 26, 38 (1992)

49. Johnson DA, Dodds MWJ: Sex differences in protein composition of human parotid saliva. J Dent Res 71, 181 (1992)

50. Kandelman D, Gagnon G: A 24–month clinical study of the incidence and progression of dental caries in relation to consumption of chewing gum containing xylitol in school preventive programs. J Dent Res 69, 1771 (1990)

51. Kashket S, Yaskell T, Lopez LR: Prevention of sucrose– induced demineralization of tooth enamel by chewing sorbitol gum. J Dent Res 68, 460 (1989)

52. König KG: Karies und Parodontopathien, Thieme, Stuttgart (1987)

53. König KG: Die Bedeutung des Speichels für die Mund- und Zahngesundheit. In: Dentalforschung: der flüssige Zahn – stimulierter Speichelfluß, die neue Chance in der Kariesprophylaxe. Wrigley GmbH (Herausgeber), Frankfurt a. M. (1991)

54. Krasse B: Die Quintessenz des Kariesrisikos, Quintessenz, Berlin (1986)

55. Lagerlöf F: Salivary clearance and its effect on oral health. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and dental health: Report of a consensus workshop held at Ashford Castle, Ireland, July 2–5, 1989, 1st ed., Br Dent J Publications, London (1990)

56. Larsen MJ: Calculus, caries and salivary saturation with calcium phosphates. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and dental health: Report of a consensus workshop held at Ashford Castle, Ireland, July 2–5, 1989, 1st ed., Br Dent J Publications, London (1990)

57. Leach SA, Green RM: Effect of xylitol-supplemented diets on the progression and regression of fissure caries in the albino rat. Caries Res 14, 16 (1980)

58. Leach SA, Lee GTR, Edgar WM: Remineralization of artificial caries–like lesions in human enamel in situ by chewing sorbitol gum. J Dent Res 68, 1064 (1989)

59. Lear RD, Grøn P: Magnesium in human saliva. Archs Oral Biol 13, 1311 (1968)

60. Lehmann RR: Der Lebensraum Mundhöhle und die Bedeutung des Speichels für die Aufrechterhaltung des biologischen Gleichgewichtes. In: Balanceakt Zahngesundheit. Neue Forschungsergebnisse zur Ökologie der Mundhöhle und der Kariesprophylaxe. Wrigley GmbH (Herausgeber), Frankfurt a. M. (1992)

61. Lilienthal B: An analysis of the buffer systems in saliva. J Dent Res 34, 516 (1955)

62. Loesche WJ, Grossman NS, Earnest R, Corpron R: The effect of chewing xylitol gum on the plaque and saliva levels of Streptococcus mutans. J Am Dent Assoc 108, 587 (1984)

63. Löffler G, Petrides PE: Physiologische Chemie. 4. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1990)

64. Lowry OH, Roberts NR, Leiner KY, Wu M, Farr AL: The quantitative histochemistry of brain. J Biol Chem 207, 1 (1954)

65. Macpherson LMD, Chen W–Y, Dawes C: Effects of salivary bicarbonate content and film velocity on pH changes in an artificial plaque containing Streptococcus oralis, after exposure to sucrose. J Dent Res 70, 1235 (1991)

66. Macpherson LMD, Dawes C: Effects of salivary film velocity on pH changes in an artificial plaque containing Streptococcus oralis, after exposure to sucrose. J Dent Res 70, 1230 (1991)

67. Macpherson LMD, Dawes C: An in-vitro stimulation of the effects of chewing sugar-free and sugar-containing chewing gums on pH changes in dental plaque. J Dent Res 72, 1391 (1993)

68. Maiwald H-J, Bánóczy J, Tietze W, Tóth Z, Végh A: Die Beeinflussung des Plaque-pH durch zuckerhaltigen und zuckerfreien Kaugummi. Zahn Mund Kieferheilkd 70, 598 (1982)

69. Maiwald H-J, Beu M: Die kariespräventive Wirkung von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi. Ernährungsforschung 35, 46 (1990)

70. Maiwald H-J, Fröhlich S: A modified plaque pH telemetry method. J Clin Dent 3, 79 (1992)

71. Manning RH, Edgar WM: Salivary stimulation by chewing gum and its role in the remineralization of caries–like lesions in human enamel in situ. J Clin Dent 3, 71 (1992)

72. Manning RH, Edgar WM: pH changes in plaque after eating snacks and meals, and their modification by chewing sugared- or sugar-free gum. Br Dent J 174, 241 (1993)

73. Manning RH, Edgar WM, Agalamanyi EA: Effects of chewing gums sweetened with sorbitol or a sorbitol/xylitol mixture on the remineralisation of human enamel lesions in situ. Caries Res 26, 104 (1992)

74. Margolis HC, Moreno EC, Murphy BJ: Importance of high pK_A acids in cariogenic potential of plaque. J Dent Res 64, 786 (1985)

75. Markovic N, Abelson DC, Mandel ID: Sorbitol gum in xerostomics: The effects on dental plaque pH and salivary flow rates. Gerodontology 7, 71 (1988)

76. Marsh PH, Martin M: Oral microbiology, 1st ed., Chapman and Hall, London (1992)

77. Meurman JH, Rantonen P: Salivary flow rate, buffering capacity, and yeast counts in 187 consecutive adult patients from Kuopio, Finland. Scand J Dent Res 102, 229 (1994)

78. Mundorff-Shrestha SA, Featherstone JDB, Eisenberg AD, Cowles E, Curzon MEJ, Espeland MA, Shields CP: Cariogenic potential of foods. Caries Res 28, 106 (1994)

79. Naujoks R, Bramstedt F, Ranke E, Auerbach M: Zur Problematik der Speichelgewinnung für biochemische Untersuchungen. Dtsch Zahnärztl Z 16, 171 (1961)

80. Oliveby A, Ekstrand J, Lagerlöf F: effect of salivary flow rate on salivary fluoride clearance after use of a fluoride-containing chewing gum. Caries Res 21, 393 (1987)

81. Park KK, Schemehorn BR, Bolton JW, Stookey GK: Effect of sorbitol gum chewing on plaque pH response after ingesting snacks containing predominantly sucrose or starch. Am J Dent 3, 185 (1990 a)

82. Park KK, Schemehorn BR, Bolton JW, Stookey GK: The impact of chewing sugarless gum on the acidogenicity of fast-food meals. Am J Dent 3, 231 (1990 b)

83. Parvinen T: Stimulated salivary flow rate, pH and lactobacillus and yeast concentrations in non-smokers and smokers. Scand J Dent Res 92, 315 (1984)

84. Pearce EIF, Hancock EM Gallagher IHC: The effect of fluorhydroxyapatite in experimental human dental plaque on its pH, acid production and soluble calcium, phosphate and fluoride levels following glucose challenge. Archs Oral Biol 29, 521 (1984)

85. Robinson C, Kirkham J, Strong M, Nakagaki H: Effect of saliva on behaviour of human enamel under conditions of oscillating pH in vitro. Caries Res 26, 212 (1992)

86. Rogers HJ: Bacterial hydrolysis and utilization of polysaccharide-like substance (“mucin”) in saliva. Nature 161, 815 (1948)

87. Rosenhek M, Macpherson LMD, Dawes C: The effects of chewing gum stick size and duration of chewing on salivary flow rate and sucrose and bicarbonate concentrations. Archs Oral Biol 38, 885 (1993)

88. Schachtele CF, Jensen ME: Human pH plaque studies: Estimating acidogenic potential of foods. Cereal foods world 26, 14 (1981)

89. Schiffner U: Der Einfluß von Speichelproteinen auf die Demineralisation von Zahnschmelz, 1. Aufl., Hanser, München (1997)

90. Shannon IL: Climatological effects on human parotid gland function. Archs Oral Biol 11, 451 (1966)

91. Shannon IL: Specific gravity of oral fluids. Tex Rep Biol Med 26, 349 (1968)

92. Shannon IL: Specific gravity and osmolality of human parotid fluid. Caries Res 3, 149 (1969)

93. Shannon IL, Edmonds EJ: Fluoride levels in human parotid saliva following ingestion of fluoride compounds of varying solubility. J Dent Res 56, 1521 (1977)

94. Shannon IL, Frome WJ: Enhancement of salivary flow rate and buffering capacity. J Canad Dent Assoc 3, 177 (1973)

95. Shaw L, Murray JJ, Burchell CK, Best JS: Calcium and phosphorus content of plaque and saliva in relation to dental caries. Caries Res 17, 543 (1983)

96. Shellis RP, Dibdin GH: Analysis of the buffering systems in dental plaque. J Dent Res 67, 438 (1988)

97. Smith PM: Mechanisms of secretion by salivary glands. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and oral health, 2nd ed., Br Dent J Publications, London (1996)

98. Söderling E, Isokangas P, Tenovuo J, Mustakallio S, Mäkinen KK: Long-term xylitol consumption and mutans streptococci in plaque and saliva. Caries Res 25, 153 (1991)

99. Söderling E, Rekola M, Mäkinen KK, Scheinin A: Turku sugar studies XXI. Xylitol-, sorbitol-, fructose-, and sucrose-induced physico-chemical changes in saliva. Acta Odont Scand 33, 337 (1975)

100. Sreebny LM: Xerostomia: diagnosis, management and clinical complications. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and oral health, 2nd ed., Br Dent J Publications, London (1996)

101. Stößer L: Ursachen und Folgen einer Störung des biologischen Gleichgewichtes in der Mundhöhle und deren Diagnose. In: Balanceakt Zahngesundheit. Neue Forschungsergebnisse zur Ökologie der Mundhöhle und der Kariesprophylaxe. Wrigley GmbH (Herausgeber), Frankfurt a. M. (1992)

102. Svanberg M, Birkhed D: Effect of dentifrices containing either xylitol and glycerol or sorbitol on mutans streptococci in saliva. Caries Res 25, 449 (1991)

103. Swanljung O, Meurman JH, Torkko H, Sandholm L, Kaprio E, Mäenpää J: Caries and saliva in 12–18–year–old diabetics and controls. Scand J Dent Res 100, 310 (1992)

104. Tatevossian A: Buffering capacity in human dental plaque fluid. Caries Res 11, 216 (1977)

105. Ten Cate JM: Demineralization models: Mechanistic aspects of the caries process with special emphasis on the possible role of foods. J Dent Res 65 (Spec Iss), 1511 (1986)

106. Whelton H:The anatomy and physiology of salivary glands. In: Edgar WM, O´Mullane DM (eds.): Saliva and oral health, 2nd ed., Br Dent J Publications, London (1996)

107. Wikner S, Söder P–Ö: Factors associated with salivary buffering capacity in young adults in Stockholm, Sweden. Scand J Dent Res 102, 50 (1994)

108. Yankell SL, Emling RC: Clinical effects on plaque pH, pCa, and swallowing rates from chewing a flavored or unflavored chewing gum. J Clin Dent 1, 51 (1988)

109. Yao K, Grøn P: Fluoride concentrations in duct saliva and in whole saliva. Caries Res 4, 321 (1970)

110. Zero DT, Raubertas RF, Fu J, Pedersen AM, Hayes AL, Featherstone JDB: Fluoride concentrations in plaque, whole saliva, and ductal saliva after application of home-use topical fluorides. J Dent Res 71, 1768 (1992)

Danksagung

Herrn Prof. Dr. H.-J. Gülzow danke ich für die Überlassung des Themas, für große wissenschaftliche Unterstützung sowie für stetige Hilfsbereitschaft und Erreichbarkeit.

Ganz besonders aber bedanke ich mich bei meinen herzensguten Eltern für Geduld und Unterstützung in jeder Hinsicht. Das war mehr Wert als dieser eine Satz.

Außerdem bedanke ich mich bei den Mitarbeiterinnen und dem Mitarbeiter im wissenschaftlichen Labor der Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkunde, Dr. J. Bergmann, C. Bosch, S. Oloff und natürlich F. Fischer, für fachliche Ratschläge und gute Laune.

Für die vorzügliche Betreuung bei der statistischen Auswertung bin ich den Herren M. Supplieth und T. Bregenzer aus dem Institut für Datenverarbeitung großen Dank schuldig.

Bei der Abteilung für Anästhesiologie und Herrn Prof. Dr. Scholz bedanke ich mich für die Erlaubnis, das Blutgasanalysegerät benutzen zu dürfen.

Ein besonderer Dank gebührt natürlich allen Probanden, die ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben und ausdauernd Kaugummi gekaut haben. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Bei Michaela bedanke ich mich sowieso.

Lebenslauf

Am 9. Juli1970 wurde ich als Sohn der Zahnärzte Dr. Heike Burkhardt, geb. Kohlsaat, und Dr. Wolfgang Burkhardt in Hamburg geboren.

1976 wurde ich eingeschult und machte 1989 am Oberstufenzentrum Süderelbe in Hamburg Abitur.

Von September 1989 bis zum November 1990 leistete ich beim Gesundheitsamt Hamburg-Harburg meinen Zivildienst.

Das Studium der Zahnmedizin begann ich im April 1991 in Hamburg. Dort bestand ich im September 1993 die Naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Oktober 1994 die zahnärztliche Vorprüfung und im Juli 1997 die zahnärztliche Prüfung. Die Approbation als Zahnarzt erhielt ich am 18. August 1997.

Seit dem 1. September 1997 arbeite ich als zahnärztlicher Assistent in der Praxis meiner Eltern in Hamburg-Neugraben.