

StuDeDt

Speichel & Mundgesundheit

Ein Skript für Studenten zur Examensvorbereitung

Autor/Verantwortlicher für den Inhalt:

Prof. em. Dr. Joachim Klimek,
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Fachbereichs
Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Herausbergremium:

Prof. Dr. Christof Dörfer, Kiel
Prof. Dr. Fabian Cieplik, Freiburg
Prof. Dr. Falk Schwendicke, München
Prof. Dr. Dr. Philipp Kanzow, Greifswald
Prof. em. Dr. Adrian Lussi, Bern (Schweiz)
Prof. em. Dr. Georg Meyer, Greifswald
Prof. Dr. Hendrik Meyer-Lückel, Bern (Schweiz)
Prof. Dr. Sebastian Paris, Berlin
Prof. Dr. Christian Splieth, Greifswald
Prof. Dr. Annette Wiegand, Göttingen

Mit freundlicher Unterstützung von:

Wrigley Oral Health Program,
gegründet 1989 zur Förderung der Kariesprophylaxe in Forschung und Praxis.



Inhalt

1	Einleitung	4
2	Anatomie, Histologie und Physiologie der Speicheldrüsen	5
2.1	Anatomie und Histologie	5
2.2	Innervation und Sekretionsmechanismen der Speicheldrüsen	6
2.3	Speichelfließrate	7
2.4	Zusammensetzung und Puffersysteme des Speichels	10
3	Funktionen des Speichels	17
3.1	Spülfunktion	17
3.2	Pufferung von Säuren	18
3.3	(Re-)Mineralisation	18
3.4	Beschichtung	18
3.5	Antibakterielle Aktivität	19
3.6	Andauung der Nahrung	19
4	Verminderung des Speichelflusses (Xerostomie, Oligosialie)	20
4.1	Ätiologie	20
4.2	Diagnose	23
4.3	Auswirkungen von vermindertem Speichelfluss auf die Mundgesundheit	24
4.3.1	Karies	24
4.3.2	Erosion	25
4.3.3	Weitere Auswirkungen	27
4.4	Therapie	28
5	Auswirkungen des Speichelflusses auf den Plaque-pH-Wert	32
6	Speichel als diagnostische Flüssigkeit	36
6.1	Messung der Speichelfließrate	36
6.2	Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels	37
6.3	Mikrobielle Speicheltests	37
6.4	Bewertung von Speicheltests	38
6.5	Ausblick	38
7	Relevanz in der Praxis	39
8	Literaturverzeichnis	40
9	Glossar	42

1 Einleitung

Der Speichel stellt in seiner Gesamtheit ein wichtiges Schutzsystem für die Zähne und die Mundschleimhaut dar und dient der Aufrechterhaltung eines ökologischen Gleichgewichts im Biotop Mundhöhle. Die Mundhöhle hat naturgegeben eine Wirtsfunktion für eine variable Population von Mikroorganismen, die durch körpereigene Substrate (Speichel, Sulkusflüssigkeit) und Bestandteile der Nahrung unterhalten werden. Obgleich Mikroorganismen in der Mundhöhle nahezu ideale Bedingungen vorfinden, nehmen sie normalerweise nicht überhand. Allein durch den Speichelfluss wird eine erhebliche Anzahl von Mikroorganismen, darunter auch potentiell gefährliche, ständig von der Oberfläche der Mundschleimhäute und der Zähne entfernt und verschluckt. Darüber hinaus enthält der Speichel wirksame Bestandteile, die für die richtige Balance der bakteriellen Mikroflora in der Mundhöhle sorgen.

Für die Gesunderhaltung der Zähne und der gesamten Mundhöhle ist der Speichel unentbehrlich. Zur ständigen Regeneration der Zähne enthält er alle Mineralbestandteile in gelöster Form. Darüber hinaus enthält der Speichel beschichtende, schützende und Säure puffernde Bestandteile. Jede Beeinträchtigung des Speichelflusses bedeutet eine Erhöhung des Kariesrisikos, und ein gänzliches Versiegen des Speichelflusses kann in kürzester Zeit zu einer kariösen Zerstörung der Zähne führen.

Gerade im höheren Lebensalter kann eine durch Krankheit oder Medikamenteneinnahme verursachte Verminderung des Speichelflusses die Lebensqualität beeinträchtigen. Patienten mit trockenem Mund haben unter anderem oft Probleme beim Essen, Schlucken und Sprechen. Die Anzahl der betroffenen Personen erhöht sich kontinuierlich, weil die Menschen immer älter werden. Besonders ältere Menschen müssen häufiger regelmäßig Medikamente einnehmen, die als Nebenwirkung den Speichelfluss reduzieren.

Somit gewinnt das Thema „Speichel und verminderter Speichelfluss“ zunehmend an Gewicht. In der S3-Leitlinie zur Kariesprävention wird die Stimulierung des Speichelflusses durch Kaugummikauen als eine von drei täglich in Eigenregie umzusetzenden Empfehlungen genannt – neben dem Zähneputzen mit fluoridhaltiger Zahnpasta und möglichst geringem Zuckerkonsum. Für Zahnärztinnen und Zahnärzte und auch schon für die Studierenden ist es deshalb wichtig, die Funktionen des Speichels und seine Rolle in der Mundgesundheit zu kennen. Dieses Skript soll hierbei helfen und die Grundlagen zum Thema Speichel in kompakter und übersichtlicher Form vermitteln. Neben Ätiologie, Diagnose und Therapie des verminderten Speichelflusses werden die Auswirkungen auf die Mundgesundheit erläutert. Bakterielle und nicht bakterielle Speicheltests gehören heute vielfach zur Routinediagnostik in der Zahnarztpraxis. Letztlich soll auch aufgezeigt werden, welche positiven Auswirkungen auf die Zahn- und Mundgesundheit eine regelmäßige Stimulation des Speichelflusses haben kann.

2 Anatomie, Histologie und Physiologie der Speicheldrüsen

2.1 Anatomie und Histologie

Der Speichel wird von den drei großen, paarigen Speicheldrüsen

- Glandula parotis (Ohrspeicheldrüse)
- Glandula submandibularis (Unterkieferspeicheldrüse)
- Glandula sublingualis (Unterzungenspeicheldrüse)

sowie den kleinen, solitären Speicheldrüsen der labialen, lingualen, bukkalen und palatinalen Mundschleimhaut produziert.

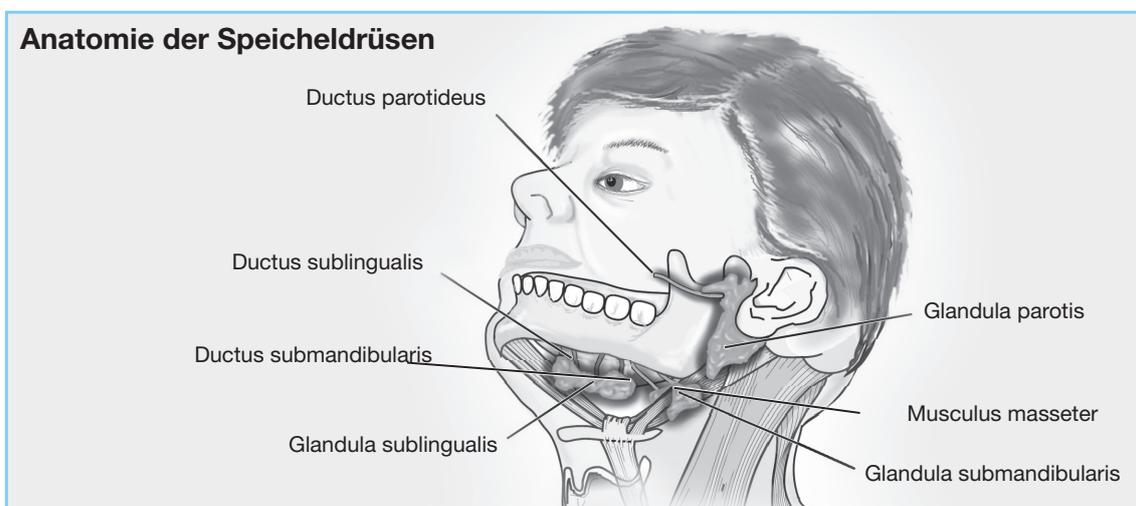


Abb. 1: Schematische Darstellung der großen paarigen Speicheldrüsen und der zugehörigen Ausführungsgänge.

Die Glandula parotis ist die größte der Speicheldrüsen. Sie liegt zu beiden Seiten des Gesichts vor dem Ohr auf dem Unterkieferast und dem M. masseter und reicht vom Jochbogen bis zum Kieferwinkel. Sie hat eine flache, dreiecksförmige Gestalt und ist von einer Bindegewebskapsel umgeben. In der Parotis befindet sich der Plexus parotideus, der aus Fasern des Nervus facialis besteht. Der Ausführungsgang (Ductus parotideus) verläuft unterhalb des Jochbogens über den M. masseter und den Wangenfettpropf, durchbricht den M. buccinator und mündet in Höhe des zweiten oberen Molaren in die Mundhöhle.

Die Glandula submandibularis liegt auf dem M. hypoglossus im nach oben offenen Dreieck, dem Trigonum mandibulare, zwischen dem vorderen und hinteren Digastrikusbauch. Der Ausführungsgang (Ductus submandibularis) verläuft um den Hinterrand des M. mylohyoideus nach vorne und mündet auf der Caruncula sublingualis („Hungerwarze“). In der sublingualen Etage des Mundbodens gelangt er so in direkte Nachbarschaft zur Glandula sublingualis. Die Glandula sublingualis liegt in einer Vertiefung des Unterkiefers – der Fovea sublingualis – unter der Schleimhaut des Mundbodens dem M. mylohyoideus auf. Unter der Schleimhaut der Mundhöhle wirft die Drüse eine Falte auf, die Plica sublingualis. Hier münden die Ductus sublinguales minores. Einige kleine Ausführungsgänge vereinigen sich oft mit dem Ductus submandibularis. Die kleinen Speicheldrüsen finden sich am

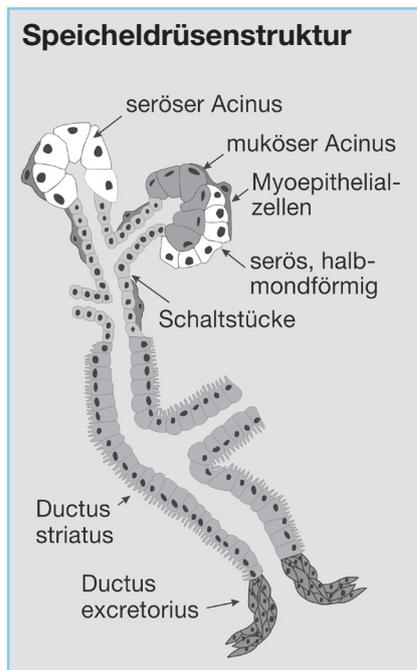


Abb. 2: Struktur einer Speicheldrüse.

Zungenrand, am Gaumen und in der bukkalen und labialen Mundschleimhaut. Alle Speicheldrüsen sind gleichartig aufgebaut und sind gekennzeichnet durch die Differenzierung in Drüsenendstücke (Acini) und Speichelgangsystem. Die Drüsenzellen produzieren den Primärspeichel. Die Art des Speichels variiert je nach Drüse. Man unterscheidet seröse, muköse und gemischte Speicheldrüsen. Der Speichel der Gl. parotis ist rein serös, der Speichel der Gl. sublingualis und der Gl. submandibularis gemischt muko-serös, der Speichel der kleinen Drüsen ist überwiegend mukös.

Die Zusammensetzung des Primärspeichels ändert sich auf dem Weg durch das ableitende Speichelgangsystem. Eine besondere Rolle spielen die durch typische Zellformen gekennzeichneten Schaltstücke und Streifenstücke. Die größten Veränderungen in der Zusammensetzung des Speichels vollziehen sich in den Streifenstücken, in denen durch einen Ionenaustausch aus der primär isotonischen eine hypotonische Lösung wird.

2.2 Innervation und Sekretionsmechanismen der Speicheldrüsen

Die Lenkung der Speichelproduktion durch Reflexe hat schon seit dem vorletzten Jahrhundert Generationen von Physiologen fasziniert (z. B. die Versuche mit dem Pawlow'schen Hund). Alle Speicheldrüsen sind sympathisch und parasympathisch innerviert. Die parasympathische Innervation erfolgt auf mehreren Wegen. Die Gl. parotis erhält ihren parasympathischen Anteil über den N. glossopharyngeus, die Gl. submandibularis und sublingualis über die Chorda tympani. Die Sekretion wird hauptsächlich kontrolliert durch parasympathische Impulse, die vom Nucleus salivatorius im Hirnstamm ausgehen.

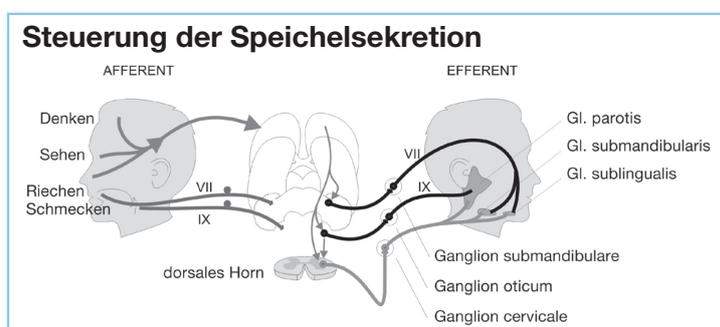


Abb. 3: Nervale Steuerung der Speichelsekretion: Afferente Reize werden durch den Nervus facialis (VII) und Nervus glossopharyngeus (IX) sowie aus höheren Zentren zu den Speichelnernen im Hirnstamm (Nucleus solitarius, gustatorius, salivatorius) weitergeleitet. Efferente parasympathische Stimulation der Gl. submandibularis, der Gl. sublingualis und der kleinen Speicheldrüsen des Gaumens, der Wange und der Lippen erfolgt durch den Nervus facialis über das Ganglion submandibulare und der Gl. parotis durch den Nervus glossopharyngeus über das Ganglion oticum. Postganglionäre sympathische Stimulation wird über das Ganglion cervicale superius gesteuert.

Auch ohne äußere Einflüsse besteht eine ständige Ruhesekretion, die wahrscheinlich auf eine permanente Aktivität der Speichelkerne im Hirnstamm zurückzuführen ist. Über diesen Grundbedarf hinaus kann durch bestimmte Reize der Speichelfluss stimuliert werden. Stimuliert wird der Speichelfluss vorrangig durch Geschmacks- und Geruchsempfindungen sowie durch mechanische Reize der Zunge oder anderer Bereiche der Mundhöhle. Zu den mechanischen Reizen zählt in erster Linie die Kautätigkeit. Daneben kann der Speichelfluss aber auch durch Impulse angeregt oder inhibiert werden, die den Nucleus salivatorius von höheren Zentren des Zentralnervensystems aus erreichen. Auch Reflexe, die im Magen oder im oberen Intestinum ausgelöst werden, können den Speichelfluss stimulieren. Hierzu zählt, wenn man sich verschluckt oder sich übergeben muss. Schließlich kann der Speichelfluss indirekt auch durch Hormone wie Androgene, Östrogene oder Glukokortikoide beeinflusst werden. Ein Beispiel hierfür ist der stark verminderte Speichelfluss und der daraus resultierende trockene Mund in Stresssituationen infolge einer erhöhten Aktivität des Sympathikus.

2.3 Speichelfließrate

	Ruhespeichel	Stimulierter Speichel
Sekretionsrate ml/min		
normal	0,3–0,4	1–3
sehr niedrig	< 0,1	< 0,7
pH		
normal	5,7–7,1	7,0–7,8
sehr niedrig	< 6,3	< 6,8
Pufferkapazität*		
normaler End-pH	4,25–4,75	5,75–6,5
*Test nach Ericsson 1959		

Tab. 1: Sekretionsrate, pH-Wert und Pufferkapazität von Speichel verschiedener Personen im Alter zwischen 15 und 55 Jahren. Normale und sehr niedrige Werte.

– unstimulierter Speichelfluss (Ruhespeichel)

Unter unstimuliertem Speichel versteht man die Gesamtmenge des ohne äußere Stimulation von den drei großen Speicheldrüsen gemeinsam mit den kleinen Speicheldrüsen sezernierten Speichels. Das reine Drüsensekret mischt sich in der Mundhöhle mit Sulkusflüssigkeit, abgeschilferten Epithelzellen, Speiseresten, Blutbestandteilen, Bakterien und Viren. Zur Abgrenzung zum reinen Drüsensekret wird dieser Gesamtspeichel auch als „Mundflüssigkeit“ bezeichnet.

Der unstimulierte Speichelfluss unterliegt im Tagesablauf einem zirkadianen Rhythmus, hat seinen Höhepunkt am Nachmittag und kommt während der Nachtruhe nahezu völlig zum Erliegen.

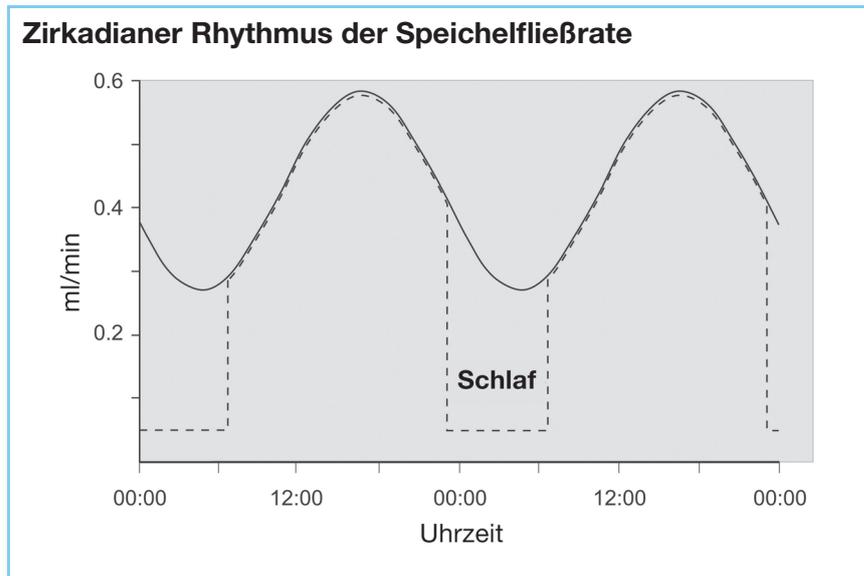


Abb. 4: Der zirkadiane Rhythmus der Fließrate des unstimulierten Gesamtspeichels. (Dawes, 2004)

Die normale Fließrate für den unstimulierten Ruhespeichel liegt bei 0,3 bis 0,4 ml/min, aber die Variabilität ist relativ groß. Der Speichel kleidet alle Oberflächen der Mundhöhle mit einem dünnen Film aus. Bei einer Oberflächengröße der Mundhöhle von etwa 200 cm² und einem Volumen von ca. 0,7 ml Speichel im Mund hat der Speichelfilm zwischen benachbarten Flächen eine Dicke von ca. 0,1 mm.

Ob der Speichelfluss mit zunehmendem Alter abnimmt, ist nicht eindeutig geklärt. Es gibt Hinweise, dass besonders die unstimulierte Fließrate für den Gesamtspeichel und die stimulierte Fließrate der Gl. parotis altersabhängig abnehmen. Dies würde mit den Resultaten histologischer Studien übereinstimmen, in denen eine Verminderung des Anteils sekretorischen Gewebes in den Drüsenzellen mit zunehmendem Alter gezeigt werden konnte. In anderen Studien konnte allerdings bei gesunden Personen ohne Dauermedikation keine altersabhängige Verminderung des Speichelflusses gezeigt werden.

Manche Personen empfinden eine reduzierte Speichelfließrate nicht als störend, andere wiederum klagen schon bei einer leichten Verminderung des Speichelflusses über einen trockenen Mund. Üblich ist es aber, eine Fließrate des Ruhespeichels von weniger als 0,1 ml/min als verminderten Speichelfluss (Oligosialie) zu betrachten. Sehr selten haben Personen das Gefühl, in übermäßig viel Speichel nahezu zu ertrinken. Dies ist zumeist mit Schwierigkeiten beim Schlucken und nicht mit zu hohem Speichelfluss verbunden.

- stimulierter Speichelfluss

Unter stimuliertem Speichel versteht man den Speichel, der nach Stimulation der Drüsentätigkeit durch Geschmacks- und Geruchsreize oder mechanische Reize sezerniert wird. Seltener ist eine Stimulation durch Medikamente wie Pilocarpin, einem Parasympathomimetikum, oder durch Aktivierung des Brechzentrums.

Die normale Fließrate für den stimulierten Speichel liegt bei 1 bis 3 ml/min, aber die Variabilität ist recht groß. Das Maximum kann etwa 7 ml/min erreichen. Als Untergrenze werden weniger als 0,7 ml/min angesehen.

Von den vier Grundgeschmacksrichtungen süß, sauer, salzig, bitter wird der Speichelfluss am stärksten durch sauren Geschmack stimuliert. So kann mit Zitronensäure zu- meist ein maximaler Speichelfluss ausgelöst werden. Im Vergleich zu Geschmacksreizen haben Geruchsreize einen geringeren Effekt.

Das Kauen einer geschmackslosen Kaumasse stimuliert zwar auch den Speichelfluss, aber der Effekt ist deutlich geringer als bei zusätzlichen Geschmacksreizen. Zu diesem Ergebnis kamen Dawes und Macpherson (1992) in einer Studie, in der sie den Effekt von sechs verschiedenen Kaugummis mit dem Effekt von Kaugummi-Basismasse auf die Speichelfließrate verglichen (Abb. 5). Die Kaugummis enthielten verschiedene Geschmacksstoffe und waren mit Zuckeraustauschstoff oder Zucker gesüßt. Durch alle Kaugummis mit Geschmacksstoff wurde die Speichelfließrate zu Beginn gegenüber der unstimulierten Fließrate um das 10- bis 12-Fache erhöht. Nach 20-minütigem Kauen war die Fließrate immer noch um das 2,7-Fache erhöht und jetzt in der Größenordnung wie die Fließrate beim Kauen von Kaugummi-Basismasse.

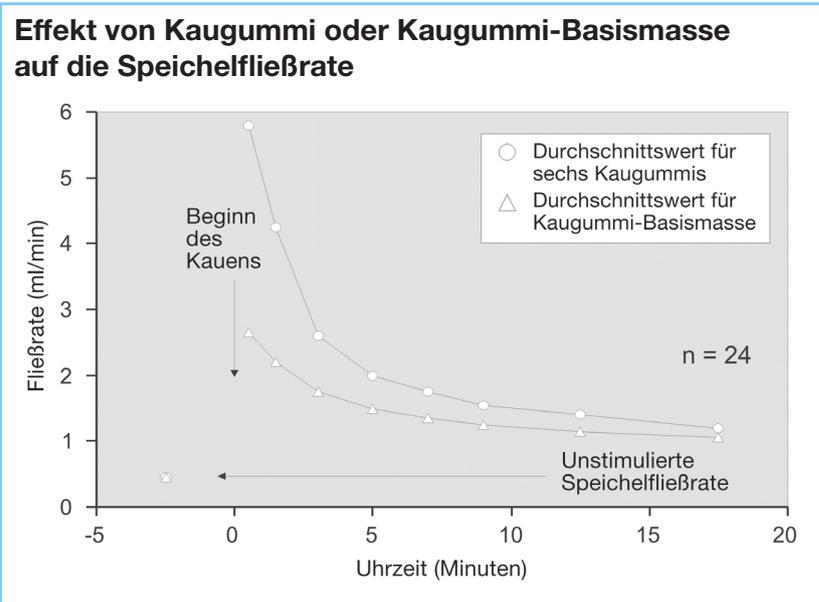


Abb. 5: Effekt von sechs mit verschiedenen Zuckeraustauschstoffen oder Zucker gesüßten Kaugummis und von Kaugummi-Basismasse auf die Speichelfließrate. (Dawes, 2004)

– Gesamtmenge

Während der Wachphase werden ohne Stimulation durchschnittlich etwa 20 ml Speichel pro Stunde sezerniert, während 15 Stunden also 300 ml. Während des Schlafes sinkt die Speichelfließrate deutlich. Kalkuliert man für ein bis zwei Stunden Nahrungsaufnahme mit einem stimulierten Speichelfluss von 1 bis 3 ml/min, werden in dieser Zeit bis zu 200 ml Speichel produziert. Die täglich produzierte Gesamtmenge an Speichel dürfte deshalb etwa 0,5 bis 0,6 Liter betragen. Die in älteren Lehrbüchern genannte Menge von 1,5 Liter Speichel am Tag ist sicherlich zu hoch.

Die Speicheldrüsen sind in unterschiedlich großem Maß an der Produktion von unstimuliertem und stimuliertem Speichel beteiligt. Bei unstimuliertem Speichel stammen etwa 25 % aus der Gl. parotis, 60 % aus der Gl. submandibularis, 7 bis 8 % aus der Gl. sublingualis und ebenfalls 7 bis 8 % aus den kleinen Speicheldrüsen. Nach einer starken Stimulierung des Speichelflusses ändern sich die Anteile der Drüsen. Aus der Gl. parotis stammen dann etwa 50 %, aus der Gl. submandibularis 35 %, aus der Gl. sublingualis sowie den kleinen Speicheldrüsen jeweils 7 bis 8 %. Der Anteil des von der Gl. parotis produzierten rein serösen Speichels am Gesamtspeichel verdoppelt sich also zu Lasten des gemischt muko-serösen Speichels der Gl. submandibularis.

2.4 Zusammensetzung und Puffersysteme des Speichels

Die Zusammensetzung des Speichels wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Am wichtigsten ist, aus welcher Speicheldrüse der Speichel stammt und ob es sich um unstimulierten oder stimulierten Speichel handelt.

Der Gesamtspeichel besteht zu 99,5 % aus Wasser und enthält ca. 5 g/l anorganische und organische Substanzen. Die wichtigsten anorganischen Bestandteile sind in Tab. 2 aufgelistet.

	unstimuliert	stimuliert
Wasser	99,4 %	99,5 %
Feststoffe	0,6 %	0,5 %
anorganische Bestandteile	Bereich	Bereich
Natrium (mmol/l)	2–26	13–80
Kalium (mmol/l)	13–40	13–38
Kalzium (mmol/l)	0,5–2,8	0,2–4,7
Chlorid (mmol/l)	8–40	10–56
Bikarbonat (mmol/l)	0,1–8	4–40
Phosphat (mmol/l)	2–22	1,5–25
Thiocyanat (mmol/l)	0,4–5	0,4–3
Fluorid (µmol/l)	0,2–2,8	0,8–6,3

Tab. 2: Wichtige anorganische Bestandteile des unstimulierten und stimulierten Gesamtspeichels. (Whelton, 2004)

Der primäre Speichel, der in den Acinuszellen der Drüsen produziert wird, entspricht von seiner Elektrolytzusammensetzung her einem Ultrafiltrat des Plasmas. Auf dem Weg durch den Ausführungsgang wird viel Energie aufgewendet, um einen Großteil des Natriumchlorids und des Bikarbonats zu reabsorbieren. Demgegenüber wird der Anteil an Kalium erhöht. Die Konzentrationen in mmol/l für die entsprechenden Elektrolyte im Acinusbereich und am Ende des Ausführungsganges sind in Abb. 6 dargestellt.

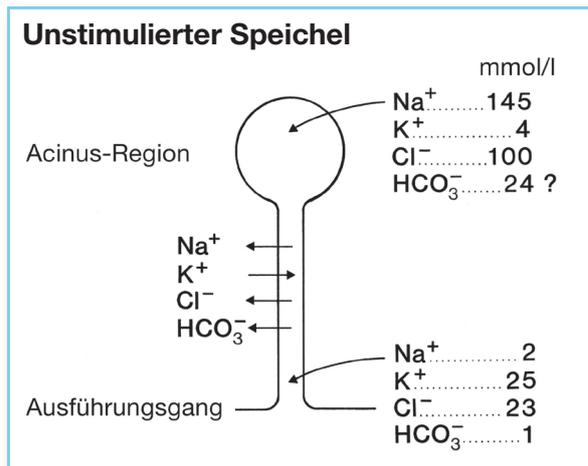


Abb. 6: Änderung der Konzentration von Elektrolyten bei unstimuliertem Parotisspeichel auf dem Weg durch den Ausführungsgang. (Dawes, 2004)

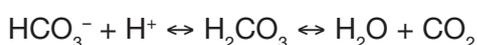
Wenn das Sekret den Hauptausführungsgang in die Mundhöhle erreicht, beträgt der osmotische Druck nur noch ein Sechstel des Drucks im Plasma.

Vermutlich erfolgt dieser Salzzug aus dem Primärspeichel, damit in der Mundhöhle eine feine Geschmacksempfindung ermöglicht wird. Wenn der Speichel eine so hohe Salzkonzentration wie das Plasma hätte, wäre es nicht möglich, eine schwache Salzkonzentration zu schmecken. Insgesamt ist der Ruhespeichel so zusammengesetzt, dass ein Erkennen der vier Grundgeschmacksarten salzig, süß, sauer und bitter optimal möglich ist.

Der Speichel verfügt über drei Puffersysteme:

- Bikarbonat-Puffersystem ($\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$)
- Phosphat-Puffersystem ($\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4$)
- Proteinpuffer

Der Bikarbonatpuffer spielt die wichtigste Rolle bei der Neutralisation von Säuren in der Mundhöhle. Das Bikarbonat (chemisch korrekt: Hydrogenkarbonat) entstammt hauptsächlich der Gl. parotis und der Gl. submandibularis. Hydrogenkarbonat bildet mit Säure die schwache Kohlensäure, die leicht in Wasser und Kohlendioxid zerfällt.



Bei steigender Speichelsekretion ist der Bikarbonatgehalt im Speichel drastisch erhöht. Dies basiert darauf, dass bei erhöhter Aktivität der Speicheldrüsen mehr Bikarbonat von den Zellen produziert wird.

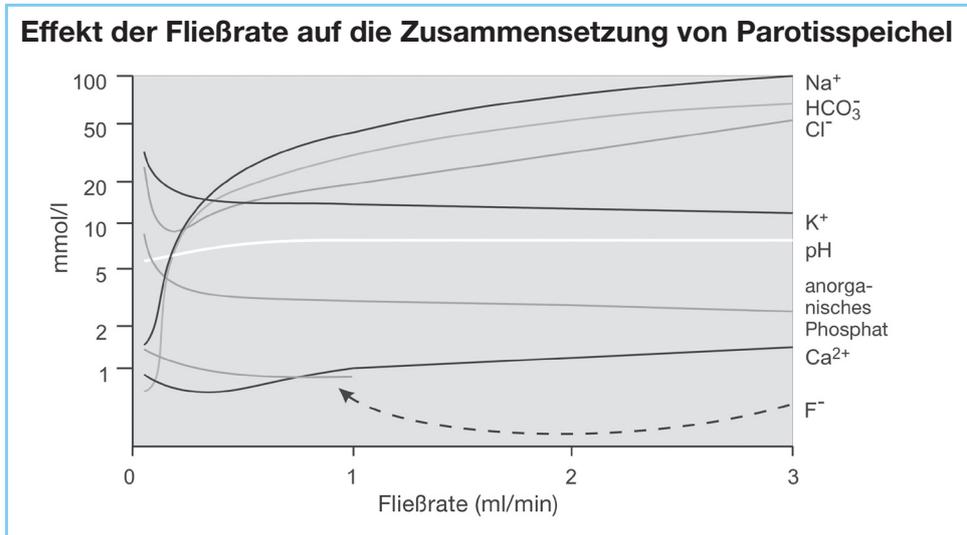


Abb. 7: Effekt der Fließrate auf die Zusammensetzung von Parotisspeichel. (Dawes, 2004)

Die Konzentration des Bikarbonats im Parotisspeichel kann von unter 1 mmol/l bei maximaler Stimulation auf annähernd 60 mmol/l ansteigen. Für den Gesamtspeichel ist eine Erhöhung der Bikarbonatkonzentration bis zu 24 mmol/l berichtet worden. Nach Kaugummikauen wurden Bikarbonatkonzentrationen von etwa 15 mmol/l gefunden. Mit der Erhöhung der Bikarbonatkonzentration kommt es auch zu einer Erhöhung des pH-Werts des Speichels. Das pH-Optimum des Bikarbonatpuffers liegt bei pH 6,1 und der Pufferbereich reicht von 5,1 bis 7,1. Besonders beachtenswert beim Bikarbonat-Puffersystem ist, dass bei Zugabe von stärkeren Säuren wie Laktat die entstehende schwächere Säure H_2CO_3 nicht angehäuft wird, sondern als CO_2 abgeatmet wird.

Der Phosphatpuffer ist zwar für die Pufferung von Säuren weniger wichtig, spielt aber eine bedeutende Rolle bei der Remineralisation. Das pH-Optimum des Phosphatpuffers liegt bei 7,1, der Bereich reicht von 6,1 bis 8,1. Bei Stimulation des Speichelflusses sinkt die Konzentration von ca. 5 auf 3 mmol/l. Das Phosphat-Puffersystem ist für die Ruhe- und Remineralisationszeiten wichtig, weil es für die Übersättigung der Zahnumgebung in Bezug auf das Zahnmineral (Hydroxylapatit) nach einer Demineralisation sorgt.

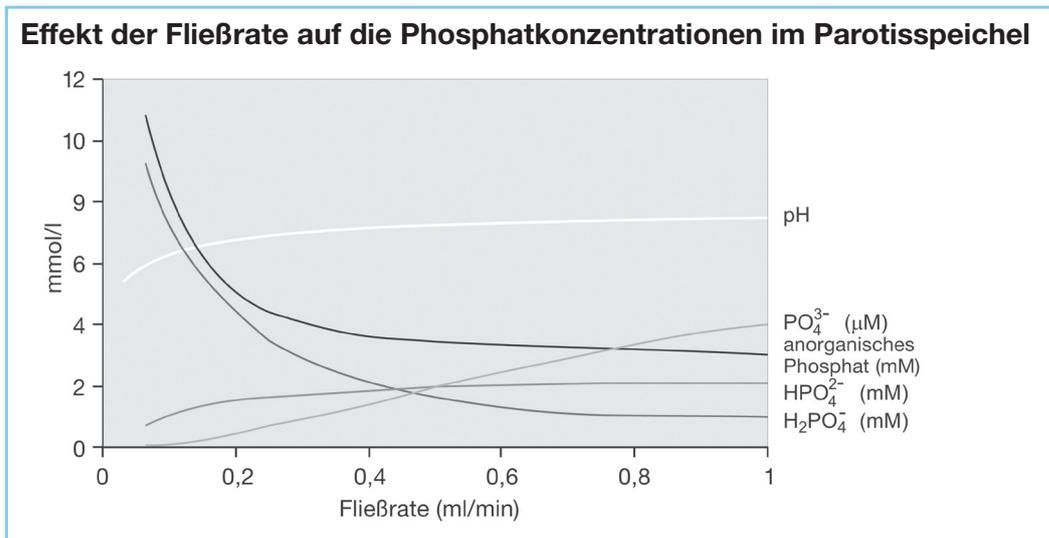
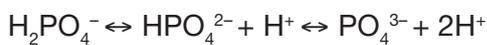


Abb. 8: Effekt der Speichelfließrate auf die Konzentration der verschiedenen Formen des anorganischen Phosphats. (Dawes, 2004)

Der Abfall der Gesamtkonzentration des Phosphats im Speichel nach Stimulation wirkt sich keineswegs negativ auf die Remineralisation aus. Die pH-Wert-abhängige Dissoziation des Phosphates führt vom primären (H_2PO_4^-) über das sekundäre (HPO_4^{2-}) hin zum tertiären Phosphat (PO_4^{3-}).



Die hohe Bikarbonatkonzentration des stimulierten Speichels steigert die Deprotonierung des Phosphates, so dass trotz sinkender Gesamtkonzentration der anorganischen Phosphate im stimulierten Speichel die Konzentration des für die Remineralisation wichtigen tertiären Phosphates bis um das 40-Fache des Ausgangswertes ansteigen kann.

Das Proteinpuffersystem wurde bisher nur wenig untersucht. Im Speichel finden sich nach heutigem Kenntnisstand etwa 1000 verschiedene Proteine und es ist weitgehend unbekannt, welche Proteine für die Pufferwirkung eine Rolle spielen. Das Optimum des Proteinpuffers liegt im stark sauren Bereich bei etwa pH 4,3 und der Pufferbereich reicht vermutlich von 3,3 bis 7,2.

Organische Bestandteile:

Die wichtigsten organischen Bestandteile des Speichels sind Proteine, Glykoproteine (Muzine) und Enzyme (Tab. 3 und 4), deren genaue Struktur und Funktion zum Teil noch nicht im Detail geklärt sind.

Gesamtprotein (Proteine und Glykoproteine)	ca. 2 g/l
α -Amylase	ca. 0,4 g/l
Muzine	ca. 0,4 g/l
Lysozym	ca. 0,2 g/l
Prolin-reiche Proteine	ca. 0,2–0,8 g/l
Andere Proteine, die in kleineren Mengen vorkommen: Statherin, Laktoferrin, Immunglobuline u.a.	
Harnstoff	3–5 mmol/l

Tab. 3: Wichtige organische Bestandteile des Speichels.

Protein	Funktion
<i>Nicht-Immunglobuline</i>	
Lysozym	grampositive Bakterien, Candida
Laktoferrin	grampositive und gramnegative Bakterien
Peroxidasen	Bakterien, Viren, Hefen
Agglutinin	orale Bakterien
Histidin-reiche Proteine	antibakteriell, antifungal
Defensin	antibakteriell, antifungal
Cystatin	antiviral
<i>Immunglobuline</i>	
Sekretorisches IgA	Hemmung der Adhäsion
IgG	Förderung der Phagocytose
IgM	Förderung der Phagocytose

Tab. 4: Wichtige antimikrobiell wirksame Proteine im Gesamtspeichel. (Tenovuo, 2004)

Das wichtigste Enzym im Speichel ist die α -Amylase, die zu etwa 80 % aus der Gl. parotis stammt und den Abbau von Stärke und Glykogen in der Mundhöhle einleitet. Stärke wird zu Maltose, Maltotriose und Dextrinen gespalten. Nach dem Verschlucken wird die α -Amylase des Speichels im Magen inaktiviert und die α -Amylase des Pankreassekrets übernimmt deren Funktion.

Muzine sind Glykoproteine, die im Speichel in zwei Grundformen vorkommen. Man unterscheidet Muzine mit hohem Molekulargewicht (MUC5B, früher MG1) und Muzine mit niedrigem Molekulargewicht (MUC7, früher MG2). MUC5B gehört zu den klassischen Muzinen, die Hauptbestandteil der Beschichtung aller Schleimhäute sind. Die Schleimschicht schützt das darunter liegende Epithel vor mechanischen Schäden und verhindert das Eindringen von schädlichen Substanzen sowie von Bakterien und Viren in die Haut. In der Mundhöhle findet sich MUC5B auch in der Pellikel (Schmelzoberhäutchen).

MUC7 spielt neben dem Agglutinin eine wichtige Rolle bei der Agglutination von Mikroorganismen im Speichel. Der Gesamtspeichel enthält pro Milliliter 10^8 bis 10^9 Mikroorganismen und pro Tag werden ein bis drei Gramm Bakterien verschluckt. Die Agglutination der Mikroorganismen erleichtert den Abtransport aus der Mundhöhle deutlich.

Zu den biologisch aktiven, antibakteriell wirksamen Proteinen im Speichel, die keine Immunglobuline sind, zählen neben dem schon genannten Agglutinin das Laktoferrin, Lysozym, Peroxydasen, Histidin-reiche Proteine (Histatine), Defensine und Cystatine. Laktoferrin ist ein Glykoprotein, das von den großen und kleinen Speicheldrüsen sezerniert wird, aber auch aus oralen Leukozyten stammen kann. Die biologische Aktivität beruht auf der hohen Affinität zu Eisen. Es besitzt einen wachstumshemmenden Einfluss auf Mikroorganismen, die Eisen für ihr Wachstum benötigen (z. B. *Candida albicans*).

Lysozym und Laktoperoxidase sind antibakteriell wirksame Enzyme. Das Lysozym im Gesamtspeichel stammt zum einen aus den großen und kleinen Speicheldrüsen, zum anderen aber auch aus der Sulkusflüssigkeit und von Leukozyten. Lysozym kann durch Muramidase-Aktivität Bakterienzellwände zerstören und Bakterien auflösen. Die bakterizide Wirkung ist allerdings begrenzt, da die gramnegativen Bakterien durch ihre Umhüllung mit Lipopolysacchariden, die grampositiven – wenn auch in geringerem Ausmaß – durch extrazelluläre Polysaccharide geschützt werden.

Das Laktoperoxidase-Thiocyanat-Wasserstoffperoxid-System besitzt antibakterielle Eigenschaften. Die Laktoperoxidase stammt aus den Speicheldrüsen und zellulären Elementen der Mundhöhle (z.B. Granulozyten), das Thiocyanat gelangt über die Speicheldrüsen in die Mundhöhle, und das Wasserstoffperoxid wird von bestimmten Mikroorganismen gebildet (z.B. *Streptococcus mitis*). Aus Thiocyanat (SCN^-) wird in Anwesenheit von Laktoperoxidase und Wasserstoffperoxid Hypothiocyanat (OSCN^-) und Wasser gebildet. Das gebildete Hypothiocyanat besitzt antibakterielle Wirksamkeit gegenüber Mutans-Streptokokken, Laktobazillen, Hefen, verschiedenen Anaerobiern und sogar Viren, wobei die Wirksamkeit von der Konzentration abhängt.

Histatine und Defensine haben breite antibakterielle und antifungale Eigenschaften. Histatine sollen auch an anderen Prozessen wie Pellikelbildung, Inhibierung der Zytokin-Ausschüttung und Inhibierung von Proteinasen wie Metalloproteinasen und Cystein-Proteinasen beteiligt sein.

Cystatine finden sich im Speichel und auch in der Pellikel. Sie sollen selektiv Proteasen hemmen können, die von Bakterien oder Leukozyten stammen. Darüber hinaus haben sie auch antivirale und antibakterielle Eigenschaften.

Von den Immunglobulinen findet sich im Speichel vorwiegend sezerniertes Immunglobulin A. Immunglobulin G und M stammen aus dem Serum und kommen nur in kleineren Mengen vor. Grundsätzlich kann Speichel-IgA die Adhäsion von Bakterien hemmen, und IgG wie auch IgM fördern die Phagozytose.

Eine besondere Rolle spielen die Prolin-reichen Proteine (PRPs) und Statherin. Der Speichel ist in Bezug auf die meisten Kalziumphosphat-Salze übersättigt. Die PRPs und das Statherin verhindern durch die Bindung von Kalzium eine spontane Präzipitation von Kalziumphosphat-Salzen und halten so die Übersättigung aufrecht. Saure PRPs machen 25 bis 30 % aller Proteine im Speichel aus und bilden eine komplexe Gruppe mit vielen genetischen Varianten. Einige inhibieren die Präzipitation von Kalziumphosphat-Salzen, andere finden sich in der Pellikel und fördern die Adhäsion bestimmter Bakterien an der Zahnoberfläche. PRPs können auch Tannine binden, die in Tee und Rotwein vorkommen, und so ihre Toxizität reduzieren.

Statherin ist ein kleines Protein mit nur 43 Aminosäuren und wird sowohl von der Glandula parotis, als auch von der Glandula submandibularis sezerniert. Viele orale Proteasen können Statherin degradieren. Im Speichel ist die Konzentration von Statherin aber immer so hoch, dass die spontane Präzipitation von Kalziumphosphat-Salzen verhindert werden kann.

Die Harnstoffkonzentration im Speichel ist mit 3 bis 5 mmol/l nur geringfügig niedriger als im Serum. Harnstoff kann aus dem Speichel in die Plaque diffundieren und dort von Ureasen bakteriellen Ursprungs zu Ammoniak und Kohlendioxid abgebaut werden. Ammoniak kann als Base agieren und einen Anstieg des Plaque-pH-Wertes bewirken. In einer Computersimulation konnte gezeigt werden, dass ohne Harnstoff im Speichel der maximale Abfall des pH-Wertes in der Plaque nach einer Mahlzeit um 0,5 pH-Einheiten niedriger wäre.

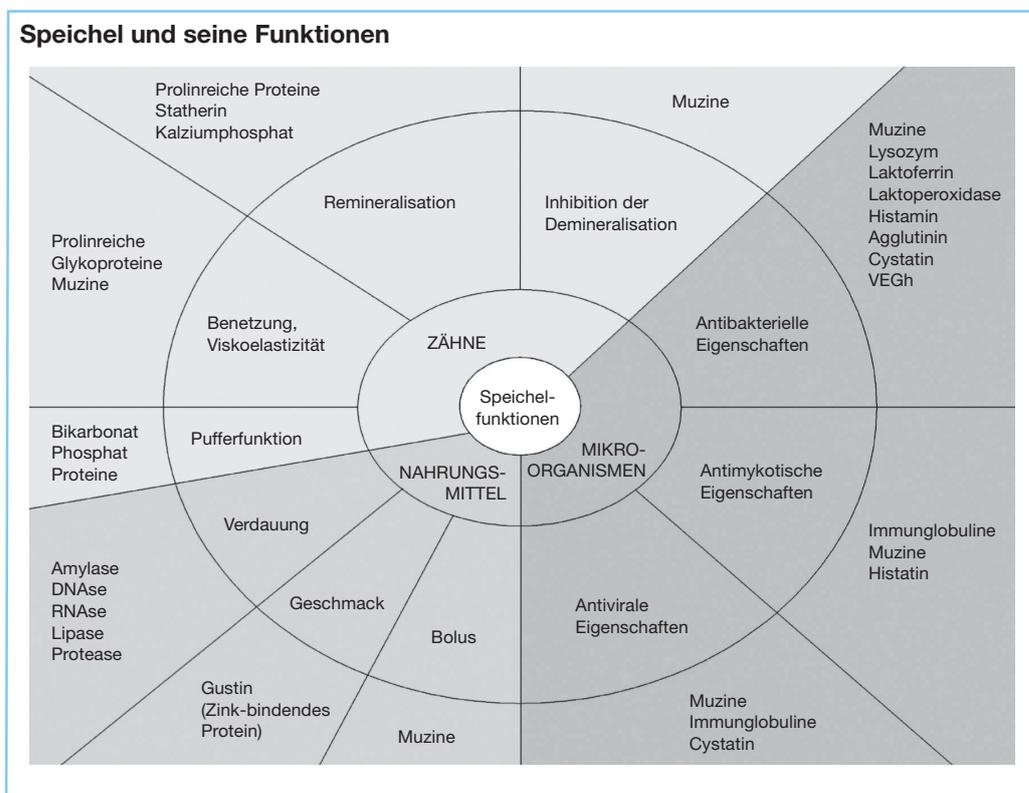


Abb. 9: Schematische Darstellung der Funktionen des Speichels. (nach: Nieuw Amerongen et al., 2004)

3 Funktionen des Speichels

In Abb. 9 sind die verschiedenen Funktionen der einzelnen Speichelbestandteile übersichtlich dargestellt. In vereinfachter Form fasst Tab. 5 die wesentlichen Funktionen des Speichels und die beteiligten Speichelkomponenten zusammen.

Funktion	Beteiligte Speichelkomponenten
Spülfunktion	Gesamtflüssigkeit
Pufferung von Säuren	Bikarbonat, Phosphat, Proteine
(Re-)Mineralisation	Fluorid, Kalzium, Phosphat, Statherin, PRPs
Beschichtung	Muzine, Glykoproteine
Antibakterielle Aktivität	Antikörper, Lysozym, Laktoferrin, Laktoperoxidase
Andauung der Nahrung	Amylase, Proteasen

Tab. 5: Funktionen des Speichels.

3.1 Spülfunktion

Die Spül- und Räumfunktion des Speichels besteht darin, Reste zerkleinerter Nahrung, agglutinierte Mikroorganismen und abgeschilferte Zellen der Mundschleimhaut aus der Mundhöhle abzutransportieren. Lösliche Bestandteile wie Zucker werden umso schneller abtransportiert, je größer die Speichelmenge oder je höher die Speichelfließrate ist. Entsprechend dem Dawes-Modell verlängert sich die Halbwertszeit für die Beseitigung (salivary clearance) von Zucker aus der Mundhöhle umso mehr, je niedriger die unstimulierte Speichelfließrate ist. Ein verminderter Speichelfluss kann deshalb starke Auswirkungen auf das Kariesrisiko haben.

Effekt der Veränderung der unstimulierten Speichelfließrate auf die Clearance-Halbwertszeit von Zucker

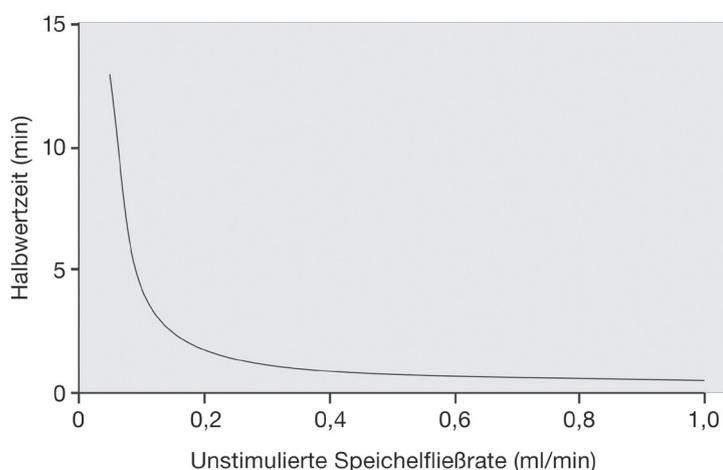


Abb. 10: Computersimulation des Effekts einer Veränderung der unstimulierten Speichelfließrate auf die „Clearance“ von Zucker aus der Mundhöhle nach einer Spülung mit 10% Zuckerlösung. (Dawes, 2004)

3.2 Pufferung von Säuren

Die Puffersysteme des Speichels helfen nach dem Essen und Trinken maßgeblich, den pH-Wert in der Mundflüssigkeit und in der Plaque zu neutralisieren. Dadurch wird zum einen der Zeitraum einer direkten Einwirkung von Nahrungssäuren auf die Zahnhartsubstanz verkürzt und somit das Risiko für die Entstehung von Erosionen gesenkt. Zum anderen nehmen die Puffereigenschaften des Speichels entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Stephan-Kurve, die den zeitlichen Verlauf des Plaque-pH-Werts nach dem Verzehr von Mahlzeiten beschreibt.

3.3 (Re-)Mineralisation

Die anorganischen Bestandteile des Zahnschmelzes enthalten in der Hauptsache Kalzium (36 %) und Phosphat (52 %). In kleineren, aber nennenswerten Mengen enthalten sind Karbonat, Natrium, Magnesium, Chlorid, Kalium und, von besonderer Bedeutung, Fluorid. Der den Zahnschmelz umgebende Speichel enthält alle mineralischen Bestandteile des Zahnes in gelöster Form. In stark vereinfachter Form kann man Zahnschmelz als Kalziumhydroxylapatit betrachten und die Gleichgewichtsreaktion zwischen fester Phase (Zahnhartsubstanz) und flüssiger Phase (Speichel) folgendermaßen darstellen:



Auch unter physiologischen Bedingungen in der Mundhöhle kommt es zu einem regen Austausch von Ionen zwischen Speichel und Zahnschmelz. Dieser Austausch wird dadurch ermöglicht, dass Speichel in Bezug auf Kalzium- und Phosphat-Ionen übersättigt ist. Wie bereits oben beschrieben verhindern PRPs und Statherin eine spontane Ausfällung von Kalziumphosphat-Salzen. Nach Demineralisationen stehen somit hinreichend Kalzium- und Phosphat-Ionen für eine Remineralisation zur Verfügung. Ohne diese reparierende Funktion des Speichels würden Zähne in der Mundhöhle keinen Bestand haben. In sehr kleinen Mengen (0,01 bis 0,05 ppm) enthält Speichel auch Fluorid, durch das die Demineralisation gehemmt und die Remineralisation gefördert wird.

3.4 Beschichtung

Die Beschichtung aller Oberflächen der Mundhöhle mit Muzinen und Glykoproteinen bewirkt einen mechanischen und chemischen Schutz von Epithel und Zähnen. Außerdem wird das Sprechen und Schlucken unterstützt.

Hauptsächlich Glykoproteine und saure Prolin-reiche Proteine aus dem Speichel bilden einen unstrukturierten, azellulären Film auf der Schmelzoberfläche, der als Schmelzoberhäutchen oder besser Pellikel bezeichnet wird. Die meisten Glykoproteine, Enzyme und Immunglobuline des Speichels finden sich auch in der Pellikel. Die Dicke der Pellikel beträgt je nach Reifegrad und Lokalisation 0,1 bis 1,0 µm. Aufgrund ihrer Eigenladung können die Pellikelkomponenten eine elektrostatische Bindung mit den Kalzium- und Phosphatgruppen des Apatits eingehen. Dies bewirkt, dass die Pellikel sehr stark an der Schmelzoberfläche haftet und z. B. durch Zahnputzen nicht entfernt werden kann.

Aufgrund der Übersättigung des Speichels in Bezug auf Kalzium- und Phosphat-Ionen würde ohne Pellikel eine Tendenz zum Wachstum der Hydroxylapatitkristalle an der Schmelzoberfläche und damit langfristig auch eine Tendenz zur Vergrößerung der Zähne bestehen. Dies wird aber durch die genannten Komponenten der Pellikel verhindert. Die Pellikel ist semipermeabel und steuert in gewissem Maß die Austauschvorgänge zwischen dem Zahnschmelz und der umgebenden Mundflüssigkeit.

Die Pellikel schützt den Zahn auch in begrenztem Umfang vor Schädigungen durch Säuren. Wenn aber die Säureeinwirkung zu stark ist, kommt es zu einem erosiven Zahnhartsubstanzverlust und direkt anschließend wieder zur Neubildung der Pellikel. Die Anwesenheit der Pellikel ist der Grund dafür, dass durch Erosion verlorengegangener Schmelz nicht durch neues Kristallwachstum ersetzt werden kann.

3.5 Antibakterielle Aktivität

Die direkten Hemmeinflüsse von Speichelkomponenten auf Mundbakterien, Viren und Pilze tragen unter physiologischen Bedingungen zu einem ökologischen Gleichgewicht in der Mundhöhle bei. Wenn allerdings die Plaquedicke zunimmt, sind diese Mechanismen zu schwach, um Karies zu verhindern.

Durch die antibakteriellen Speichelkomponenten können in der Regel Infektionen von Wunden in der Mundhöhle verhindert werden. Andere Speichelkomponenten können insgesamt zu einer deutlichen Verbesserung der Wundheilung beitragen.

3.6 Andauung der Nahrung

Die Andauung von Nahrung durch Amylasen des Speichels spielt bei unserer modernen Ernährung keine wesentliche Rolle mehr. Die Verweildauer der Nahrung in der Mundhöhle beim Kauen ist in der Regel zu kurz, als dass die Amylase in bedeutendem Umfang Stärkeprodukte aufspalten kann. Die hohe lokale Konzentration von Amylase kann aber über längere Zeit dazu beitragen, dass klebrige stärkehaltige Nahrungsreste aus retentiven Nischen, die der Selbstreinigung der Mundhöhle nicht zugänglich sind, herausgelöst werden können. Von großer Bedeutung ist, dass durch Speichelkomponenten unsere Nahrung geschmacklich aufgeschlossen wird. Durch Verdünnung und Auflösung von Nahrungsbestandteilen wird ein Kontakt mit den Geschmacksknospen ermöglicht und der Speichel trägt so zu einer guten Geschmackswahrnehmung bei.

4 Verminderung des Speichelflusses (Xerostomie, Oligosialie)

Xerostomie bedeutet wörtlich übersetzt etwa „trockene Mundhöhle“ und ist somit eine Symptombeschreibung. Über einen trockenen Mund klagen Patienten zumeist erst, wenn die unstimulierte Speichelfließrate weniger als die Hälfte des Normalwerts beträgt. Es ist allgemein üblich, den Begriff Xerostomie für alle Formen des verminderten Speichelflusses (Oligosialie) oder des fehlenden Speichelflusses (Asialie) zu verwenden, obwohl mit dem Begriff Xerostomie primär die subjektiv empfundene Mundtrockenheit bezeichnet wird. Ein gegenüber den Normalwerten verminderter Speichelfluss wird üblicherweise als Hyposalivation bezeichnet.

Zur Prävalenz der Hyposalivation stehen nur wenige Daten basierend auf Querschnittstudien mit eher kleineren Probandengruppen zur Verfügung. Zusammenfassend ergibt sich aus den Studien, dass etwa jeder vierte Erwachsene Anzeichen für einen verminderten Speichelfluss zeigt. Bei über 65-Jährigen liegt die Prävalenz des verminderten Speichelflusses bei über 30 %.

4.1 Ätiologie

Die hauptsächlichen Ursachen für Xerostomie und Hyposalivation (Speicheldrüsenunterfunktion) sind die Einnahme xerogener Medikamente, akute oder chronische Erkrankungen der Speicheldrüsen, systemische Erkrankungen und Bestrahlungstherapie im Kopf- oder Halsbereich. (Tab. 6)

Ursache	Beispiele
Medikamente	<i>Anticholinergika:</i> Asthmamittel, Antazida, Antiparkinsonmittel, Antihistaminika <i>Blutdruckmittel:</i> Adrenozeptoragonisten, Reserpin, Sonstige <i>Psychopharmaka im weiteren Sinne:</i> Antidepressiva, Neuroleptika, Sedativa, Tranquillizer
Systemische Erkrankungen	Sjögren-Syndrom, Diabetes, Sklerodermie, Sarkoidose, Lupus, Alzheimer, Dehydration, Mumps
Erkrankungen der Speicheldrüsen	Akute und chronische Parotitis, Speichelsteine, Mukozelen, partielle oder komplette Obstruktion des Ausführungsganges, Tumore
Psychische Erkrankungen	Depressionen, Angstzustände, Stress
Bestrahlungstherapie im Kopf- oder Halsbereich	

Tab. 6: Die Hauptursachen für Xerostomie und Hyposalivation.

Die Nebenwirkung von Medikamenten ist bei über 40-Jährigen die häufigste Ursache für eine Xerostomie. Insgesamt können mehr als 400 Medikamente zu einer Unterfunktion der Speicheldrüsen führen, und ca. 80 % der am häufigsten verschriebenen Medikamente gehören zu dieser Gruppe. Von den über 65-Jährigen nehmen etwa 75 % mindestens ein verordnetes Medikament regelmäßig ein. Mit zunehmendem Alter nimmt die Anzahl der Verordnungen noch zu und damit auch die Prävalenz der Hyposalivation. Die Beeinträchtigung der Speicheldrüsenfunktion ist in den meisten Fällen untrennbar mit der gewünschten Hauptwirkung des Arzneimittels verbunden. Insofern ist das Zustandekommen dieser Nebenwirkung nicht vermeidbar. Es gibt aber auch Medikamente, für die ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen erwünschter Hauptwirkung und unerwünschter Nebenwirkung nicht erkennbar ist. In solchen Fällen ist es durchaus möglich, das therapeutische Konzept durch Ausweichen auf verwandte Substanzen zu modifizieren. Dies sollte im Rahmen interdisziplinärer Zusammenarbeit geschehen.

Die am häufigsten verwendeten xerogenen Medikamente haben Parasympathikus-hemmende bzw. anticholinerge Wirkungen. Arzneimittel, die die Wirkung des Neurotransmitters Acetylcholin hemmen, also anticholinerg wirken, führen zu einem charakteristischen Symptomkomplex, zu dem auch die Hemmung der Speichelbildung gehört. Zu diesen Medikamenten gehören z. B. die besonders häufig verordneten trizyklischen Antidepressiva, Sedativa und Tranquilizer, Antihistaminika und Antihypertonika. Auch eine Chemotherapie kann zu einer zeitlich begrenzten Verminderung des Speichelflusses führen. Die Beeinträchtigungen zeigen sich während und direkt nach der Chemotherapie. Später kann sich der Speichelfluss wieder normalisieren.

Daneben können auch Dehydrierung und Mundatmung, Angstzustände und Stress sowie der Konsum von Rauschgiften (Cannabis, Amphetamine, Heroin) oder starkes Tabakrauchen zumindest temporär den Speichelfluss vermindern.

Erkrankungen der Speicheldrüsen können infektiös, nicht-infektiös oder neoplastisch sein. Bakterielle Infektionen der Speicheldrüsen kommen häufiger bei älteren Personen vor, die aus einem anderen Grund, wie z. B. der Einnahme xero gener Medikamente oder systemischer Erkrankungen, einen verminderten Speichelfluss haben. Eine akute Parotitis tritt heute sehr selten auf. Eher findet man eine chronische Parotitis als Folge einer Obstruktion des Ausführungsganges. Die Symptome einer bakteriellen Infektion der Speicheldrüsen sind eine Schwellung und Austritt von Pus aus den Ausführungsgängen.

Virale Infektionen vorzugsweise der Parotis können bei Personen aller Altersgruppen vorkommen, besonders aber bei immunsupprimierten Patienten. Mumps (*Parotitis epidemica*), umgangssprachlich *Ziegenpeter*, ist eine ansteckende Virusinfektion, die durch das Paramyxovirus parotitis ausgelöst wird. Neben Kindern können sich auch junge Erwachsene infizieren. Mögliche Komplikationen sind Hirnentzündung und Hodenentzündung, die zu Unfruchtbarkeit führen kann. Der Erkrankung und den Komplikationen kann durch Impfung vorgebeugt werden.

Nicht-infektiöse Erkrankungen der Speicheldrüsen werden zumeist durch Obstruktionen der Ausführungsgänge verursacht. Akut auftretende Schwellungen werden in der Regel durch Speichelsteine verursacht, chronisch auftretende Schwellungen beruhen meist auf Narbenbildung nach einer Infektion des Ausführungsganges. Die Bildung von Speichelsteinen (Sialolithiasis) findet sich aufgrund der Verlaufsform am häufigsten im Ausführungsgang der Glandula submandibularis (80 %), selten auch im Ausführungsgang der Glandula parotis (20 %).

Die meisten Tumore der Speicheldrüsen sind gutartig, und es handelt sich um einseitig auftretende pleomorphe Adenome. Adenome können jedoch in seltenen Fällen entarten und sollten deshalb frühzeitig entfernt werden. Von den in Tab. 6 aufgeführten systemischen Erkrankungen, die zu einer Beeinträchtigung der Speichelproduktion führen, kommt das Sjögren-Syndrom am häufigsten vor (Prävalenz in Europa zwischen 0,6 und 3,3 %). Beim Sjögren-Syndrom handelt es sich um einen Symptomkomplex aus mangelnder Sekretproduktion der Speicheldrüsen und der Tränendrüsen mit Xerostomie, Horn- und Bindehautentzündung am Auge (Keratoconjunctivitis sicca) und zu einer Entzündung der Tränendrüsen (Dakryoadenitis). Daneben tritt eine chronische Polyarthrit auf. Beim Sjögren-Syndrom kommt es wahrscheinlich zur Reaktion von Autoantikörpern mit dem Gangepithel der Parotiden und der Tränendrüsen. Betroffen sind meistens Frauen in der Menopause. Zuerst kommt es zu einer Schwellung der Parotis, die anschließend in eine Atrophie übergeht. Zur Diagnose wird eine Biopsie der Mundschleimhaut durchgeführt. Bei einem Sjögren-Syndrom ist das Risiko, an einem Non-Hodgkin-Lymphom zu erkranken, deutlich erhöht.

Tumore des Oropharynx haben einen Anteil von etwa 8 % an den jährlich diagnostizierten malignen Neoplasien. Häufig wird eine Bestrahlungstherapie durchgeführt, in deren Folge es zu schwerwiegenden Nebenwirkungen kommt. Aufgrund der Lokalisation von Primärtumoren und regionalen Lymphknoten liegen bei Patienten mit Tumoren im Kopf-/Halsbereich häufig die Speicheldrüsen im Bestrahlungsfeld. Zumeist erfolgt eine fraktionierte Bestrahlung mit einer kurativen Dosis zwischen 50 und 70 Gy. Innerhalb einer Woche nach dem Start einer Bestrahlung und der Verabreichung von 10 Gy vermindert sich der Speichelfluss um 60 bis 90 %. Bei einer Dosis über 25 Gy kommt es zu einer dauerhaften Schädigung der Speicheldrüsen. Am meisten radiosensitiv sind die serösen Acini, gefolgt von den mukösen Acini. Der Speichel wird zähflüssig, pH-Wert und Pufferkapazität sind reduziert und die Fließrate beträgt nach Abschluss der Bestrahlungstherapie oft nur noch 5 % der ursprünglichen Fließrate. Die oft resultierenden schweren Schäden an den Zähnen werden als Strahlenkaries bezeichnet.

4.2 Diagnose

Zumeist ist die Diagnose „Xerostomie“ leicht zu stellen, da die Patienten aufgrund einer Selbstdiagnose den Zahnarzt aufsuchen. Folgende typische Merkmale werden vom Patienten berichtet oder werden bei der Untersuchung der Mundhöhle festgestellt:

Symptome:

- trockener Mund
- trockene, aufgesprungene Lippen, Cheilitis angularis
- häufig Durstgefühl, auch bei Nacht
- Schwierigkeiten beim Essen, Schlucken oder Sprechen
- trockene Zunge und Mundschleimhaut
- Mundgeruch, Mundbrennen, Geschmacksbeeinträchtigung
- trockene Nase und Augen
- vermehrte Karies, Probleme beim Tragen von Prothesen
- Schlafstörungen

Befund in der Mundhöhle:

- kein Speichelsee auf dem Mundboden bei der Untersuchung
- Mundspiegel gleitet nicht auf der Mundschleimhaut
- Mundschleimhaut ohne Glanz
- Karies an untypischen Lokalisationen
- Rissbildung auf dem Zungenrücken
- viel Plaque
- Candidiasis
- sichtbare oder tastbare Schwellung der Speicheldrüsen

Viele Speicheldrüsenerkrankungen führen zu einer Vergrößerung der Speicheldrüsen. Bei entzündlichen Erkrankungen treten oft auch Schmerzen auf. Eine Schwellung im Zusammenhang mit einer Mahlzeit ist ein Hinweis auf einen Speichelstein oder Schleimpfropf im Ausführungsgang. Eine Vergrößerung der Parotis führt zu einer periaurikulären Schwellung und zur Verwischung der Konturen des Kieferwinkels. Eine Palpation der Drüse und des Ductus ist aufgrund des M. masseter nur eingeschränkt möglich. Ductus und Glandula submandibularis können bimanuell bei entspannter Mundbodenmuskulatur gut palpirt werden. Nach Trocknung der Caruncula sublingualis mit einer Watterolle kann man den Austritt von Speichel beobachten und durch Menge und Konsistenz diagnostische Rückschlüsse ziehen.

Bei Verdacht auf eine Unterfunktion der Speicheldrüsen erfolgt die Messung der Speichelfließraten. Die unstimulierte Fließrate beträgt etwa 0,3 bis 0,4 ml pro Minute. Die Schwankungen zwischen Individuen sind allerdings sehr groß und die Fließrate kann auch bei einer gesunden Person während der Lebensdauer deutlich variieren. Als Grenze für eine Unterfunktion der Speicheldrüsen wird meistens eine Fließrate von weniger als 0,1 ml/min definiert. In jüngerer Zeit ist es üblich, von einer Unterfunktion zu sprechen, wenn die Fließrate ca. 50 % unterhalb der Normalwerte liegt. Eine Abnahme der Speichelfließrate um 50 % bei einem Individuum gilt auch als die Grenze, ab der sich üblicherweise Symptome der Mundtrockenheit entwickeln. Die Technik der Messung der unstimulierten und stimulierten Speichelfließrate ist in Kapitel 6.1 beschrieben.

4.3 Auswirkungen von vermindertem Speichelfluss auf die Mundgesundheit

4.3.1 Karies

Als Resultat einer Unterfunktion der Speicheldrüsen steigt das Kariesrisiko, und es entwickeln sich oft neue kariöse Läsionen oder Sekundärkaries auch an eher untypischen Stellen. Verursacht wird dies in der Summe durch eine Verminderung der kariesprotektiven Eigenschaften des Speichels wie besonders der Pufferung von Plaquesäuren, Förderung der Remineralisation sowie der Unterdrückung des ungezügelter Wachstums kariogener Mikroorganismen. Durch ein vermindertes Volumen des Speichels verläuft die orale Clearance stark verzögert, und den kariogenen Bakterien steht für einen längeren Zeitraum Substrat zur Säurebildung zur Verfügung. Bei einer niedrigen Fließrate kann der pH-Wert des Speichels deutlich unter pH 6 liegen und die Pufferkapazität ist aufgrund der niedrigen Bikarbonat-Konzentration sehr gering.

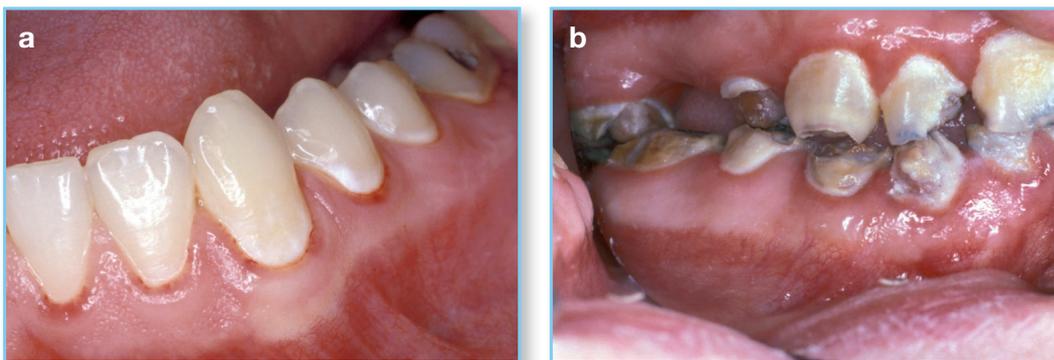


Abb. 11 a, b: Kariesformen bei Hyposalivation.

a) Glattflächenkaries. b) Extreme kariöse Defekte wenige Monate nach einer Strahlentherapie.

Strahlenkaries: Werden im Verlauf einer Strahlentherapie im Kopf-/Halsbereich die Speicheldrüsen so geschädigt, dass der Speichelfluss nahezu gänzlich versiegt, kommt es oft unmittelbar und mit einer raschen Progression zum kariösen Zerfall der Zähne. Diese als „Strahlenkaries“ bezeichnete besondere Kariesform wird auf die Veränderungen im Mundhöhlenmilieu mit stark verminderter Speichelproduktion und vermehrtem Plaquewachstum zurückgeführt und nicht auf eine direkte Schädigung der Zähne durch die Bestrahlung. Der oft dramatische Verlauf einer Strahlenkaries kann innerhalb weniger Monate zu einer vollständigen Zerstörung der Zähne führen. Beim gesunden Patienten kennt man typische Prädilektionsstellen für Karies wie die Fissuren und Approximalflächen. Diesen stehen wenig für Karies anfällige Zähne und Zahnregionen wie die unteren Schneidezähne, die Schneidekanten der Frontzähne und die Höckerspitzen der Molaren gegenüber. Bei der Strahlenkaries können aber alle Zahntypen und alle Zahnflächen gleichermaßen von Karies betroffen sein. Inzisalkanten von Frontzähnen, Höcker von Prämolaren und Molaren, zervikale Regionen der bukkalen Flächen von Frontzähnen sowie ganze Glattflächen von Molaren werden befallen. Hierdurch wird noch einmal nachdrücklich die Bedeutung des Speichels bei der Entstehung von Karies unterstrichen.

Überaus häufig werden zuerst die Glattflächen der Zähne befallen. Läsionen bei den Schneidezähnen haben ihren Ursprung in der zervikalen Region der Labialfläche und breiten sich rasch zirkulär aus. Die Karies unterminiert den gesamten Schmelz, und es kommt zu einem Abspringen des Schmelzmantels bzw. zu einer Fraktur der gesamten Krone.

Typisch ist auch, dass bei der klinischen Untersuchung ganze Glattflächen der Zähne mit der Sonde abgesprengt werden können. Die stark demineralisierten Schneidekanten und Kauflächen unterliegen auch einer sehr raschen Attrition.

Veränderungen der oralen Flora: Besonders bei Patienten mit einer Xerostomie nach Strahlentherapie zeigen sich markante Veränderungen in der Zusammensetzung der bakteriellen Flora im dentalen Biofilm, auf der Zunge und auf den Schleimhäuten. Besonders häufig kommt es zu einer Verschiebung in Richtung einer azidogeneren Flora. So steigt z. B. die Anzahl der Mutans-Streptokokken, der Laktobazillen und der Hefen, während *Streptococcus salivarius* und *sanguis* abnehmen. Zurückgeführt wird dies besonders auf die fehlenden Schutzfaktoren des Speichels. Im Zusammenhang mit einer Strahlentherapie spielt aber auch eine Rolle, dass die betroffenen Personen oft aufgrund einer schmerzhaften Mukositis überwiegend kohlenhydratreiche Schonkost verzehren.

4.3.2 Erosion

Die Zahnerosion wird definiert als oberflächlicher Zahnhartsubstanzverlust, verursacht durch die Einwirkung von exogenen oder endogenen Säuren ohne eine bakterielle Beteiligung. Erosionen gehören zu den nicht kariesbedingten destruktiven Prozessen an Schmelz und Dentin. Der kritische pH-Wert für die Entstehung solcher Zahnhartsubstanzverluste liegt bei 4 bis 4,5. Speichel gilt als der wichtigste biologische Faktor bei der Beeinflussung der Entstehung von Erosionen. Folgende Eigenschaften des Speichels tragen insbesondere zu einem Schutz vor Erosionen bei:

- Verdünnung und Abtransport erosiver Substanzen aus der Mundhöhle
- Neutralisation und Pufferung intrinsischer oder extrinsischer Säuren
- Bildung der schützenden Pellikel auf der Zahnoberfläche
- Bereitstellung von Kalzium-, Phosphat- und Fluorid-Ionen für die Wiedererhärtung

Der Einfluss des Speichels auf den Erosionsprozess wird besonders deutlich, wenn man Ergebnisse von in vitro (ohne Speichel) und in situ (mit Speichel) Erosionsmodellen vergleicht. Die Anwesenheit von Speichel reduziert hier Auftreten und Ausmaß von Schmelzerosionen bis zum Zehnfachen.

Der protektive Effekt des Speichels beginnt schon vor der Einwirkung von Säuren auf den Zahnschmelz. Als Antwort auf extraorale Stimuli wie den Geruch oder den Anblick von Speisen oder Getränken erfolgt eine Stimulation des Speichelflusses. Speziell saure Speisen haben einen starken Einfluss auf eine antizipatorische Erhöhung des Speichelflusses. Zu einer starken Erhöhung des Speichelflusses kommt es aber auch in Erwartung von Erbrechen, wie man es häufig bei Personen sieht, die unter einer Essstörung wie z. B. Bulimie oder Anorexia nervosa leiden. Durch den erhöhten Speichelfluss wird in der Folge der erosive Effekt von Magensäure vermindert. Andererseits kann man bei Patienten mit gastro-oesophagealem Reflux nicht davon ausgehen, dass der Speichelfluss vor der Regurgitation unwillkürlich erhöht wird, weil hier keine Steuerung durch

das autonome Nervensystem erfolgt. Deshalb ist in diesem Fall nicht genügend Zeit, um die Schutzwirkung von erhöhtem Speichelfluss vor der erosiven Attacke durch Magensäure zur Geltung zu bringen.

Wenn Säuren die Mundhöhle erreicht haben, kommen zahlreiche Schutzwirkungen des Speichels zur Geltung. Intraorale Stimuli des Speichelflusses werden hauptsächlich durch chemische und mechanische Stimulation ausgelöst. Potentiell erosive Nahrungsmittel und Getränke, die Zitronensäure oder Apfelsäure enthalten, lösen eine besonders starke Reizantwort aus. Schon wenige auf die Zunge getropfte Tropfen einer 4%igen Zitronensäure können den Speichelfluss um ein Vielfaches erhöhen und damit die Schutzwirkung des Speichels deutlich erhöhen.

Eine erhöhte Speichelfließrate erzeugt Bedingungen, unter denen die Prävention oder Verminderung initialer Erosionsattacken durch einen Anstieg der anorganischen und organischen Bestandteile des Speichels gefördert wird. Von primärem Interesse von den anorganischen Bestandteilen sind beim Erosionsprozess das Bikarbonat- und das Phosphat-Puffersystem sowie Kalzium-, Phosphat- und Fluoridionen, die eine wesentliche Rolle bei der Pufferung von erosiven Säuren und bei der Aufrechterhaltung der Integrität der Zähne haben. Durch die Förderung der Wiedererhärtung nach erosiven Einwirkungen kann unter Umständen der Substanzverlust durch nachfolgende abrasive Einwirkungen vermindert werden. Von den organischen Bestandteilen spielt das Protein-Puffersystem wahrscheinlich eine besonders wichtige Rolle, weil es bei sehr niedrigen pH-Werten (unter 4,5) wirkt, wie sie bei erosiven Prozessen in der Regel vorliegen. Saure Prolin-reiche Proteine und Muzine sind wichtige Bestandteile der Pellikel. Muzine können auch die Abrasion von erodiertem Schmelz vermindern, weil sie einen Gleitfilm bilden. Wenn die beschichtenden Eigenschaften des Speichels fehlen, können vermehrt Abrasionen und Attritionen bei Patienten mit einer Unterfunktion der Speicheldrüsen auftreten.

Bei einer höheren Fließrate steigen sowohl die Pufferkapazität des Speichels wie auch seine Fähigkeit, Säuren von der Zahnoberfläche zu beseitigen. Obwohl berichtet wurde, dass der Abtransport von Säuren aus der Mundhöhle individuell sehr unterschiedlich verlaufen kann, spielen Faktoren wie die Nahrungsmittelkonsistenz und die Lokalisation in der Mundhöhle eine Rolle. Regionen, die nicht gut von Speichel umspült werden oder überwiegend mit mukösem Speichel umspült werden, haben ein höheres Risiko für die Entstehung von Erosionen als Regionen, die gut von serösem Speichel umspült werden. Deshalb sind die fazialen Flächen der oberen Schneidezähne anfälliger für Erosionen als zum Beispiel die lingualen Flächen der unteren Schneidezähne. Die Zeit, die der Speichel braucht, um Säuren auf der Zahnoberfläche zu neutralisieren und/oder zu entfernen, liegt etwa zwischen 2 und 5 Minuten. Die große Spannweite lässt vermuten, dass starke individuelle Variationen hinsichtlich der Puffer- und Klärungskapazitäten bestehen. So konnte bei Personen mit oder ohne Erosionen gezeigt werden, dass nach dem Trinken von Orangensaft der pH-Wert auf der Zahnoberfläche bei den Personen mit Erosionen niedriger war und die Neutralisation länger dauerte.

Durch den häufigen Konsum erosiver Nahrungsmittel entwickeln manche Personen Erosionen, andere aber nicht. Man nimmt an, dass dies neben verhaltensbedingten Ursachen auch durch eine individuell unterschiedliche Zusammensetzung des Speichels und der aus dem Speichel gebildeten Pellikel begründet ist. So konnte z. B. gezeigt werden, dass der Speichel von Personen mit Erosionen die Erweichung von Schmelzproben

schlechter hemmte als Speichel von Personen ohne Erosionen und dass bei Personen mit Erosionen die Menge an Proteinen sowie die Kalziumkonzentration in der Pellikel gegenüber Personen ohne Erosionen deutlich vermindert war.

Die Pellikel auf der Schmelzoberfläche, die als Diffusionsbarriere und semipermeable Membran fungiert, kann unter Umständen einen direkten Kontakt zwischen Säuren und dem Zahnmineral verhindern oder sicher verzögern und dadurch den Schmelz schützen. In zahlreichen in vitro und in situ Studien konnte nachgewiesen werden, dass eine über verschiedene Zeiträume (1-24 Stunden) neu gebildete Pellikel den Zahnschmelz vor erosiven Substanzverlusten durch saure Getränke oder Zitronensäure schützen kann. Eine nur über einen kurzen Zeitraum neu gebildete Pellikel ist allerdings nicht besonders resistent gegen Säuren. Bei rasch wiederholten erosiven Attacken kann deshalb die Schutzwirkung der Pellikel vermindert sein oder entfallen. Eine hinsichtlich der Dicke unterschiedlich ausgeprägte Pellikelbildung im Bereich des Zahnbogens könnte für eine unterschiedliche Verteilung von Erosionen verantwortlich sein. Zahnflächen mit dickerer Pellikel, z. B. die lingualen Flächen der UK-Zähne, weisen eine geringere Erosionsbildung, Zähne mit dünnerer Pellikel, z. B. die palatinalen Flächen der OK-Frontzähne, eine größere Erosionsbildung auf.

Der Einfluss von Speichel auf die Entstehung von Erosionen kann am besten bei Personen gezeigt werden, die unter deutlich vermindertem Speichelfluss leiden. Die Fähigkeit, Säuren zu neutralisieren und aus der Mundhöhle zu beseitigen, ist bei vermindertem Speichelfluss eindeutig reduziert. In mehreren Studien konnten starke Zusammenhänge zwischen niedrigem Speichelfluss und dem Vorkommen von Erosionen gezeigt werden.

4.3.3 Weitere Auswirkungen

Gingivitis: Die Stimulierung des Speichelflusses während einer Mahlzeit trägt dazu bei, die Mundhöhle zu spülen und Speisereste von den Zahnoberflächen zu entfernen. Umgekehrt ist eine Unterfunktion der Speicheldrüsen oft mit einer längeren Haftung von Speiseresten in der Mundhöhle verbunden. Besonders im Approximalraum und unter Zahnersatz lange verbleibende Nahrungspartikel können zur Entstehung und zum Unterhalt einer Gingivitis beitragen. Bei nahezu fehlendem Speichelfluss – wie z. B. nach Strahlentherapie – kann die Mundschleimhaut austrocknen, bekommt Risse und ist extrem anfällig für bakterielle, virale und mykotische Infektionen. Besonders Infektionen mit *Candida albicans* etablieren sich häufiger.

Geschmacksstörungen: Speichel spielt eine sehr wichtige Rolle bei der Geschmacksfunktion. Die Geschmacksträger der aufgenommenen Nahrungsmittel und Getränke werden im Speichel gelöst und vermischt. In dieser gelösten Form ist dann ein idealer Kontakt mit den Geschmacksknospen und folglich eine gute Geschmacksperezeption möglich. Bei vermindertem Speichelfluss wird das Geschmacksempfinden deutlich abgeschwächt.

Dysphagie und Dysphonie: Beschwerden beim Kauen, Schlucken (Dysphagie) und Sprechen (Dysphonie) sind typisch bei Xerostomie. Fast jeder kennt das unangenehme Gefühl, wenn in einer Stresssituation der Mund auf einmal so trocken ist, dass man dringend einen Schluck Wasser braucht, um wieder sprechen zu können. Auch beim Küssen ist ein trockener Mund sehr störend. Die Haftung herausnehmbarer Prothesen

beruht auf einem dünnen Speichelfilm zwischen Mundschleimhaut und Prothese. Ohne diesen Speichelfilm ist keine Haftung möglich und es müssen Haftmittel zum Halt der Prothesen verwendet werden.

Einschränkungen der Lebensqualität: Viele der oralen und pharyngealen Folgen einer Speicheldrüsenunterfunktion und der resultierenden chronischen Mundtrockenheit führen zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität. Besonders bei schon gesundheitlich beeinträchtigten Patienten können Infektionen in der Mundhöhle zu systemischen Erkrankungen führen. Die ausgetrocknete Mundschleimhaut ist sehr anfällig für Verletzungen, welche speziell bei Prothesenträgern sehr schmerzhaft und unangenehme Folgen haben können. Kaustörungen und Schluckbeschwerden können dazu führen, dass es zu einer ungünstigen Veränderung der Ernährungsgewohnheiten kommt. Schwierigkeiten beim Sprechen und Essen können dazu führen, dass soziale Kontakte zunehmend vermieden werden und es zur Vereinsamung kommt.

4.4 Therapie

Voraussetzung für jede Form der Therapie ist zuerst einmal eine möglichst genaue Diagnose. Häufig muss dies multidisziplinär erfolgen, besonders bei älteren multimorbiden Patienten. Allen Betroffenen kann empfohlen werden zu beachten, dass ausreichend getrunken wird (vorzugsweise Wasser) und dass Gewohnheiten aufgegeben oder vermindert werden, die eine Xerostomie verstärken, wie Rauchen und Mundatmung.

Allgemeine Maßnahmen: Grundsätzlich stehen am Anfang jeder zahnärztlichen Behandlung die Beseitigung akuter Schmerzen und die Restaurierung erkrankter Zähne. Gleich zu Beginn sollte aber auch mit Nachdruck eine möglichst gute Mundhygiene etabliert werden. Dies ist von höchster Wichtigkeit, da ein verminderter Speichelfluss oft mit einer besonders aggressiven Mundflora einhergeht.

Als Basismaßnahme sollten zu Beginn und nachfolgend je nach Bedarf professionelle Zahnreinigungen durchgeführt werden, die ebenfalls je nach Bedarf durch Remotivierungen ergänzt werden. In schweren Fällen, z.B. während und nach einer Strahlentherapie, sind antibakteriell wirksame Mundspüllösungen (z. B. Chlorhexidindigluconat-Lösung) einzusetzen.

Da das Kariesrisiko bei einer Unterfunktion der Speicheldrüsen erhöht ist, sind konsequente Fluoridierungsmaßnahmen unabdinglich. Neben der regelmäßigen Anwendung einer fluoridhaltigen Zahnpaste wird die tägliche Anwendung einer Fluorid-Mundspüllösung oder wöchentliche Anwendung eines Fluorid-Gels empfohlen. Bei einer Strahlentherapie hat sich zur Verhütung der Strahlenkaries die tägliche Anwendung von hochkonzentrierten Fluorid-Gelen mit Hilfe individueller Medikamententräger oder Fluorid-Mundspüllösungen bewährt.

Basismaßnahmen bei Xerostomie:

- Instruktion und Motivation zur optimalen Mundhygiene
- Professionelle Zahnreinigungen nach Bedarf (verkürzte Intervalle)
- Versorgung kariöser Läsionen und Ersatz imperfekter Restaurationen
- Parodontalbehandlung
- Infektionsbekämpfung und Kontrolle z.B. mit CHX-Präparaten
- Ernährungsanamnese und Beratung
- Fluoridierungsmaßnahmen (F-Zahnpasta, F-Gele, F-Spüllösungen)

Pharmakologische Stimulation des Speichelflusses:

Die pharmakologische Stimulation des Speichelflusses ist nur möglich, wenn zumindest noch eine Restaktivität der Speicheldrüsen verblieben ist und die Ursache der Unterfunktion bekannt ist. Die Verordnung geeigneter Medikamente erfolgt in der Regel durch den Hausarzt oder zumindest in Absprache mit dem Hausarzt. Angeregt werden kann der Speichelfluss z. B. mit den Wirkstoffen Pilocarpin oder Cevimelin. Beide Wirkstoffe sind Parasympathomimetika mit milden Beta-adrenergen Eigenschaften. Pilocarpin wurde von der US Food and Drug Administration anerkannt für die Behandlung von Xerostomie und Speicheldrüsenunterfunktion bei Patienten mit Sjögren-Syndrom und bei Patienten mit einer Strahlentherapie im Kopf-/Halsbereich. Pilocarpin wird typischerweise in einer Dosierung von 5 bis 10 mg oral dreimal täglich verordnet, wobei Cevimelin (30 mg oral 3-mal täglich) eine geringere (kardiale) M₂-Rezeptoraktivität entfaltet als Pilocarpin und eine längere Halbwertszeit hat. Da verschiedene Nebenwirkungen auftreten können, ist diese Therapieform nur für eine kleine Gruppe von Patienten geeignet.

Lokale Stimulation des Speichelflusses:

Solange noch funktionsfähiges Drüsengewebe vorhanden ist, ist eine lokale Stimulation des Speichelflusses die Methode der Wahl. Speicheldrüsen reagieren mit einer erhöhten Produktivität auf Geschmacks- und Geruchsreize sowie auf mechanische Reize der Mundschleimhaut sowie den Kauakt. Leeres Kauen ohne mastikatorisch-gustatorische Stimulation führt allerdings zu keiner Anregung des Speichelflusses.

Zur Förderung der Kauaktivität soll den Patienten, sofern ihnen dies möglich ist, der häufige Verzehr faserreicher, kauaktiver Nahrung empfohlen werden. So ist zumindest zu den Zeitpunkten der Einnahme von Mahlzeiten sichergestellt, dass der Speichelfluss angeregt wird. Über den Tag gesehen kann dies aber nicht zu einer ausreichenden Erleichterung führen. Zwischen den Mahlzeiten kann der Speichelfluss z. B. durch Essen, Trinken oder Lutschen stark saurer Produkte angeregt werden. Hierbei kann aber unter Umständen bei häufiger Anwendung die Gefahr der Entstehung von Erosionen bestehen und besonders Zitronensäure kann auch zu Reizungen der empfindlichen Mundschleimhaut führen.

Die praktikabelste und effektivste Möglichkeit zur lokalen Stimulation ist das Kaugummikauen. Da das Kariesrisiko bei Patienten mit Hyposalivation erhöht ist, sollten grundsätzlich zuckerfreie Produkte empfohlen werden. Zur größten Steigerung der Speichelfließrate kommt es beim Kauen von Kaugummi mit Geschmacksstoffen. In einer Studie fanden Dawes und Macpherson zu Beginn der Stimulation für Kaugummis mit Geschmacksstoffen eine Erhöhung der Speichelfließrate um etwa das 10-Fache, für Kaugummimasse ohne Geschmack nur eine Erhöhung um etwa das 5-Fache. Nach 20 Minuten Kauen war die Fließrate immer noch 2,7-fach gegenüber der unstimulierten Fließrate erhöht. (Abb. 12)

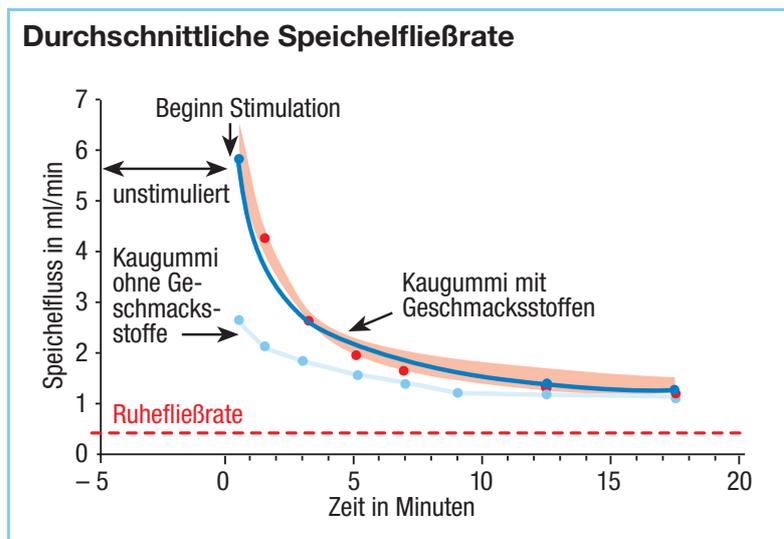


Abb. 12: Speichelfließrate während 20-minütigem Kauen eines zuckerfreien Kaugummis mit Geschmacksstoffen. (Dawes and Macpherson, 1992)

Selbst bei zweistündigem Kaugummikauen konnte über den gesamten Zeitraum ein gegenüber dem Ruhespeichel erhöhter Speichelfluss nachgewiesen werden. Ebenfalls erhöht war über den gesamten Zeitraum von zwei Stunden der pH-Wert des Speichels. (Dawes und Kubieniec, 2004)

Die Empfehlung, mehrmals am Tag zuckerfreien Kaugummi zu kauen, wird deshalb in der Literatur insgesamt als besonders effektiv und bestens geeignet beschrieben. Wenn Patienten Kaugummikauen nicht akzeptieren, können alternativ zuckerfreie Bonbons empfohlen werden, die den Speichelfluss für mehrere Minuten um etwa das 4- bis 5-Fache steigern. Weniger effektiv, aber auch in gewissem Maß nützlich, ist das Kauen von Paraffinwachs oder das Lutschen von harten Obst- oder Olivenkernen. Berichtet wurde in der Literatur auch über eine Anregung der Speichelsekretion durch Akupunktur. Erste Resultate waren positiv, zeigten aber eine starke Abhängigkeit vom Individuum und lassen noch keine endgültige Beurteilung zu.

Symptomatische Therapiemaßnahmen:

Wenn eine Stimulation des Speichelflusses nicht mehr möglich ist, werden zur Linderung der Beschwerden bei einer Xerostomie komplexe Speichelerersatzstoffe, so genannter künstlicher Speichel, sowie die verschiedensten Lösungen zur Benetzung und Beschichtung der Mundschleimhaut empfohlen. Die einfachste Empfehlung für die Patienten ist, immer eine Wasserflasche mitzuführen und häufig in kleinen Schlucken Wasser zu trinken. Alternativ werden auch reizlose Mundwasser, Natriumbikarbonatlösung, Olivenöl, Glycerin oder vergleichbare andere Lösungen empfohlen. Die praktikabelste Methode, die sich am besten bewährt hat, ist sicherlich die häufige Benetzung der Mundschleimhaut mit Wasser.

Mit künstlichem Speichel wird versucht, zumindest einige der wichtigen Eigenschaften des natürlichen Speichels zu simulieren. Die wenigsten Präparate enthalten jedoch Kalzium, Phosphat und andere Ionen in einer dem natürlichen Speichel vergleichbaren Konzentration und haben daher in verschiedenen Studien nur unzureichende remineralisierende Eigenschaften gezeigt. Um eine länger anhaltende Beschichtung der Mundschleimhaut zu erzielen, wird als Basisstoff zumeist Carboxymethylcellulose als Verdickungsmittel verwendet. Im Vergleich zum natürlichen Speichel ist die Viskosität dieser Produkte aber höher. Eine bessere Anpassung an die viskoelastischen Eigenschaften des Speichels lässt sich durch Verwendung von tierischem Muzin erreichen. Speichelerersatzstoffe auf der Basis von Muzin schneiden deshalb bei vergleichenden Studien zumeist am besten ab. Aufgrund des Geschmacks, der manchmal umständlichen Anwendung und letztlich auch der Kosten wenden sich manche Patienten aber wieder vom Gebrauch der Speichelerersatzstoffe ab und kehren zur Verwendung von Wasser zurück.

5 Auswirkungen des Speichelflusses auf den Plaque-pH-Wert

Die Menge und die Zusammensetzung des Speichels haben erheblichen Einfluss auf den Verlauf des Plaque-pH-Wertes nach dem Verzehr einer kariogenen Mahlzeit. Der typische zeitliche Verlauf des pH-Werts in der Plaque nach Zuckergabe wird als Stephan-Kurve bezeichnet.

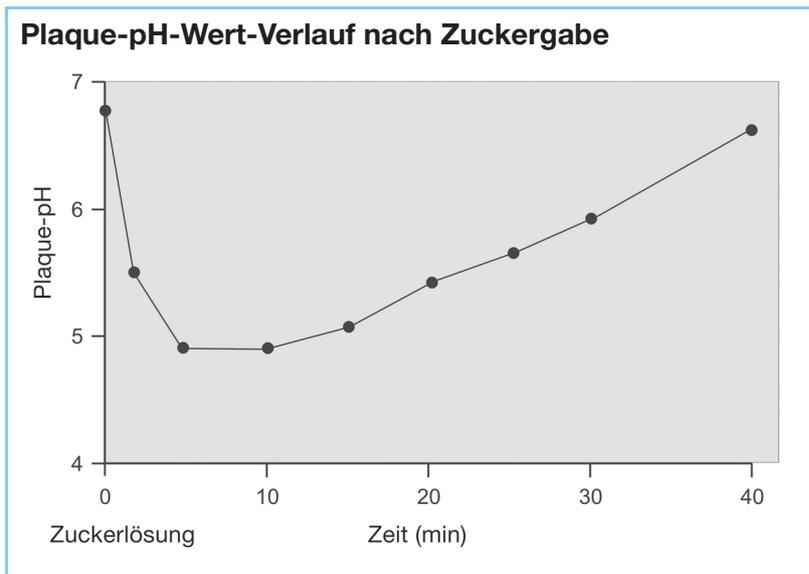


Abb. 13: Stephan-Kurve – pH-Wert-Verlauf in der Plaque nach einer Spülung mit einer 10% Zuckerlösung. (Edgar and Higham, 2004)

Der pH-Wert ruhender Plaque liegt durchschnittlich zwischen pH 6 und pH 7. Wenige Minuten nach dem Verzehr fermentierbarer Kohlenhydrate kommt es durch die Produktion von organischen Säuren rasch zu einem Abfall des pH-Werts, wobei etwa nach fünf bis zehn Minuten ein Minimum erreicht wird. Anschließend steigt der pH-Wert langsam wieder an und erreicht nach 30–60 Minuten oder sogar einem noch längerem Zeitraum wieder den Ausgangswert.

Der Abfall des pH-Werts in einer Plaque wird in der Hauptsache durch folgende Faktoren bestimmt:

- Zusammensetzung, Dicke und Alter der Plaque
- Art der aufgenommenen fermentierbaren Kohlenhydrate
- Pufferkapazität des unstimulierten Speichels

Der Minimum-pH-Wert korrespondiert mit der höchsten Laktat-Konzentration in der Plaque. Beim Unterschreiten des sogenannten kritischen pH-Werts kommt es zu einer Demineralisation der Zahnhartsubstanz. Der kritische pH-Wert für Zahnschmelz liegt bei pH 5,2 bis 5,7. Dies ist der Grenzwert, unterhalb dessen Speichel und Plaquefluid nicht mehr in Bezug auf Schmelzmineral (Hydroxylapatit) gesättigt sind. Es ist zu beachten, dass der kritische pH-Wert von Patient zu Patient variieren kann. Entscheidend für das resultierende Ausmaß der Demineralisation ist, wie lange der Plaque-pH-Wert unterhalb der kritischen Grenze bleibt.

Die Geschwindigkeit der Neutralisation des pH-Werts hängt in der Hauptsache von der Dauer der Säureproduktion der Bakterien und der Pufferkapazität des Speichels ab. Die Dauer der Säureproduktion wird wiederum auch durch Speichelfaktoren mitbestimmt. Die Spüleigenschaften des Speichels tragen entscheidend dazu bei, wie lange Nahrungsmittelpartikel nach einer Mahlzeit in der Mundhöhle verweilen und den Plaquebakterien als Substrat dienen können. Je höher die Speichelfließrate ist, desto schneller erfolgt eine Klärung der Mundhöhle. Patienten mit einer hohen Klärungsrate haben deshalb einen flacheren Verlauf der Stephan-Kurve. Patienten mit einer niedrigen Klärungsrate, wie typischerweise Patienten mit Hyposalivation, haben einen tieferen Verlauf der Stephan-Kurve mit einem längeren Zeitraum der Unterschreitung des kritischen pH-Werts.

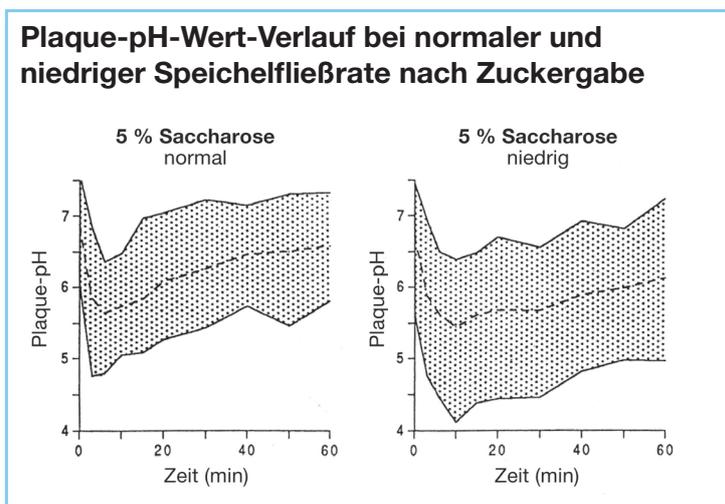


Abb. 14: Individuelle Variationen des Plaque-pH-Werts bei Personen mit normaler und niedriger Speichelfließrate nach Spülung mit fünf % Zuckerlösung. (Edgar and Higham, 2004)

Da also verschiedene Speichelfaktoren entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der Stephan-Kurve haben, wurde intensiv untersucht, welchen Effekt eine Stimulation des Speichelflusses nach Verzehr einer kariogenen Mahlzeit hat. Angeregt werden kann der Speichelfluss durch starke geschmackliche Reize wie z. B. den Verzehr von Käse, durch Kauen alleine oder durch eine Kombination aus mastikatorischem und gustatorischem Reiz. Abb. 15 zeigt Plaque-pH-Wert-Kurven nach Spülung allein mit einer Zuckerlösung und nach direkt anschließendem Kauen auf Paraffinwachs oder einem Stück Cheddar-Käse.

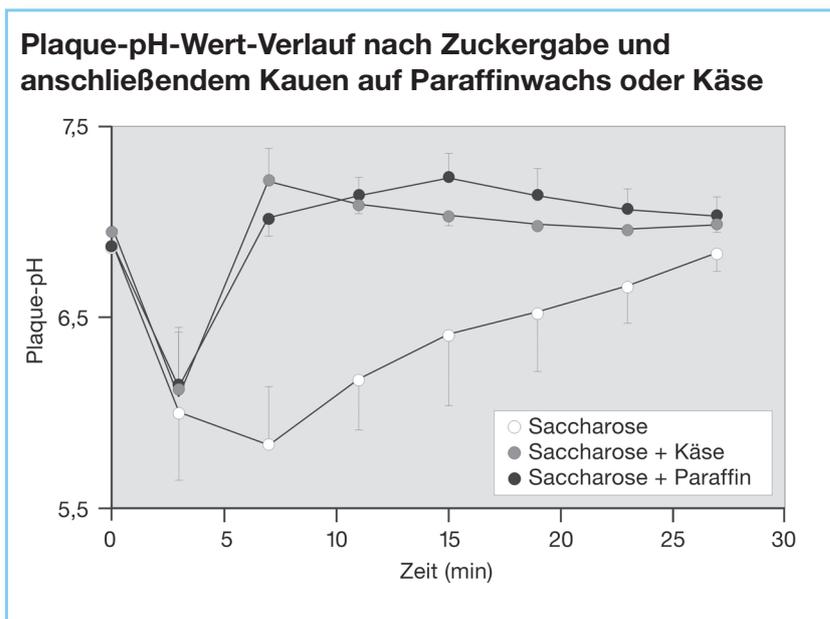


Abb. 15: Plaque-pH-Wert-Kurven nach Spülung allein mit einer Zuckerlösung und nach direkt anschließendem Kauen auf Paraffinwachs oder einem Stück Cheddar-Käse. (Edgar and Higham, 2004)

Durch Stimulation des Speichelflusses kommt es zu einer raschen Neutralisation der Plaquesäuren. Wie schon beschrieben wird dies in der Hauptsache durch die um ein Vielfaches bessere Pufferwirkung von stimuliertem gegenüber unstimuliertem Speichel und den höheren pH-Wert von stimuliertem Speichel erklärt. Durch die Neutralisation und den Zustrom von Speichel wird eine Remineralisation des zuvor demineralisierten Schmelzes ermöglicht. Der pH-Wert bleibt solange im neutralen Bereich, wie der Speichelfluss stimuliert wird.

In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Stimulation des Speichelflusses durch das Kauen von zuckerfreiem Kaugummi am praktikabelsten und effektivsten ist. Zucker enthaltende Kaugummis tragen solange zur Erhöhung des Angebots fermentierbarer Kohlenhydrate bei, bis der Zucker herausgekaut ist. Wird dann weitergekaut, entspricht die Wirkung einem zuckerfreien Kaugummi.

Häufiges Kaugummikauen über einen längeren Zeitraum soll auch zu einer funktionellen Verbesserung der Speichelsekretion nach Stimulation führen. Dodds et al. (1991) führten eine Studie bei gesunden Erwachsenen durch und fanden nach einer zweiwöchigen Periode sehr häufigen Kaugummikauens eine Erhöhung des pH-Wertes und der Pufferkapazität von unstimuliertem Gesamtspeichel und eine Erhöhung der Fließrate, des pH-Wertes und der Pufferkapazität von isoliertem Parotisspeichel. Nach einer zweiminütigen Saccharosespülung sank der Plaque-pH-Wert im Zeitverlauf nicht mehr so tief ab wie vor der Kaugummiperiode. Der Effekt wurde auf eine Zunahme der Speicheldrüsenfunktion, speziell der Gl. parotis, zurückgeführt.

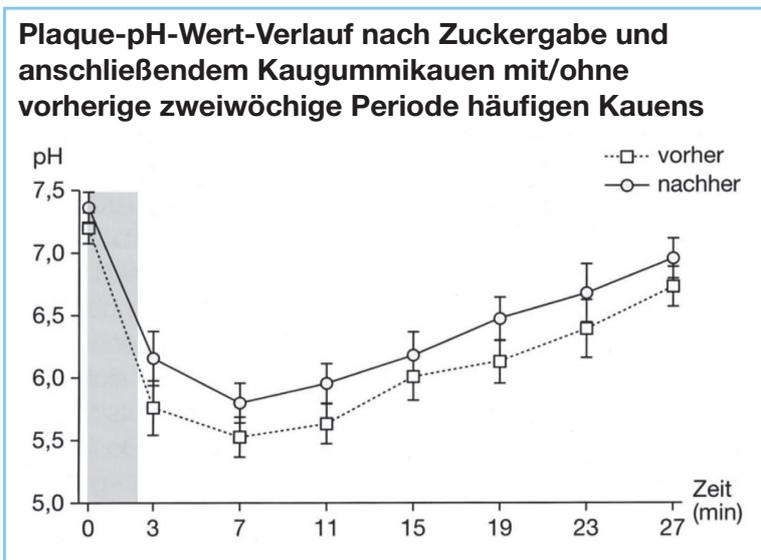


Abb. 16: Stephan-Kurve nach einer zweiminütigen Spülung mit 10 %iger Saccharoselösung vor und nach einer zweiwöchigen Periode häufigen Kauens von zuckerfreiem Kaugummi. (Dodds et al., 1991)

Aus einigen Studien bei Patienten mit Hyposalivation ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass durch häufiges Kaugummikauen eine funktionelle Verbesserung der Speichelsekretion erreicht werden kann.

Kariesprävention durch Anregung des Speichelflusses:

Die Mundgesundheit von Patienten mit einer Hyposalivation wie auch von gesunden Personen kann von einer regelmäßigen Stimulation des Speichelflusses profitieren. Als Stimulans hat sich zuckerfreies Kaugummi besonders gut bewährt, da durch Kaugummikauen der Speichelfluss über einen langen Zeitraum erhöht werden kann.

Es ist gut dokumentiert, dass Kaugummikauen nach einer Mahlzeit die Kariogenität der Nahrungsmittel reduziert. Mit Hilfe intraoraler Kariesmodelle konnte gezeigt werden, dass Kaugummikauen die Remineralisation von künstlichen kariösen Läsionen deutlich unterstützt. In klinischen Studien konnte gezeigt werden, dass durch Kauen von zuckerfreiem Kaugummi nach Mahlzeiten und nach Snacks der Kariesbefall um zehn bis zu 40 % reduziert werden kann.

6 Speichel als diagnostische Flüssigkeit

6.1 Messung der Speichelfließrate

Es wird unterschieden zwischen der unstimulierten und der stimulierten Speichelfließrate. Für die Messung der Speichelfließrate benötigt man nur einen Trichter, in den der Patient hineinspucken kann, ein skaliertes Reagenzröhrchen zum Sammeln des Speichels und zum Ablesen der Menge sowie eine Paraffinkautablette (im Dentalhandel erhältlich).



Abb. 17: Einfaches Set zum Bestimmen der Speichelfließrate: Kunststofftrichter, skaliertes Reagenzröhrchen, Paraffinkautablette und Stoppuhr.

- unstimulierte Speichelfließrate:

Die Messung sollte immer unter standardisierten Bedingungen erfolgen. Da die Fließrate im Tagesverlauf Schwankungen unterworfen ist, sollte am besten die Messung immer vormittags zwischen 9 und 11 Uhr erfolgen. Mindestens 60 Minuten vor der Messung sollte der Patient nicht essen, trinken, rauchen oder Mundhygienemaßnahmen durchführen. Der Patient soll in einem ruhigen Raum sitzen und den Kopf leicht nach vorne beugen. Direkt vor Beginn der eigentlichen Messung soll der in der Mundhöhle vorhandene Speichel geschluckt werden.

Über einen Zeitraum von fünf Minuten lässt der Patient den Speichel ohne mechanische Bewegungen in ein geeignetes Sammelgefäß tropfen. Der zum Ende der Zeit noch in der Mundhöhle vorhandene Speichel wird in das Sammelgefäß gespuckt. Dann wird die Menge gemessen und daraus die Fließrate pro Minute errechnet.

- *stimulierte Speichelfließrate:*

Die Messung sollte mindestens 60 Minuten nach dem Einnehmen einer Mahlzeit stattfinden. Üblicherweise lässt man den Patienten zur Stimulation des Speichelflusses auf einem Stück Paraffinwachs oder geschmacksneutraler Kaugummimasse (ca. ein bis zwei Gramm) kauen. Nach etwa einer Minute schluckt der Patient den vorhandenen Speichel und die Messung beginnt. Der Patient kaut für fünf Minuten mit etwa einer Kaubewegung pro Sekunde. Der gesamte produzierte Speichel wird in ein geeignetes Gefäß gespuckt. Dann wird die Menge gemessen und daraus die Fließrate pro Minute errechnet.

6.2 Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels

Die bekannteste Methode zur Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels wurde schon 1959 von Ericsson beschrieben. Hierbei wird 1 ml stimulierter Speichel mit 3 ml einer 0,005 molaren Salzsäure gemischt. Der pH-Wert der Lösung wird nach zehn Minuten mit einem Farbindikator oder einer pH-Elektrode gemessen.

Für eine vereinfachte Messung stehen Teststreifen (Dentobuff® Strip) zur Verfügung, die mit Säure und einem pH-Indikator präpariert sind. Durch Farbvergleich kann die Pufferkapazität ermittelt werden. Das Testsystem unterscheidet zwischen niedriger ($\leq 4,0$), mittlerer (4,5 bis 5,5) und hoher ($\geq 6,0$) Pufferkapazität.

Eine einfache pH-Wert-Messung des Speichels ist wenig aussagekräftig, da der Speichel mit zunehmender Sekretionsgeschwindigkeit alkalischer wird.

6.3 Mikrobielle Speicheltests

Mikrobielle Speicheltests werden zur Einschätzung des individuellen Kariesrisikos und zur Motivation der Patienten durchgeführt. Die Tests basieren darauf, dass sich die Gesamtmenge der Bakterien auf den Zahnoberflächen relativ gut im Speichel widerspiegelt.

Am häufigsten werden einfach zu handhabende Tests zur Bestimmung der Streptococcus-mutans- und Laktobazillenzahl im Speichel verwendet. Einfache Testverfahren gibt es auch zur Bestimmung von Candida im Speichel. Eine Speichelprobe wird auf einen Träger aufgebracht, der mit einem selektiven Nährmedium beschichtet ist. Nach entsprechender Bebrütung findet ein optischer Vergleich mit einem Standard statt. Die Einteilung erfolgt grob in vier Klassen entsprechend den Kolonien bildenden Einheiten (kbE) je ml Speichel. Als Schwellenwert für eine besondere Kariesgefährdung wird zu meist ein Wert von 250.000 kbE Mutans-Streptokokken pro ml Speichel angenommen. Ein besonders hohes Kariesrisiko sieht man bei Werten über eine Million kbE pro ml Speichel. Hohe Laktobazillenwerte gelten als Zeichen für einen hohen und häufigen Kohlenhydratkonsum und damit wieder indirekt als Indikator für ein hohes Kariesrisiko.

6.4 Bewertung von Speicheltests

Es ist unstrittig, dass ein Zusammenhang zwischen Speichelfluss und dem Vorkommen von Karies besteht. Zweifelsfrei wird dies belegt durch den extremen Anstieg des Kariesrisikos bei Patienten mit sehr geringem oder gar keinem Speichelfluss. Schwer nachzuweisen ist allerdings eine generelle lineare Beziehung zwischen Speichelfließrate und Kariesbefall. Dies liegt daran, dass auch zahlreiche andere Faktoren das Kariesrisiko mitbestimmen und die Sekretionsraten individuell sehr unterschiedlich sein können. So wurden z. B. für den unstimulierten Speichelfluss bei gesunden Probanden Fließraten in einem Bereich von 0,1 bis 1,5 ml/min beschrieben. Im Rahmen von Tests wird deshalb in der Regel eine Grenze festgelegt, die sich am wissenschaftlichen Kenntnisstand orientiert. Als übliche Grenzwerte für ein erhöhtes Kariesrisiko werden eine Sekretionsrate von $\leq 0,1$ ml/min für den unstimulierten und von $\leq 0,7$ ml/min für den stimulierten Speichelfluss festgesetzt.

Die Pufferkapazität des Ruhespeichels sorgt dafür, den pH-Wert im Speichel nahezu neutral zu halten, und die hohe Pufferkapazität des stimulierten Speichels trägt wesentlich dazu bei, in der Plaque anfallende Säuren zu neutralisieren. In Studien konnte man allerdings zumeist keine oder nur schwache Korrelationen zwischen der Pufferkapazität des Speichels und dem Kariesbefall nachweisen. Die Ergebnisse eines Tests der Pufferkapazität des Speichels sollten für sich allein gesehen deshalb keinesfalls überbewertet werden. Wenn Testergebnisse für die Pufferkapazität mit den Ergebnissen mikrobieller Speicheltests kombiniert werden, konnten zumindest schwache Korrelationen zum Kariesbefall gefunden werden.

Das Resultat eines mikrobiellen Speicheltests liefert Informationen zur aktuellen Situation des Patienten. Hohe Laktobazillenzahlen weisen auf einen momentan hohen Verzehr von Kohlenhydraten hin und sind auch oft mit dem Vorhandensein von offenen kariösen Läsionen verbunden. Mutans-Streptokokken stehen in engem Zusammenhang mit der Kariesinitiation und wohl auch mit der Kariesprogression. Das Testergebnis lässt sich relativ sicher nur in einer Richtung interpretieren: Patienten mit geringen Keimzahlen im Speichel haben eine geringere Wahrscheinlichkeit, eine Karies zu entwickeln, als solche mit hohen Keimzahlen. Insgesamt sind die Speicheltests nur mit starken Einschränkungen dazu geeignet, das aktuelle und zukünftige Kariesrisiko zu ermitteln. Einen hohen Stellenwert haben aber die mikrobiellen Speicheltests zur Motivation und Remotivation der Patienten im Rahmen von individualprophylaktischen Maßnahmen.

6.5 Ausblick

Speichel steht jederzeit für eine nicht-invasive Probenentnahme zur Verfügung. Anhand von Speichelproben kann z. B. die Konzentration von Hormonen oder von Medikamenten einfach überwacht werden. Bisher werden diese Möglichkeiten zwar noch wenig genutzt, aber Entwicklungen dieser Methoden werden vielerorts weitergeführt.

7 Relevanz in der Praxis

Die Schutzmechanismen des Speichels zu nutzen ist Bestandteil der sieben grundlegenden Empfehlungen zur Kariesprävention bei bleibenden Zähnen, wie sie in der inzwischen aktualisierten S3-Leitlinie (gültig bis 2030) konsentiert wurden (Abb. 18). Durch das Kauen von zuckerfreiem Kaugummi wird der Speichelfluss angeregt, was insbesondere nach Mahlzeiten kariespräventiv wirkt, wie in den Kapiteln 3 bis 5 aufgezeigt wurde.

Dies ist – neben dem Zähneputzen mit fluoridhaltiger Zahnpasta und möglichst geringem Zuckerkonsum – eine der drei Empfehlungen, die es gilt, den Patientinnen und Patienten in der Praxis zur täglich eigenständigen Umsetzung zu erklären und weiterzugeben. Die Umsetzung der weiteren vier erfolgt je nach individueller Diagnose in der zahnärztlichen Praxis bzw. in Abstimmung mit dem Zahnarzt.

Wissenschaftliche Leitlinie: 7 Punkte zur Kariesprophylaxe

Jeden Tag	In Abstimmung mit der Praxis
 <p>2x täglich mit fluoridhaltiger Zahnpasta Zähne putzen</p>	 <p>Prophylaxeprogramme wahrnehmen</p>
 <p>Zuckeraufnahme möglichst gering halten</p>	 <p>Weitere Fluoridierungsmaßnahmen</p>
 <p>Nach Mahlzeiten zuckerfreien Kaugummi kauen</p>	 <p>Bei Bedarf: Chlorhexidin-Lack mit mindestens 1% CHX anwenden</p>
 	 <p>Versiegelung kariesgefährdeter Fissuren</p>

Abb. 18: Auf einen Blick – der 7-Punkte-Plan der S3-Leitlinie „Kariesprävention bei bleibenden Zähnen – grundlegende Empfehlungen“

8 Literaturverzeichnis

Der vorliegende Text basiert auf dem Buch: *Saliva and Oral Health*. 3rd Edition. Edited by M. Edgar, C. Dawes and D. O'Mullane. Published by the British Dental Association, London 2004

Contents: H. Whelton: Introduction: the anatomy and physiology of salivary glands. P.M. Smith: Mechanisms of salivary secretion. C. Dawes: Factors influencing salivary flow rate and composition. J.A. Ship: Xerostomia: aetiology, diagnosis, management and clinical implications. C. Dawes: Salivary clearance and its effects on oral health. M.E. Edgar and S.M. Higham: Saliva and the control of plaque pH. J. Tenovuo: Protective functions of saliva. J.M. ten Cate: The role of saliva in mineral equilibria – caries, erosion and calculus formation.

Literaturnachweise von zusätzlich verwendeten Quellen

- Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM, Milosevic A: Thickness of acquired salivary pellicle as a determinant of the sites of dental erosion. *J Dent Res* 78, 1821–1828 (1999)
- Bardow A, Moe D, Nyvad B, Nauntofte B: The buffer capacity and buffer systems of human whole saliva measured without loss of CO₂. *Arch Oral Biol* 45, 1 (2000)
- Blom M, Dawidson BDS, Angmar-Mansson B: The effect of acupuncture on salivary flow rates in patients with xerostomia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 73, 293 (1992)
- Carpenter G et al.: Composition of enamel pellicle from dental erosion patients. *Caries Res* 48, 361–367 (2014)
- Dawes C, Macpherson LMD: Effect of nine different chewing-gums and lozenges on salivary flow rate and pH. *Caries Res* 26, 176 (1992)
- Dawes C, Kubieniec K: The effects of prolonged gum chewing on salivary flow rate and composition. *Arch Oral Biol* 49, 665 (2004)
- Dawes C, Pedersen AM, Villa A et al.: The functions of human saliva: A review sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. *Arch Oral Biol* 60, 863–74 (2015)
- 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)
- Hellwig E, Lussi A, Goetz F: Influence of human saliva on the development of artificial erosions. *Caries Res* 47, 553–558 (2013)
- Lussi A et al.: Clinical study monitoring the pH on tooth surfaces in patients with and without erosions. *Caries Res* 46, 507–512 (2012)
- Manthorpe R, Manthorpe T: Das primäre Sjögren-Syndrom – Epidemiologie und Prognose. *Akt Rheumatol* 30, 27 (2005)
- Nieuw Amerongen AV, Bolscher JGM, Veerman ECI: Salivary proteins: protective and diagnostic value in cariology? *Caries Res* 38, 247 (2004)
- Percival RS, Challacombe SJ, Marsh PD: Flow rates of resting whole and stimulated parotid saliva in relation to age and gender. *J Dent Res* 73; 1416 (1994)
- Wetton S, Hughes J, Newcombe RG, Addy M: The effect of saliva derived from different individuals on the erosion of enamel and dentine. *Caries Res* 41, 423–426 (2007)

Übersichtsarbeiten

- Brand HS, Ligtenberg AJ, Veerman EC: Saliva and wound healing. *Monogr Oral Sci* 24, 52–60 (2014)
- Buzalaf MAR, Hannas AR, Kato MT: Saliva and dental erosion. *J Appl Oral Sci* 20, 493– 502 (2012)
- Edgar WM: Sugar substitutes, chewing gum and dental caries-a review. *Br Dent J* 184, 29 (1998)
- Fox PC: Salivary enhancement therapies. *Caries Res* 38, 241 (2004)
- Garant PR: Salivary glands. In: Garant PR, Oral cells and tissues, pp 239–269. Quintessence Publishing 2003
- Geurtsen W, Hellwig E, Rupf S, Schlüter N: Kariesprävention bei bleibenden Zähnen – grundlegende Empfehlungen. S3-Leitlinie, AWMF-Registernummer: 083-021, gültig von Januar 2025 bis Januar 2030
- Kielbassa AM, Schilli K: Betreuung des tumortherapeutisch bestrahlten Patienten aus Sicht der Zahnerhaltung. *Zahnärztl Mitt* 87, 58 (1997)
- Lussi A (ed.): Dental erosion. From diagnosis to therapy. Monographs in oral science. S. Karger, Basel 2006
- Meyer-Lückel H, Kielbassa A: Speichelersatzmittel zur Behandlung der Hyposalivation. *Zahnärztl Mitt* 93, 38 (2003)
- Nauntofte B, Tenovuo JO, Lagerlöf F: Secretion and composition of saliva. In: Fejerskov O, Kidd E (Eds) *Dental Caries. The disease and its clinical management*. pp 7–28. Blackwell Munksgaard, Oxford 2003
- Nieuw Amerongen AV, Veerman ECI: Saliva – the defender of the oral cavity. *Oral Diseases* 8, 12 (2002)
- Dodds MWJ, Johnson DA, Yeh CK: Health benefits of saliva: a review. *J Dent* 33, 223 (2005)
- Smith DJ, Taubman MA: Emergence of immune competence in saliva. *Crit Rev Oral Biol Med* 4, 335 (1993)
- Sreebny LM: Saliva in health and disease: an appraisal and update. *Int Dent J* 50,146 (2000)
- Tredwin CJ, Scully C, Bagan-Sebastian JV: Drug-induced disorders of teeth. *J Dent Res* 84, 596 (2005)
- Zero DT, Lussi A: Erosion – chemical and biological factors of importance to the dental practitioner. *Int Dent J* 55, 285–290 (2005)

9 Glossar

A

Abfraktion	Absplitterung
Abrasion	mechanischer Abrieb von Hartsubstanz
Acini	mikroskopische traubenförmige Drüsenteile
Adenom	gutartige epitheliale Neubildung innerhalb drüsiger Organe
Aerobier	Bakterien, die Sauerstoff vertragen und dadurch maximale Energie aus der Nahrung gewinnen
Ätiologie	Ursache einer Erkrankung
Aggregation	Anhäufung, Ansammlung
Alkoholabusus	Missbrauch von Alkohol
Aminfluorid	organische Fluoridverbindung in Zahnpasten, Gelen und Touchierlösungen
Amylase	Enzym zum Abbau von Stärke
Anaerobier	Bakterien, die Sauerstoffzufuhr nicht überleben
Anorexia nervosa	Magersucht
Antagonist	Gegenspieler (in der Zahnmedizin: Gegenzahn)
antimikrobiell	die Vermehrungsfähigkeit oder Infektiosität von Mikroorganismen hemmend
Anxiolytikum	angstlösendes Medikament
apathogen	nicht krankmachend
Apatit	besondere Kristallform von Kalziumphosphat (Hauptbestandteil des Schmelzes)
artifiziert	künstlich
Attrition	Abrieb, Abkautung
Azidität	Säuregehalt (Protonenkonzentration) einer Flüssigkeit; Maß für die Fähigkeit einer Flüssigkeit, Protonen abzugeben

B

bakterizid	keimtötend
Bruxismus	Pressen, Knirschen
bukkal	zur Wange zeigend
Bulimie	krankhafter Heißhunger, Fressorgien mit darauf folgendem selbstausgelöstem Erbrechen

C

Candidiasis	Infektion der (Mund-)Schleimhaut mit Hefepilzen, auch als Soor bezeichnet
Chelatbildner, Chelator	Komplexbildner
chromogen	farbstoffbildend
chronisch	dauerhaft, langwierig
Clearance	Abtransport

D

Dehydration	Wasserverlust
Demastikation	Abschleifung durch Nahrungsmittel während des Kauvorgangs, Abkautung
Demineralisation	Entzug von Mineralstoffen
Dentin	Zahnbein
destruktiv	zerstörerisch
diffundieren	ausströmen, sich verbreiten

E

Effizienz	Nutzen, der im Verhältnis zum Aufwand erzielt wird
endogen	im Körper entstehend
endokrin.	auf das Hormonsystem bezogen
Erosion	Ätzläsion durch chronische Einwirkung von Nahrungssäuren
exogen	außerhalb des Organismus entstehend
extern	außen
extrazellulär	außerhalb der Zelle
extrinsisch	von außen kommend

F

fazial	das Gesicht betreffend, zum Gesicht zeigend
fungizid	pilzabtötend

G

gastrointestinal	Magen und Darm betreffend
Gingivitis	Entzündung der Gingiva (Mundschleimhaut)
Glykoprotein	Verbindung von Protein (Eiweiß) mit Zucker
Gram-Färbung	spezielles Färbeverfahren, durch das Bakterien entsprechend ihren Zellwand-Eigenschaften in grampositive oder gramnegative Bakterien eingeteilt werden
grampositive Bakterien . . .	Bakterien, die sich mittels der Gram-Färbung dunkelblau anfärben
gramnegative Bakterien . .	Bakterien, die sich mittels der Gram-Färbung nicht anfärben; wenn auch nicht sehr spezifisch, ist Gramnegativität noch immer eine aufschlussreiche Eigenschaft, weil die meisten (parodontal-)pathogenen Mundbakterien gramnegativ sind
Gy	Gray = radiologische Einheit, Energiedosis

H

Hydroxylapatit besondere Kristallform von Kalziumphosphat

Hypersensitivität Überempfindlichkeit

I

iatrogen durch ärztlichen Eingriff verursacht

Immunglobuline Antikörper (Bestandteile des Immunsystems)

infizieren anstecken

Initialläsion. reversible oberflächliche Entkalkung des Zahnschmelzes,
als weiße Flecken (= white spots) erkennbar

interdental zwischen den Zähnen

intermittierend wiederkehrend, mit Unterbrechungen auftretend

intern innen

intrazellulär in der Zelle

intrinsisch von innen kommend

invasiv in das Gewebe eindringend

inzisal die Kaufläche der Schneidezähne betreffend

irreversibel nicht umkehrbar

J

K

Karies Erkrankung von Zahnschmelz und Dentin

Kariesinitiator Kariesauslöser

Kavität Hohlraum, der nach Entfernung des kariösen Materials in
einem Zahn entstanden ist

kolonisieren besiedeln

konkav nach innen gewölbt

Konkrement Zahnstein

konusförmig kegelförmig

konvex nach außen gewölbt

L

labial zur Lippe zeigend

lingual zur Zunge zeigend

M

- makroskopisch mit bloßem Auge sichtbar
manifest augenscheinlich, offenkundig
Matrix Grundsubstanz
mesial zur Mitte des Zahnbogens hin
Metabolismus Stoffwechsel
mikrobiell Mikroorganismen (siehe dort) betreffend
Mikroorganismus mit bloßem Auge nicht erkennbares Kleinstlebewesen (meist Einzeller); zu Mikroorganismen zählen Bakterien und Pilze
mikroskopisch nur mit Vergrößerungsglas (z.B. Mikroskop) erkennbar
Mobilität Beweglichkeit
mukös dickflüssig, zähfließend, schleimig
Mukopolysaccharid Ketten aus u. a. Mehrfachzuckern, die das Gerüst von faserbildenden Substanzen bilden und eine hohe Fähigkeit zur Wasserbindung haben
Mukositis Entzündung der Schleimhaut
Muzin Glykoprotein; Inhaltsstoff des Speichels, der als Bestandteil des Schleims auf Schleimhäuten eine wichtige Rolle für deren Barrierefunktion spielt
mykotisch durch Pilze hervorgerufen

N

- Natriumhydrogenkarbonat . Natron
Nikotinamid Arzneistoff, der anregend auf den parasymphatischen Anteil des vegetativen Nervensystems wirkt

O

- Obstruktion Verlegung
okklusal die Kaufläche der Prämolaren und Molaren betreffend
Oligosialie eingeschränkte Speichelfließrate

P

palatinal	gaumenseitig
Parasympathikus	Bestandteil des autonomen (nicht willentlich beeinflussbaren) vegetativen Nervensystems, der für den Stoffwechsel, die Wiederherstellung und den Aufbau körpereigener Reserven zuständig ist; sogenannter „Ruhenerv“; Gegenspieler zum Sympathikus
Parodontitis	Entzündung des Zahnhalteapparates
Parotitis	Entzündung der Ohrspeicheldrüse
pathogen	krankmachend
pathologisch	krankhaft
Pellikel	Schmelzoberhäutchen
Perikymatien	Schmelzbildungsrillen
Permeabilität	Durchlässigkeit
Physiologie	Lehre von den physikalischen, biochemischen und informationsverarbeitenden Funktionen der Lebewesen
Pilokarpin	Arzneistoff, der anregend auf den parasympathischen Anteil des vegetativen Nervensystems wirkt
pleomorph, polymorph	vielgestaltig
Polysaccharid	langkettiges Kohlenhydrat, Mehrfachzucker
Prädilektionsstelle	bevorzugte Stelle
progredient	fortschreitend
protektiv	schützend, beschützend
Protonen	positiv geladene Wasserstoff-Ionen (H ⁺ -Ionen)
Protonierung	Anlagerung von Protonen (positiv geladene Wasserstoff-Ionen) an eine chemische Verbindung im Rahmen einer Säure-Base-Reaktion
psychogen	psychisch verursacht
Pulpa	Zahnmark
PZR	professionelle Zahnreinigung

Q**R**

RDA	radioaktive Dentin-Abrasivität, Maß für die abtragende Wirkung von Putzkörpern (z. B. Zahnpasta)
Recall	Wiedereinbestellen der Patienten
Reflux	Rückfluss
Regurgitation	Wiederhochkommen von Speise in den Mund, ohne dass hierfür entgegengesetzte Darmbewegungen (wie beim Erbrechen) verantwortlich sind
Remineralisation	Wiedereinlagerung von Mineralstoffen
Revelatoren	Plaquetfärbemittel
reversibel	umkehrbar
Rezession	Rückgang des Zahnfleisches mit der Folge freiliegender Zahnhälse

S

Sekret	von einer Drüse produzierte Flüssigkeit
semipermeabel	halbdurchlässig, teilweise durchlässig
serös	dünnflüssig, wässrig
Sextant	Zahnmedizin: Das Gebiss des Patienten wird in sechs Bezirke = Sextanten eingeteilt
solitär.	einzel
subgingival	unterhalb des Zahnfleischsaumes
Substrat	Nährstoff, Ausgangsstoff
Sulkus	Vertiefung zwischen Zahnoberfläche und Zahnfleischsaum, die normalerweise eine seröse Flüssigkeit (Sulkusflüssigkeit) absondert
supragingival	oberhalb des Zahnfleischsaumes
Sympathikus	Bestandteil des autonomen (nicht willentlich beeinflussbaren) vegetativen Nervensystems, der für eine Leistungssteigerung eines Körperorgans zuständig ist; Gegenspieler zum Parasympathikus
systemisch	medizinisch: mehrere Organe betreffend; pharmakologisch: die Aufnahme von Arzneistoffen über das Blut- und/oder das Lymphsystem betreffend

T

Tubuli	Röhren (Einzahl: Tubulus)
Tubulisystem	röhrenförmige Feinstruktur (hier: des Dentins)

U

unterminieren	untergraben, unterhöhlen
-------------------------	--------------------------

V

vertikal	senkrecht
vestibulär	das Vestibulum betreffend
Vestibulum	Mundvorhof, Raum zwischen Zähnen und Lippen/Wange

W

white spots	„weiße Flecken“, beginnende Schmelzkaries
Wirtsabwehr	natürliche Eigenabwehr (Immunität) des Körpers

X

Xerostomie	Mundtrockenheit
Xylit	natürlicher Zuckeralkohol, der als Zuckeraustauschstoff verwendet wird
