

# Optimierung der präventiven Eigenschaften der Pellikel durch polyphenolhaltige Pflanzenstoffe – eine Synopsis eigener *In-situ*-Studien

Trotz allgemein rückläufiger Kariesinzidenz in Deutschland sind einige Risikogruppen in besonderem Maße anfällig gegenüber Karies bzw. Erosionen. Die Pellikel ist von elementarer Bedeutung für beide Erkrankungen. Ziel ist es, diese natürliche Zahnschutzschicht in ihren protektiven Eigenschaften gegenüber kariogenen und erosiven Einflüssen zu stärken. Auf der Suche nach Ergänzungen zu etablierten Prophylaxemaßnahmen rücken Naturstoffe in den Fokus der aktuellen Forschung. Insbesondere sekundäre Pflanzenstoffe, wie Polyphenole, wurden vielfach *in vitro* untersucht und zeigen vielversprechende Ergebnisse.

Unsere ortsverteilte Arbeitsgruppe untersuchte erstmals die Wirkung von verschiedenen polyphenolhaltigen Getränken bzw. Naturstoffen auf den *in-situ*-gebildeten initialen oralen Biofilm. Alle getesteten Präparate führten zu einer Verringerung der bakteriellen Kolonisation der Zahnoberflächen und verzögerten somit die Ausbildung einer kariogenen Plaque. Für einige Präparate konnte eine Verbesserung des Erosionsschutzes der Pellikel gezeigt werden. Weitere klinische Studien sind notwendig, bevor generelle Empfehlungen ausgesprochen werden können. Bestimmte Teesorten haben das Potenzial, als adjuvante orale Therapeutika verwendet zu werden bzw. können als Getränk im Rahmen einer mundgesunden Diät empfohlen werden.

## Einleitung

Die Kariesinzidenz ist in Deutschland dank etablierter Prophylaxemaßnahmen in den meisten Bevölkerungsgruppen rückläufig.<sup>(1)</sup> Dennoch besteht weiterhin eine Polarisierung des Kariesbefalls, vor allem bei Menschen mit niedrigem Bildungs- und Sozialstatus, bei Pflegebedürftigen und bei Kindern aus Familien mit Migrationshintergrund.<sup>(2)</sup> In der Altersgruppe der Senioren ist trotz eines zunehmenden Anteils eigener Zähne eine hohe Prävalenz der Wurzelkaries festzustellen.<sup>(3)</sup> Ein sehr hohes Kariesrisiko besteht bei

Patienten nach Bestrahlung im Kopf-Hals-Bereich. Die strahleninduzierte Xerostomie führt zu einer reduzierten antibakteriellen Wirksamkeit bzw. Remineralisations- und Pufferwirkung des Speichels. Das als Strahlenkaries beschriebene Krankheitsbild ist durch eine rasch fortschreitende Form der Karies mit früher Kavitation im Bereich der Zahnhäse charakterisiert.<sup>(4)</sup> Neben der Karies als bakteriell bedingter Erkrankung der Zahnhartsubstanzen sind in den letzten beiden Jahrzehnten vermehrt Erosionen als Risikofaktor der Hartsubstanzschädigung in den Fokus gerückt.<sup>(5)</sup> Insbesondere der Konsum säurehaltiger Softdrinks, aber auch der Trend zu gesundheitsbewusster Lebensweise mit obst- und gemüsereicher Ernährung (Smoothies, Bowls) führen zu einer erhöhten Prävalenz von dentalen Erosionen.<sup>(6, 7)</sup> Bei der Prävention beider Erkrankungsformen sind grundlegende Erkenntnisse zu Bioadhäsionsprozessen auf den „non-shedding“ Oberflächen der Zähne von Bedeutung. Als initialer oraler Biofilm bildet sich zunächst auf allen oral exponierten Oberflächen die Pellikel aus.<sup>(8)</sup> Diese bakterienfreie Schicht aus adsorbierten Proteinen, Glykoproteinen und Lipiden aus der umgebenden Mundflüssigkeit ist von dem sekundär gebildeten dreidimensional organisierten bakteriellen Biofilm (Plaque) abzugrenzen.<sup>(9)</sup> Die Pellikel fungiert durch verschiedene antibakteriell wirksame

Enzyme als physiologische Zahnschutzschicht. Gleichzeitig wirken andere Pellikelenzyme als Rezeptoren für die bakterielle Kolonisation der Zahnhartsubstanzen und sind somit grundlegend an der Initiation der Plaquebildung beteiligt. Die Ultrastruktur der Pellikel ist durch eine elektronendichte Basalschicht und darauf aufgelagerte globuläre Strukturen charakterisiert (Abb. 3a).<sup>(8)</sup>

In einer Studie zum Einfluss säurehaltiger Getränke auf die Ultrastruktur der in der Mundhöhle (*in situ*) gebildeten Pellikel wurde gezeigt, dass das Eindringen der Säuren und das Herauslösen von Kalzium- und Phosphationen aus dem Zahnschmelz durch die semipermeablen Eigenschaften der Pellikel erschwert werden. Die Pellikel schützt somit in begrenztem Maße vor Erosionen.<sup>(10)</sup> Der topische Einsatz von Fluoriden ist als Goldstandard bei der Vorbeugung von Karies und Erosionen anzusehen.<sup>(11, 12)</sup> In einer aktuellen Studie konnte belegt werden, dass handelsübliche fluoridhaltige Mundspüllösungen die *In-situ*-Pellikel positiv beeinflussen, indem die bakterielle Adhärenz an der Zahnoberfläche verringert und die erosionsprotektiven Eigenschaften gestärkt werden.<sup>(13)</sup> Insbesondere für Patienten mit hohem Kariesrisiko wird neben der täglichen häuslichen Anwendung fluoridhaltiger Zahnpaste die viertel- bzw. halbjährliche Applikation von Fluoridlacken beim Hauszahnarzt

empfohlen.<sup>(14)</sup> Angesichts der Kariesrisikogruppen und der trotz des bewährten Einsatzes von Fluoriden populationsweit bestehenden Kariesinzidenz besteht der Bedarf nach neuen ergänzenden bzw. alternativen Produkten in der Kariesprävention. Dabei rücken Naturstoffe in den Fokus aktueller wissenschaftlicher Untersuchungen.

### Naturstoffe

Naturstoffe mit bekannter gesundheitsfördernder Wirkung sind Polyphenole. Dabei handelt es sich um sekundäre Pflanzenstoffe, d. h. Stoffe, die eine Pflanze nicht für ihren primären Stoffwechsel zum unmittelbaren Überleben benötigt, wie beispielsweise Duftstoffe, Farbstoffe oder Abwehrstoffe gegen Schädlinge bzw. Fraßfeinde.<sup>(15, 16)</sup> Die Gruppe der Polyphenole ist äußerst vielfältig. Bisher konnten ca. 6.000 Verbindungen isoliert werden.<sup>(15)</sup> Als Bestandteil unserer täglichen Nahrung oder traditioneller Heilpflanzen werden Polyphenole viele positive Einflüsse auf die menschliche Gesundheit zugeschrieben. Das breite Wirkspektrum umfasst antioxidative, antiallergische, antiphlogistische, antimikrobielle, antivirale und antikarzinogene Eigenschaften, sodass u. a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs, Osteoporose oder Diabetes mellitus verhindert werden sollen.<sup>(17, 18)</sup> Polyphenolhaltige Tees werden z. T. als Bestandteil einer gesundheitsfördernden Diät angesehen.

### Polyphenole in der Mundhöhle

In der Mundhöhle kommt es durch Polyphenole zur Komplexbildung und Denaturierung von Speichelproteinen. Dies wird als Adstringenz (lat. adstringere = zusammenziehen), d. h. als ein raues, pelziges Mundgefühl, wahrgenommen.<sup>(15)</sup> Zudem interagieren Polyphenole mit Bitterrezeptoren auf der Zunge. Das kariespräventive Potenzial von Polyphenolen wurde in zahlreichen Studien

untersucht, wobei verschiedene potenzielle Wirkmechanismen zugrunde gelegt werden. In den meisten Studien wurden die antibakteriellen Eigenschaften der Polyphenole hinsichtlich der Effekte gegen *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus* oder Laktobazillen wie *Lactobacillus casei* bzw. parodontopathogene Bakterien belegt.<sup>(19, 20)</sup> Andere Studien untersuchten mögliche Interaktionen von Polyphenolen mit Molekülen auf der Zahnoberfläche zur Verhinderung der bakteriellen Adhärenz.<sup>(21, 22)</sup> Bei dem überwiegenden Teil handelt es sich jedoch um *In-vitro*-Studien oder sie wurden an Ratten durchgeführt.<sup>(20, 21, 23)</sup>

Es liegen nur wenige klinische Untersuchungen zur Wirkung von Polyphenolen in der Zahnheilkunde vor.

Magalhães et al. konnten in einer doppelblinden, cross-over *In-situ*-Studie belegen, dass ein Extrakt aus grünem Tee ähnlich erosionsprotektiv wirkt wie eine fluoridhaltige Mundspüllösung.<sup>(24)</sup>

Eine chinesische Arbeitsgruppe untersuchte über einen Zeitraum von 24 Monaten bei 157 Schulkindern den Einfluss von polyphenolhaltigen Kaugummis auf den DMFT-Index. Es wurde ein deutlich geringerer mittlerer Karieszuwachs in der Untersuchungsgruppe, verglichen mit Kindern, die polyphenolfreie bzw. keine Kaugummis konsumiert haben, festgestellt.<sup>(25)</sup>

Unsere Arbeitsgruppe untersuchte den Einfluss verschiedener polyphenolhaltiger Tees und Spülungen auf die *in-situ*-gebildete Pellikel. Dabei wurde die Wirkung dieser Präparate auf die anfängliche bakterielle Kolonisation der Pellikel mittels fluoreszenzmikroskopischer Verfahren evaluiert.

Zudem wurden die Modifikation der Pellikel-Ultrastruktur und der Einfluss auf die Säureresistenz der Pellikel untersucht. Der vorliegende Artikel fasst die bisherigen Ergebnisse der verschiedenen *In-situ*-Versuche unserer ortsverteilten Arbeitsgruppe zur Wirkung verschiedener polyphenolhaltiger Präparate auf die natürliche Zahnschutzschicht zusammen.

## Material und Methoden

### Probanden

Es haben bis zu zwölf erwachsene Probanden an den Versuchen teilgenommen. Die Studienteilnehmer verfügten über naturgesunde bzw. sanierte Zähne ohne unversorgte kariöse Läsionen oder parodontale Erkrankungen und waren allgemein-anamnestisch gesund. Die Ethikkommissionen der TU Dresden (EK 147052013) und der Universität des Saarlandes (238/03, 2012; 52/05, 2009) prüften und genehmigten im Vorfeld das Studiendesign.

### Studiendesign



Abb. 1 – Dargestellt ist eine individuell hergestellte Schiene mit bukkal im Bereich der Prämolaren/Molaren befestigten Rinderschmelzproben

Für jeden Probanden wurde eine individuelle Oberkiefer-Schiene zur intraoralen Exposition von Prüfkörpern aus bovinen Rinderschmelzproben (Abb. 1) angefertigt. Zunächst wurde nach einminütiger Tragedauer der Schienen im Mund die Ausbildung einer physiologischen Pellikel gewährleistet. Danach erfolgten Spülungen für jeweils zehn Minuten mit dem zu testenden polyphenolhaltigen Präparat (Tabelle 1) und das Verbleiben der Schienen *in situ* für einen Zeitraum zwischen 19 min und 8 h. Anschließend wurden die Prüfkörper aus der Schiene gelöst und mit dem entsprechenden Testverfahren analysiert.

### Testverfahren

Detaillierte Ausführungen zur Durchführung der verschiedenen Testverfahren

ren sind den Originalarbeiten zu entnehmen. Die bakterielle Kolonisation der *in-situ*-geformten Pellikel wurde fluoreszenzmikroskopisch untersucht.<sup>(26-31)</sup>

Zur Überprüfung der Säureresistenz der Pellikel nach Spülung mit polyphenolhaltigen Präparaten erfolgte *in vitro* die Inkubation der Prüfkörper in Salzsäure unterschiedlicher Konzentration. Die Freisetzung der Kalzium- und Phosphat-Ionen wurde photometrisch bestimmt.<sup>(27, 29, 32)</sup>

Die Modifikation der Pellikel-Ultrastruktur wurde durch die Arbeitsgruppe von Professor Matthias Hannig in Homburg elektronenoptisch untersucht. Nach aufwendiger Präparation und Fixation wurden Ultradünnschnitte angefertigt und im Transmissionselektronenmikroskop (TECNAI 12 Biotwin) analysiert.<sup>(26, 27, 29, 32, 33)</sup>

Die chemische Analyse der pflanzlichen Stoffgemische erfolgte mittels Flüssigkeitschromatographie und Massenspektrometrie<sup>(26, 28)</sup> durch die Arbeitsgruppe

von Professor Speer, Professur für Spezielle Lebensmittelchemie der TU Dresden.

### Ergebnisse

#### Einfluss auf die bakterielle Kolonisation der Zahnhartsubstanzen

Für alle getesteten Präparate konnte im Vergleich zu pellikelbenetzten Schmelzkörpern ohne Spülung eine deutliche Reduktion der bakteriellen Besiedlung beobachtet werden (Abb. 2).<sup>(26-30)</sup> Unter anderem ist durch Spülungen mit Cistus-Tee und Schwarztee eine Reduktion der bakteriellen Anhaftung an der Pellikel um bis zu 50 % beobachtet worden.<sup>(30)</sup>

#### Einfluss auf die Säureresistenz der Pellikel

Die Untersuchung wässriger Extrakte schwarzer Johannisbeerblätter und von Oregano ergab für die einzelnen Extrakte keine verbesserte Säureresistenz der Pellikel.<sup>(32)</sup> Die Kombination der beiden

Pflanzenextrakte führte jedoch zu signifikant verbesserten erosionsprotektiven Eigenschaften der Pellikel. Diese übertraf sogar die Wirkung der zum Vergleich angewandten Fluoridspülung.<sup>(32)</sup> Tanninsäure als Reinstoff (Caelo, Caesar & Loretz GmbH, Hilden) bewirkte ebenfalls deutlich verringerte säureinduzierte Kalzium- und Phosphatfreisetzungen aus den Schmelzproben und folglich eine gesteigerte Säureresistenz der Pellike.<sup>(29)</sup> Spülungen mit Inula Viscosa-Tee hingegen führte zwar zu einer Modifikation der Pellikelultrastruktur, eine gesteigerte Resistenz gegenüber Säureangriffen konnte allerdings nicht gezeigt werden.<sup>(27)</sup>

#### Einfluss auf die Ultrastruktur der Pellikel

Die transmissionselektronenmikroskopischen Aufnahmen belegten für bestimmte polyphenolhaltige Präparate, wie z. B. Cistus-Tee, Inula Viscosa-Tee, Tanninsäure und einen Extrakt aus Blättern der schwarzen Johannisbeere, eine Zunahme der Dicke und Elektronendichte der Pellikel<sup>(26, 27, 29, 32)</sup> (Abb. 3). Andere Adstringenzen führten zu keinen maßgeblichen Veränderungen der Pellikelultrastruktur.<sup>(33)</sup>

#### Analytik der Pflanzenstoffe

Die Analytik der in vier verschiedenen Cistus incanus-Teesorten enthaltenen sekundären Pflanzenstoffe ergab 29 verschiedene Polyphenolverbindungen, darunter Ellagitannine, Flavanole und glykosylierte Flavonole. Bei den vier Produkten wurden bei ähnlichem Polyphenolmuster beträchtliche quantitative Unterschiede festgestellt.<sup>(26)</sup>

Bei der Untersuchung von vier verschiedenen Thymian-Arten wurden 45 Polyphenole identifiziert mit ebenfalls geringen qualitativen, aber deutlichen quantitativen Unterschieden.<sup>(28)</sup>

### Diskussion

Die Anwendung sekundärer Pflanzenstoffe in der präventiven Zahnheilkunde ist von zunehmendem Interesse. In den

Präparate	Publikation
Cistus-Tee <i>Cistus incanus</i>	Wittpahl et. al., 2015 Hannig et. al., 2008 Hannig et. al., 2009
Inula viscosa-Tee	Hertel et. al., 2016
Thymian <i>T. vulgaris</i> <i>T. zygis</i> <i>T. serpyllum</i> <i>T. pulegioides</i>	Schött et. al., 2017
Extrakte Schwarzer Johannisbeerblätter <i>Ribes nigrum spec.</i> Oregano <i>Origanum vulgare</i>	Weber et. al., 2015
Tanninsäure	Hertel et. al., 2017 Rehage et. al., 2017
u. a. Extrakt aus roten Johannisbeerblättern <i>Ribes rubrum spec.</i> EGCG (Epigallocatechingallat)	Rehage et. al., 2017
u. a. Schwarztee, grüner Tee	Hannig et. al., 2009

Tabelle 1 – Getestete polyphenolhaltige Präparate mit Publikationen

hier vorgestellten Studien wurde der Einfluss von Polyphenolen in Form von wässrigen Extrakten (Tee) bzw. als Reinstoffe auf die *in-situ*-gebildeten Pellikel untersucht. Für alle getesteten Präparate konnte eine verringerte bakterielle Anheftung an die Zahnoberfläche mittels fluoreszenzmikroskopischer Verfahren festgestellt werden. Insbesondere Cistus-Tee und Schwarztee erzielten eine deutliche Reduktion der initial adhärierenden Bakterien gegenüber den Kontrollgruppen ohne Spülung. Als Erklärung für diesen Effekt sind verschiedene Mechanismen denkbar. In den Teepräparaten enthaltene Catechine und Flavonol-O-Glycoside, wie Myricetin-Galactosid und Quercetin-Glucosid,

sind wichtige phenolische Verbindungen, die auch *in-vitro*-ausgeprägte antibakterielle Eigenschaften aufwiesen.<sup>(20,34)</sup> Die funktionellen Gruppen der Rezeptorproteine in der Pellikel können durch polyphenolische Bestandteile maskiert oder denaturiert werden. Dadurch wird die Interaktion der Bakterien mit den Rezeptorproteinen erschwert und eine Adhärenz verringert. Zudem wurde gezeigt, dass Polyphenole die Aktivität bakterieller Glykosyltransferasen hemmen, wodurch die Maturation der Plaque und spezifische Adhärenz auf der Pellikeloberfläche verzögert werden.<sup>(35,36)</sup> Tanninsäure wird aufgrund des adstringierenden Geschmacks häufig als

Zusatzstoff in Softdrinks verwendet. Als Reinstoff wurde Tanninsäure erstmalig hinsichtlich der karies- und erosionspräventiven Eigenschaften untersucht. Es konnte belegt werden, dass Tanninsäure einen signifikant verbesserten Erosionsschutz der Pellikel bewirkt.<sup>(29)</sup> Dies ist möglicherweise auf die Modifikation der Pellikelultrastruktur zurückzuführen.

Polyphenole zeigen eine hohe Affinität zu Speichelproteinen wie prolinreiche Proteine oder Histatin. Diese Proteine sind aufgrund ihrer hohen Affinität zu Hydroxylapatit auch Bestandteil der initialen Pellikel. Durch Ausfällung und Adsorption der Polyphenole in die Pellikel einerseits und Anziehung weiterer Speichelproteine durch die gebundenen Polyphenole andererseits, kommt es zur Verdickung der Pellikel.<sup>(37–39)</sup> Joiner et al. dokumentierten, dass durch diesen Prozess nicht nur die Dicke der Proteinschicht, sondern auch die Beständigkeit gegenüber äußeren Einflüssen erhöht wird.<sup>(39)</sup>

Nachdem durch Spülungen mit den wässrigen Pflanzenextrakten von **Oregano** und **schwarzen Johannisbeerblättern** einzeln zwar eine Verdickung der Pellikel, aber kein Einfluss auf die Säureresistenz der Pellikel festgestellt wurde, führte die intentionelle Kombination beider Extrakte zu einem signifikant verbesserten Erosionsschutz, welcher sogar den Effekt einer als Goldstandard geltenden fluoridhaltigen Mundspüllösung übertraf.<sup>(32)</sup>

Dies verdeutlicht, dass nicht einzelne spezifische Wirkstoffe, sondern die Kombination verschiedener Komponenten der sekundären Pflanzenstoffe für die Wirkung entscheidend sind. Die Analytik von Pflanzenextrakten mittels moderner spektrometrischer Verfahren ergab eine Vielzahl enthaltener Polyphenole, die in unterschiedlichem Ausmaß antibakterielle Effekte erzielten.<sup>(26,28)</sup> Es wird demzufolge ein synergistischer Effekt aller enthaltenen Polyphenole angenommen.

Aus zahnmedizinischer Sicht ist es trotz

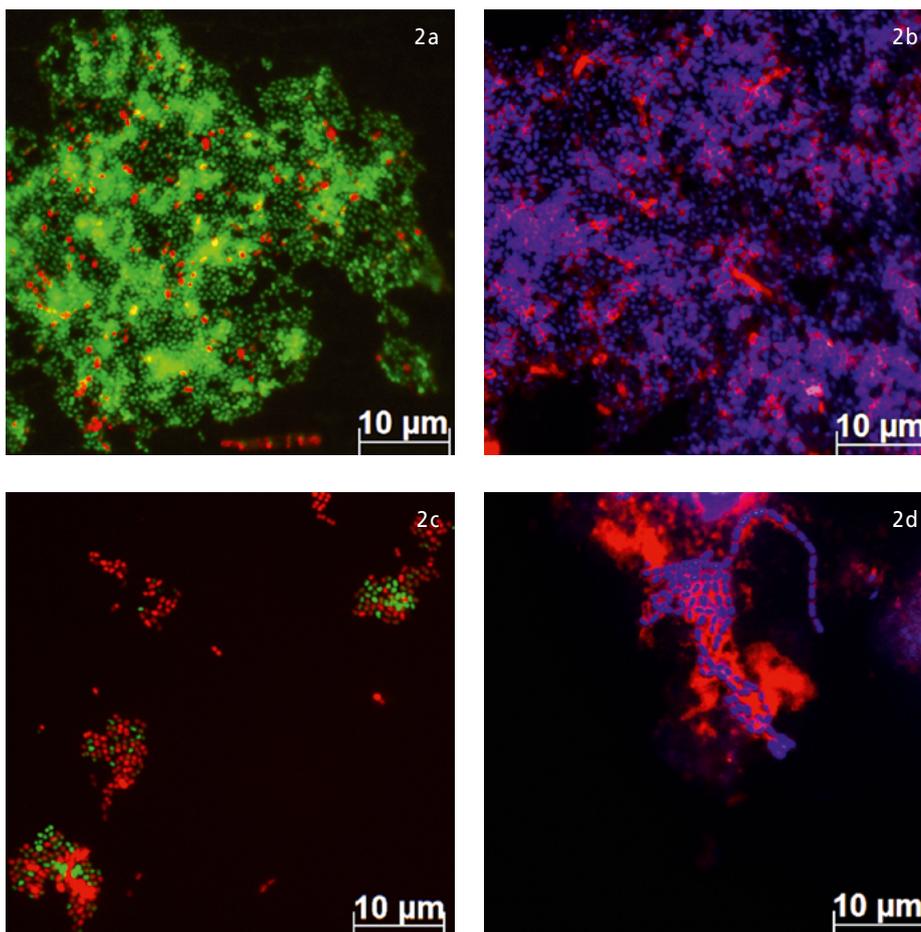


Abb. 2 – Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen der bakteriellen Kolonisation mit verschiedenen Färbetechniken. Kontrollen a und b zeigen die bakterielle Besiedlung der Prüfkörper nach einminütiger intraoraler Exposition: a) BaLight Färbung: grün-vitale, rot-avitale Bakterien; b) DAPI Färbung – alle Bakterien blau, Glukane rot. Aufnahmen c und d erfolgten nach zehnminütiger Spülung mit wässrigem Brombeerblätterextrakt (Bombastus) und 8 h intraoraler Exposition der Prüfkörper. Es ist eine deutliche Verringerung der bakteriellen Kolonisation festzustellen.

aller positiven Effekte unabdingbar, die Eigenschaften der verwendeten polyphenolhaltigen Produkte näher zu betrachten.

**Roter Traubensaft** bewirkt die Reduktion der bakteriellen Adhärenz an der Pellikeloberfläche. Dennoch kann aufgrund des erosiven pH-Wertes von Fruchtsäften im Allgemeinen und wegen des hohen kariogenen Fruktosegehalts roter Traubensaft nicht als prophylaktische Mundspülung empfohlen werden.<sup>(6)</sup>

**Grüner Tee** gilt als gesundheitlich unbedenklich und wirkt sich nicht negativ auf die Ökologie der Mundhöhle aus. Allerdings erzielte grüner Tee bei den fluoreszenzmikroskopischen Untersuchungen nicht die gleiche Effektivität wie Schwarztee oder Cistus-Tee. Es ist zu vermuten, dass die Fermentation bei Schwarztee entscheidend für die antibakterielle Wirkung ist.<sup>(40)</sup>

Auch **Schwarztee** kann wegen des enthaltenen Koffeins nicht uneingeschränkt angewendet werden, da es vor allem bei Kindern zu unerwünschten Symptomen wie Unruhe, Schlaflosigkeit

oder Tachykardie führen kann. **Cistus-Tee** hingegen könnte auch für Risikogruppen, wie Patienten mit Sjögren-Syndrom oder Patienten *post radiatio*, empfohlen werden.<sup>(41)</sup> Zur optimalen prophylaktischen Wirkung wäre die Integration von Cistus-Extrakten in Kaugummis, Mundspüllösungen oder Zahnpasten denkbar. Einen Ersatz für die tägliche mechanische Biofilmentfernung mit einer fluoridierten Zahnpaste gibt es zum jetzigen Zeitpunkt nicht.

Weiterführende *In-situ*-Studien zur präventiven Wirksamkeit von Naturstoffen im Bereich der Zahnmedizin sind notwendig, um insbesondere den Patienten mit hohem Kariesrisiko adjuvante Mittel zum Erhalt oder zur Verbesserung ihrer Mundgesundheit zur Verfügung zu stellen. Polyphenole wirken sich in der Regel positiv auf die allgemeine und die Mundgesundheit des Menschen aus. Sie sind zudem kostengünstig und leicht verfügbar. Perspektivisch werden Präparate bzw. Konzentrate mit ausgewählten Polyphenolen verfügbar sein, um die Zahn- und Mundpflege zu optimieren.

Weitergehende grundlegende Untersuchungen sind hierzu erforderlich, um geeignete Substanzen zu identifizieren. Die Ergebnisse der *In-situ*-Versuche unserer Arbeitsgruppe lassen noch keine abschließenden Empfehlungen für die präventive Zahnmedizin zu. Die untersuchten Tees, die vielfach als Bestandteil einer gesundheitsfördernden Diät angesehen werden, haben jedoch positive Effekte auf die Zahn- und Mundgesundheit ergeben.

Dr. Susann Hertel<sup>1</sup>,

Dr. Jasmin Kirsch<sup>1</sup>,

Dr. Isabelle Kölling-Speer<sup>2</sup>,

Professor Dr. Karl Speer<sup>2</sup>,

Professor Dr. Matthias Hannig<sup>3</sup>,

Professor Dr. Christian Hannig<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Poliklinik für Zahnerhaltung mit Bereich Kinderzahnheilkunde, Universitätszahnmedizin, Fetscherstraße 74, 01307 Dresden

<sup>2</sup> Professur für Spezielle Lebensmittelchemie Technische Universität Dresden, Bergstraße 66, 01062 Dresden

<sup>3</sup> Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und präventive Zahnheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße Gebäude 73, 66421 Homburg/Saar

E-Mail:

susann.hertel@uniklinikum-dresden.de

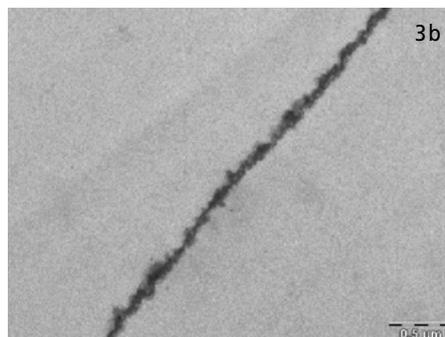
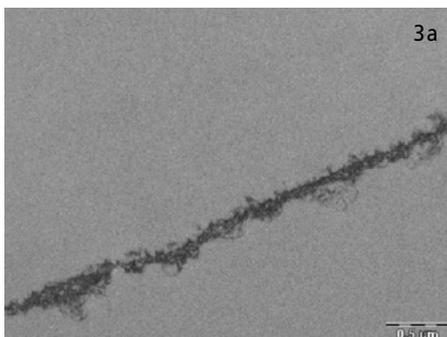


Abb. 3 – Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen der physiologischen 30-min-Pellikel (a) und nach zehninütiger Spülung mit Tanninsäure (b). Es ist eine deutlich dichtere Pellikel zu erkennen.

Quellenverzeichnis:

[www.zahnaerzte-in-sachsen.de](http://www.zahnaerzte-in-sachsen.de)

**Fachbeitrag****„Optimierung der präventiven Eigenschaften der Pellikel durch polyphenolhaltige Pflanzenstoffe – eine Synopsis eigener In-situ -Studien“  
von Dr. Susann Hertel et al.**

1. Jordan AR, Micheelis W. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Dtsch Zahnärzterverlag DÄV GmbH. 2016.
2. Alani ZAA. Flüchtlinge in Deutschland - Mundgesundheit , Versorgungsbedarfe.
3. Institut der Deutschen Zahnärzte. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V) – Kurzfassung Institut der Deutschen Zahnärzte im Auftrag von Bundeszahnärztekammer und Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung. 2016;(Dms V):1–48. Available from: [https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/dms/Zusammenfassung\\_DMS\\_V.pdf](https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/dms/Zusammenfassung_DMS_V.pdf)
4. Dörr W, Herrmann T, Reitemeier B, Riesenbeck D, Grötz K. Folgen der Strahlentherapie in der Mundhöhle. Zahnmedizin up2date. 2008.
5. Lussi A, Carvalho TS. Erosive tooth wear: A Multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. Monogr Oral Sci. 2014.
6. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. In: Caries Research. 2004.
7. Appleby PN, Key TJ. The long-term health of vegetarians and vegans. In: Proceedings of the Nutrition Society. 2016.
8. Hannig M, Joiner A. The Structure, Function and Properties of the Acquired Pellicle. In: The Teeth and Their Environment. 2005.
9. Lendenmann U, Grogan J, Oppenheim FG. Saliva and dental pellicle--a review. Advances in dental research. 2000.
10. Hannig C, Berndt D, Hoth-Hannig W, Hannig M. The effect of acidic beverages on the ultrastructure of the acquired pellicle-An in situ study. Arch Oral Biol. 2009.
11. Magalhães AC, Wiegand A, Rios D, Buzalaf MAR, Lussi A. Fluoride in dental erosion. In: Fluoride and the Oral Environment. 2011.
12. Petersen PE, Lennon MA. Effective use of fluorides for the prevention of dental caries in the 21st century: The WHO approach. Community Dentistry and Oral Epidemiology. 2004.
13. Kensche A, Kirsch J, Mintert S, Enders F, Pötschke S, Basche S, König B, Hannig C, Hannig M. Impact of customary fluoride rinsing solutions on the pellicle's protective properties and bioadhesion in situ. Sci Rep. 2017 Dec 1;7(1).
14. Schwendicke F. Kariesprävention mittels Fluoriden : Was für wen ? 2017;39:180–7.
15. Kuhnert N. Polyphenole: Vielseitige Pflanzeninhaltsstoffe. Chemie unserer Zeit. 2013.
16. Bravo L. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. Nutr Rev. 2009.

17. Petti S, Scully C. Polyphenols, oral health and disease: A review. *Journal of Dentistry*. 2009.
18. Yáñez JA, Remsberg CM, Takemoto JK, Vega-Villa KR, Andrews PK, Sayre CL, Martinez SE, Davies NM. Polyphenols and Flavonoids: An Overview. In: *Flavonoid Pharmacokinetics: Methods of Analysis, Preclinical and Clinical Pharmacokinetics, Safety, and Toxicology*. 2012.
19. Basu A, Masek E, Ebersole JL. Dietary Polyphenols and Periodontitis-A Mini-Review of Literature. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2018.
20. Smullen J, Koutsou GA, Foster HA, Zumbé A, Storey DM. The antibacterial activity of plant extracts containing polyphenols against *Streptococcus mutans*. *Caries Res*. 2007.
21. Ferrazzano GF, Amato I, Ingenito A, Zarrelli A, Pinto G, Pollio A. Plant polyphenols and their anti-cariogenic properties: A review. *Molecules*. 2011.
22. Otake S, Makimura M, Kuroki Y, Nishihara Y, M H. Effects of Polyphenolic compounds of Japanese Green Tea. *Caries Res*. 1991.
23. Cheng L, Li J, He L, Zhou X. Natural products and caries prevention. In: *Caries Research*. 2015.
24. Magalhães AC, Wiegand A, Rios D, Hannas A, Attin T, Buzalaf MAR. Chlorhexidine and green tea extract reduce dentin erosion and abrasion in situ. *J Dent*. 2009.
25. Tao D-Y, Shu C-B, Lo ECM, Lu H-X, Feng X-P. A Randomized Trial on the Inhibitory Effect of Chewing Gum Containing Tea Polyphenol on Caries. *J Clin Pediatr Dent*. 2015.
26. Wittpahl G, Kölling-Speer I, Basche S, Herrmann E, Hannig M, Speer K, Hannig C. The Polyphenolic Composition of *Cistus incanus* Herbal Tea and Its Antibacterial and Anti-adherent Activity against *Streptococcus mutans*. *Planta Med*. 2015.
27. Hertel S, Graffy L, Pötschke S, Basche S, Al-Ahmad A, Hoth-Hannig W, Hannig M, Hannig C. Effect of *Inula viscosa* on the pellicle's protective properties and initial bioadhesion in-situ. *Arch Oral Biol*. 2016.
28. Schött G, Liesegang S, Gaunitz F, Gleß A, Basche S, Hannig C, Speer K. The chemical composition of the pharmacologically active *Thymus* species, its antibacterial activity against *Streptococcus mutans* and the antiadherent effects of *T. vulgaris* on the bacterial colonization of the in situ pellicle. *Fitoterapia*. 2017.
29. Hertel S, Pötschke S, Basche S, Delius J, Hoth-Hannig W, Hannig M, Hannig C. Effect of Tannic Acid on the Protective Properties of the in situ Formed Pellicle. *Caries Res*. 2017.
30. Hannig C, Sorg J, Spitzmüller B, Hannig M, Al-Ahmad A. Polyphenolic beverages reduce initial bacterial adherence to enamel in situ. *J Dent*. 2009.
31. Hannig C, Spitzmüller B, Al-Ahmad A, Hannig M. Effects of *Cistus*-tea on bacterial colonization and enzyme activities of the in situ pellicle. *J Dent*. 2008.
32. Weber MT, Hannig M, Pötschke S, Höhne F, Hannig C. Application of plant extracts for the prevention of dental erosion: An in situ/in vitro study. *Caries Res*. 2015.

33. Rehage M, Delius J, Hofmann T, Hannig M. Oral astringent stimuli alter the enamel pellicle's ultrastructure as revealed by electron microscopy. *J Dent.* 2017.
34. Hamilton-Miller JMT. Anti-cariogenic properties of tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Medical Microbiology.* 2001.
35. Giacaman RA, Contzen MP, Yuri JA, Muñoz-Sandoval C. Anticaries effect of an antioxidant-rich apple concentrate on enamel in an experimental biofilm-demineralization model. *J Appl Microbiol.* 2014.
36. Furiga A, Roques C, Badet C. Preventive effects of an original combination of grape seed polyphenols with amine fluoride on dental biofilm formation and oxidative damage by oral bacteria. *J Appl Microbiol.* 2014.
37. Joiner A, Elofsson UM, Arnebrant T. Adsorption of chlorhexidine and black tea onto in vitro salivary pellicles, as studied by ellipsometry. *Eur J Oral Sci.* 2006.
38. Joiner A, Muller D, Elofsson UM, Arnebrant T. Ellipsometry analysis of the in vitro adsorption of tea polyphenols onto salivary pellicles. *Eur J Oral Sci.* 2004.
39. Joiner A, Muller D, Elofsson UM, Malmsten M, Arnebrant T. Adsorption from black tea and red wine onto in vitro salivary pellicles studied by ellipsometry. *Eur J Oral Sci.* 2003.
40. Joubert E, de Beer D, Malherbe CJ. Herbal teas—Exploring untapped potential and strengthening commercialisation. *South African Journal of Botany.* 2017.
41. Ehrhardt C, Hrincius ER, Korte V, Mazur I, Droebner K, Poetter A, Dreschers S, Schmolke M, Planz O, Ludwig S. A polyphenol rich plant extract, CYSTUS052, exerts anti influenza virus activity in cell culture without toxic side effects or the tendency to induce viral resistance. *Antiviral Res.* 2007.