

6. Diskussion

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Zähne stammten ausnahmslos von schlachtfrischen Rindern. Aufgrund der guten Verfügbarkeit sowie der Größe sind Rinderzähne sehr gut zur Herstellung entsprechender Probenkörper geeignet. Darüber hinaus ist die Rinderzahnhartsubstanz nicht durch unterschiedliche äußere Einflüsse vorgeschädigt, so dass von einer uniformen Reaktionsfähigkeit ausgegangen werden kann. Die chemische Zusammensetzung boviner Zahnhartsubstanz entspricht weitgehend der menschlichen (ESSER et al. 1998). Deshalb eignet sich Rinderschmelz insbesondere im Rahmen von Untersuchungen zum Demineralisationsverhalten sehr gut zur Substitution von Humanzähnen.

In der vorliegenden Studie wurden 126 gesunde, demineralisierte Schmelzproben und 54 gesunde, demineralisierte Dentinproben über einen Zeitraum von 14 Tagen in potentiellen Basislösungen von Speichelersatzmitteln gelagert, die dreimal täglich gewechselt wurden. Dies entspricht einem äußerst intensiven Kontakt, der unter klinischen Bedingungen nicht zu erwarten ist. Ein artifizieller Speichelersatz wird jedoch nach Bedarf verabreicht und unterliegt somit selbst bei bestimmungsgemäßer Anwendung üblicherweise keiner Tageshöchst-dosis. Die verwendeten Lösungen wurden ohne den Zusatz von Kalzium, Phosphat und Fluorid angemischt. Somit konnte gezielt der Einfluss der Basisstoffe und der Zuckeralkohole auf demineralisierten Schmelz *in vitro* untersucht werden.

Infolge einer Xerostomie wird der Speichel qualitativ verändert. Der Speichel wird dickflüssig und erhält ein unterschiedliches Aussehen (von weißlich bis bräunlich). Zusätzlich fällt der pH-Wert von ursprünglich 6,8 auf bis zu unter 5,0 ab (BEN-ARYEH et al. 1975; DREIZEN et al. 1976). Um dem menschlichen Speichel vergleichbare ähnliche Eigenschaften zu erzeugen und weil erst ab einem pH-Wert unter 5,7 eine Demineralisation von Zahnschmelz zu erwarten ist, wurde der pH-Wert in der vorliegenden Versuchsreihe auf 5,5 eingestellt. Darüber hinaus sind mögliche protektive Eigenschaften der verwendeten Lösungen, bei pH 5,5 nicht auszuschließen. Des Weiteren, können Fluoride erst bei einem niedrigem pH-Wert protektiv wirksam werden (ARENDS et al. 1984; BORSBOOM et al. 1985).

Speichelersatz- und Mundspüllösungen für Patienten mit Hyposalivation wurden primär zur Linderung von Beschwerden beim Kauen, Schlucken und Sprechen entwickelt (MATZKER und SCHREIBER 1972). Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurden die erhältlichen Mittel in der Vergangenheit häufig untersucht. Die Akzeptanz dieser Mittel wird in der Literatur aber durchaus kontrovers diskutiert (OLSSON und AXELL 1991; VAN DER REIJDEN et al. 1996; VISCH et al. 1986; VISSINK et al. 1983). Dennoch stellen diese, vor allem bei einer geringen Restaktivität der Speicheldrüsen, oftmals die einzige Möglichkeit dar, die häufig schmerzhaftes Symptomatik der Hyposalivation zumindest teilweise zu lindern.

In der zugänglichen Literatur sind nur wenige Untersuchungen über die Auswirkungen von Speichelersatzmitteln auf die Zahnhartsubstanzen bekannt (JOYSTON-BECHAL und KIDD 1987; KIELBASSA und MEYER-LUECKEL 2001; VAN DER REIJDEN et al. 1997). Bei entsprechender Zusammensetzung kann künstlicher Speichel offensichtlich ein nicht zu vernachlässigendes, demineralisierendes Potential haben (JOYSTON-BECHAL und KIDD 1987; KIELBASSA und SHOHADAI 1999; MEYER-LUECKEL et al. 2002; VAN DER REIJDEN et al. 1997). Dies konnte durch die vorliegende Studie in Bezug auf die Wirkung auf Schmelz und Dentin bestätigt werden. Der pH-Wert der verwendeten potentiellen Basislösungen von Speichelersatzmitteln lag bei 5,5 und lässt somit, ohne Zugabe von Kalzium, Phosphat und Fluorid, eine demineralisierende Wirkung auf Schmelz und Dentin erwarten.

In der Literatur wird beschrieben, dass Sorbitol (ebenso wie Xylitol) in hohen Konzentrationen (20 g/l) eine Viskositätserhöhung bewirken. Unter definierten Bedingungen kann es zu einer intramolekularen Wasserabspaltung kommen. Durch die neuen Bindungsverhältnisse kommt es zur Ausbildung neuer Grenzschichten, die sich wiederum auf die Viskosität auswirken können (ACKER und SCHORMÜLLER 1967). Lösung 2 (Sorbitol) und Lösung 3 (Xylitol) des ersten Versuches erzeugten einen vergleichbaren Mineralverlust (vgl. Abb. 8). Die Kontrolllösung (Nr. 1) zeigte im Gegensatz zu diesen beiden einen leicht höheren Mineralverlust und eine geringere Läsionstiefe, die sich jedoch nicht signifikant unterschieden (vgl. Abb. 8 und 9). Diese leicht unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich mit der niedrigeren Viskosität und dem sauren pH-Wert und den damit verbundenen demineralisierenden Eigenschaften der Kontrolllösung erklären. Die beiden Zuckeralkohole haben jedoch die Eigenschaft, schnell in den Schmelz zu penetrieren, und dort bei einem sauren pH-Wert Kalzium

und Phosphat herauszulösen und somit leicht größere Läsionstiefen zu erzeugen (ARENDS et al. 1984).

Im Gegensatz dazu zeigten die Lösungen 4-6 des ersten Versuches, die alle auf Leinsamen basierten, die zu erwartenden protektiven Effekte. Die Lösungen auf Leinsamenbasis (Gruppen 4, 5, 6 aus Versuch 1) enthielten 65,2 mg/l Kalzium, 345 mg/l Phosphat und 1,23 mg/l Fluorid. Deshalb ist es wenig verwunderlich, dass nur ein vernachlässigbarer Mineralverlust und keine Erhöhung der Läsionstiefe beobachtet werden konnte (vgl. Abb. 8 und 9). Dies kann auf den bereits erwähnten hohen Gehalt an Kalzium- und Phosphationen zurückgeführt werden. Die Lösung ist hinsichtlich dieser Ionen übersättigt und das Lösungsgleichgewicht in Richtung des Hydroxylapatits verschoben. Eine ausgeprägte Remineralisation könnte somit an der Läsionsoberfläche erreicht werden, wenn noch weitere wichtige Faktoren wie der pH-Wert und die Elektrolytzusammensetzung korrelieren würden (LARSON und BRUUN 1994). Dies entspricht den Beobachtungen, die nach Lagerung von Schmelzproben in Kuhmilch beschrieben wurden. Milch enthält ebenfalls Kalzium und Phosphat in ausreichend hohen Konzentrationen und hat einen annähernd neutralen pH-Wert und wurde darüber hinaus als Speichelersatzmittel vorgeschlagen (HEROD 1994). Des Weiteren kann Fluorid in einer sauren Lösung die Demineralisation des Schmelzes verhindern (ARENDS et al. 1990; BORSBOOM et al. 1985).

Die Auswahl der Verdickungsmittel stellt einen sehr wichtigen Aspekt bei der Frage nach einem demineralisierenden Effekt von Speichelersatzmitteln dar. Carboxymethylcellulose (CMC) oder Muzin bilden die Basis der meisten Präparate.

Hinsichtlich des Mineralverlustes und der Läsionstiefen von Schmelzproben zeigte sich in dieser Studie, dass Lösungen auf Carboxymethylcellulose- oder Muzinbasis sich nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p > 0,05$) (vgl. Abb. 10 und 11). Alle Lösungen führten zu einer weiteren Zunahme des Mineralverlustes und der Läsionstiefen. Da der kritische pH-Wert von Schmelz im Bereich von 5,2-5,7 liegt, müsste der pH-Wert noch geringer gewählt werden, um eventuelle signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Lösungen zu erzeugen.

Bezüglich des Mineralverlustes von Dentinproben zeigte sich, dass sich die auf Muzin mit Xylitol (Lösung 3 aus Versuch 2) basierenden Lösungen von den Lösungen aus Muzin mit und ohne Sorbitol (Lösung Nummer 1 und 2 aus Versuch 2) und Carboxymethylcellulose mit Xylitol (Lösung 6 aus Versuch 2) signifikant ($p < 0,05$)

unterschieden (vgl. Abb. 12). Dies erklärt sich mit der Tatsache, dass während der 14-tägigen Lagerung der Dentinproben unterschiedliche Mengen an Milchsäure zugegeben werden mussten, um den pH-Wert konstant bei 5,5 zu halten (Tab.6). Aus der zugegebenen Milchsäuremenge konnte mit Hilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung der Anteil an undissozierter Milchsäure berechnet werden. Hieraus ergab sich, dass der Anteil undissozierter Milchsäure mit der Höhe des Mineralverlustes korreliert und somit das Gleichgewicht der De- und Remineralisation aufgrund der erhöhten Säurezugabe in Richtung der Demineralisation verschoben wurde.

Die Läsionstiefen der Dentinproben waren nach Lagerung in Lösung Nummer 4 aus Versuch 2 (CMC) im Vergleich zu Lösung Nummer 1 (Muzin) und Nummer 2 (Muzin mit Sorbitol) signifikant verringert ($p < 0,05$) (vgl. Abb. 13). Einerseits lässt sich das mit der Menge der zugegebenen Menge an Milchsäure erklären (Tab.6), andererseits führt die höhere Viskosität der Muzin-Lösung gegenüber der CMC-Lösung wahrscheinlich an der Grenzfläche zwischen Lösung und Dentinoberfläche zu einer längeren Adhäsion an der Dentinoberfläche und daraus könnten zunehmende statische Austauschvorgänge resultieren, bei denen es zu einer weiteren Demineralisation kommen kann, wenn wie in diesem Fall der Anteil an undissozierter Milchsäure größer ist als in Lösung 4 (ACKER und SCHORMÜLLER 1967). Des Weiteren muss der Gehalt an sialinsäurereichen Glykoproteinen berücksichtigt werden, welche eine weitere Demineralisation verursacht haben könnten.

Alle Lösungen, welche Muzin oder CMC enthielten, hatten eine weitere Demineralisation der Schmelzproben und Dentinproben zur Folge. Die weitere Demineralisation dürfte nicht nur durch den sauren pH-Wert der Lösungen verursacht sein, sondern auch durch die qualitativen Eigenschaften der Basisstoffe. Die relativ hohe Viskosität der CMC-Lösung führt wahrscheinlich an der Grenzfläche der Zahnhartsubstanz zu längeren statischen Austauschvorgängen und könnte dort eine voranschreitende Demineralisation verursachen. Muzine dagegen enthalten sialinsäurereiche Glykoproteine. Die Sialinsäuren von Muzinen sind meistens an terminale Galaktose- und N-Acetylgalaktosamin-Reste der Kohlenhydratketten gebunden. Unter physiologischen Bedingungen sind diese Zucker dissoziierte Substanzen und somit sauer und enthalten somit viele negative Ladungen. Hier kann es zu starken Kalzium-Sialinsäure-Bindungen kommen. Darüber hinaus können sich die lang gestreckten Glykoproteinmoleküle über Disulfidbrücken mit anderen

Muzinmoleküle verbinden und so hochkomplexe Strukturen bilden, die nun gelartig und hoch viskös sind (CORFIELD und SCHAUER 1982; GOTTSCHALK 1972). Deshalb scheinen Muzine einerseits die Demineralisation zu fördern und andererseits lang anhaltende gelartige Schutzschichten ausbilden zu können.

Dieses Phänomen der relativ hohen Viskosität wurde schon mehrfach in der Literatur beschrieben. Muzinhaltige künstliche Speichel befeuchten die Zahnhartsubstanzen besser als Speichelersatzmittel auf CMC-Basis und werden hinsichtlich der Fähigkeit, Zahnhartsubstanzen bei Patienten mit Hyposalivation vor Attrition zu schützen besser beurteilt (HATTON et al. 1987). Sie werden ebenso aufgrund der Fähigkeit, die oralen Schleimhäute besser zu befeuchten und als Gleitmittel zu wirken von den Patienten mit Xerostomie bevorzugt (VISCH et al. 1986; VISSINK et al. 1983).

Von einem künstlichen Speichelersatzmittel wird aus zahnmedizinischer Sicht nicht nur eine neutrale Wirkung erwartet. Vielmehr sind darüber hinaus auch remineralisierende Effekte zu fordern. Die Zugabe von Kalzium und/oder Phosphat zu einer Lösung mit niedrigem pH-Wert bzw. hohem Gehalt an titrierbarer Säure kann eine demineralisierende Wirkung durch die Veränderung des Löslichkeitsproduktes von Apatit reduzieren (BRUDEVOLD et al. 1965). Die potentiellen Basislösungen von Speichelersatzmitteln von Versuch 2 enthielten jedoch kein Kalzium und Phosphat, so dass bei diesen Präparaten keine protektive Wirkung zu erwarten war. Insofern sind die in der vorliegenden Untersuchung beobachteten signifikanten Mineralverluste und die Zunahmen der Läsionstiefen bei diesen Gruppen nicht überraschend und bestätigen darüber hinaus die Ergebnisse anderer Autoren (JOYSTON-BECHAL und KIDD 1987; VISSINK et al. 1985; VISSINK et al. 1984).

Um die Wirkung von Muzin und CMC mit der von Leinsamen vergleichen zu können, sollte in zukünftigen Studien der Kalzium-, Phosphat-, und Fluoridgehalt angeglichen werden. Nur auf diese Weise können in weiteren mikroradiografischen Untersuchungen die drei Basisstoffe objektiv miteinander verglichen werden.