

C. Splieth¹, S. Fleßa², C. Berndt¹

Modellierung der Lebenszeitkosten der Karies unter Einfluss von Fluoridprophylaxe

Modelling life-long costs of caries with and without fluoride use

Kosten-Nutzen-Analysen sind gerade in der Prävention von wachsendem Interesse. Ziel der vorliegenden Arbeit war daher die gesundheitsökonomische Evaluierung der Fluoridprophylaxe gegen Karies. Die Prognose der Lebenszeitkosten der Karies in einer Population erfolgt auf Basis eines System Dynamics Modells. Als Datenbasis standen empirische Studien aus Vorpommern zur Verfügung. Ohne Fluoridprophylaxe ergaben sich Auszahlungen für die Kariesbehandlung in Höhe von 6976 € bzw. ein Barwert der Lebenszeitkosten der Karies in Höhe von 932 € bei einer Diskontierung mit 5 %. Bei verschiedenen Prophylaxeszenarien zeigte sich, dass die Kombination von Fluorid-Salz, Fluorid-Zahnpaste und Fluorid-Gel am Effizientesten war. Durch diese Kombination sanken die Auszahlungen für Kariesbehandlung und -prophylaxe auf 482 € bzw. auf einen Barwert der Lebenszeitkosten von 148 € (Diskontierung 5 %). Die Fluoridprophylaxe ist damit auf Grundlage einer Lebenszeitprognose der Karieskosten deutlich empfehlenswerter als auf Basis einer Kurzzeitbetrachtung für die Kinder- und Jugendzeit, wie sie bislang in der Literatur vertreten wird.

Schlüsselwörter: Fluorid; Karies; Prävention; Prophylaxe; Simulation; System Dynamics Modell

Cost-benefit or cost-cost analyses are becoming increasingly important in dentistry. Thus, the aim of the study was to evaluate the economic consequences of caries prevention with fluorides. German epidemiological data were used in a system dynamics model to assess the life-long costs of caries in a population. Without fluoride prevention, the life-long treatment for caries resulted in mean costs of 6976 € and a present value of 932 € per person (5 % discounting). In different scenarios of constant, increasing or decreasing caries-controlling effects and limited (age 6–18 yr) or life-long application, the combination of fluoride salt, fluoride toothpaste and fluoride gel were most cost-effective. They reduced the costs for caries treatment and prophylaxis to 482 € or a present value of 148 € (5 % discounting) when applied from age 6–18 yr and to 211 to 213 € for life-long use (present value, 5 % discounting). In conclusion, a life-long model of costs of caries demonstrates that the use of fluorides in caries prevention is highly cost-effective.

Keywords: fluoride; caries; prevention; prophylaxis; life-long costs; economic simulation; system dynamics model

¹ Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abt. für Präventive Zahnmedizin und Kinderzahnheilkunde, Universität Greifswald

² Lehrstuhl für Allgemeine BWL und Gesundheitsmanagement, Universität Greifswald

Beschreibung	Wert	Quelle
Wahrscheinlichkeit für Wurzelfüllung bei Überkronung	0,20	[19]
Wahrscheinlichkeit für Wurzelfüllung bei vierflächiger Füllung	0,12	
Durchschnittliche Lebensdauer einer Füllung	7,7 Jahre	[20]
Durchschnittliche Lebensdauer einer Krone	20 Jahre	
Kosten einer Füllung mit einer Fläche	23 Euro	[2]
Kosten einer Füllung mit zwei Flächen	36 Euro	
Kosten einer Füllung mit 3 Flächen	53 Euro	
Kosten einer Füllung mit 4 Flächen	63 Euro	
Kosten einer Krone	400 Euro	
Kosten einer Wurzelfüllung	178 Euro	
Kosten einer Brücke	1100 Euro	

Tabelle 1 Übergangswahrscheinlichkeiten und Kosten für verschiedene Restaurationen.
Table 1 Transition probability and costs of different dental restorations.

1 Einleitung

Epidemiologische Untersuchungen zeigen deutliche Veränderungen des Kariesbefalls in Deutschland und anderen Industrieländern auf. Im Jahr 1973 lag die Zahl von kariösen, gefüllten oder extrahierten Zähnen bei Jugendlichen in den alten Bundesländern bei ungefähr acht. Bis zum Jahr 2000 hatte sich der Kariesbefall um fast 80 Prozent auf ca. 2 DMFT reduziert [13, 14]. Die aktuellen, repräsentativen Werte für die 12-Jährigen weisen mit geringen regionalen Schwankungen nur noch einem DMFT von knapp 1 aus [14, 23]. Untersuchungen aus Holland, Dänemark und der Schweiz deuten darauf hin, dass die nationalen Durchschnittswerte des DMFT für 12-Jährige auf diesem Niveau stagnieren [17, 26, 19].

Für Erwachsene existieren dagegen deutlich weniger kariesepidemiologische Daten, und diese waren für Deutschland mit 16–17 DMFT bei 35–54-jährigen Erwachsenen relativ lange konstant [14]. Über Kariesreduktionen bei 18-jährigen Bundeswehrrekruten [9] und auch erstmalig Erwachsenen [21] zeichnet sich ab, dass die Alterskohorten, die in ihrer Kindheit zahnmedizinisch präventiv betreut worden sind, mit geringeren Erkrankungsprävalenzen ins Erwachsenenalter vorrücken. Diese Kohorteneffekte können bereits in den USA oder in Skandinavien, die seit 50 bzw. 30 Jahren präventiv arbeiten, beobachtet werden [11, 16, 26, 32]. Damit ist wahrscheinlich, dass auch in Deutschland in den nächsten Jahrzehnten weitere Kariesreduktionen – dann vornehmlich bei Erwachsenen – zu verzeichnen sein werden.

Die massive Senkung des Kariesbefalls bei Kindern und Jugendlichen hat zu einem Rückgang der Füllungsleistungen geführt, wobei selbst ein umfangreicher systematischer Review zu den ökonomischen Aspekten von Prävention in der Zahnmedizin zu dem Ergebnis kommt, dass wenig verwertbare Publikationen vorliegen [27]. Der Bedarf an zahnmedizinischen kurativen Leistungen sowie die Kostenentwicklung im Erwachsenenalter wurden noch weniger untersucht. Damit war es unmöglich, die Vorteilhaftigkeit verschiedener Varianten der Fluoridprophylaxe ökonomisch zu bewerten. Dies ist jedoch für eine gesundheitspolitische Entscheidung zur Finanzierung und Propagierung der Prävention unumgänglich.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, die valide Datenbasis zur Kariesprävention mit Fluoriden in ein ökonomisches Modell zur Prognose der Lebenszeitkosten der Karies in einer Population zu überführen und dessen Verhalten zu analysieren. Es soll untersucht werden, wie hoch die Lebenszeitkosten der Karies sind, wie sensitiv sie auf grundlegende Parameter reagieren und wie vorteilhaft verschiedene Varianten der Fluoridprophylaxe sind.

Hierzu wird ein Prognosemodell aus bestehenden Daten entwickelt und die Kostenwirkung einiger Präventionsszenarien simuliert.

2 Material und Methode, Modellentwicklung

Das Modell simuliert die ökonomisch relevanten Aspekte der Karies in den Gebissen einer Population. Es handelt sich im Prinzip um ein Markovmodell [5, 22], das in einem System Dynamics Modell abgebildet wurde [4, 6, 7, 25]. Es simuliert die Entwicklung des kindlichen und jugendlichen Gebisses, die Ausbreitung der Karies sowie die Behandlung befallener Zähne in Form von Füllungen, Wurzelfüllungen, Kronen und Brücken.

Relevante Variablen sind die Zahl der Zähne einer Population von Inzisiven bis zum 2. Molaren in den vier Quadranten, der Gesundheitszustand der einzelnen Flächen bei einem gewissen Lebensalter und die Kosten der jeweiligen Restaurationen. Das Modell defi-

Prophylaxe	Wirksamkeit	Kosten pro Person und Jahr [Euro]
Fluoridiertes	50 %	0,01
Fluoridiertes Wasser	50 %	0,50
Fluoridtabletten	50 %	7,00
Fluorid-Gel	40 %	4,40
Fluorid-Zahnpasta	20 %	2,00
Zahnärztliche Fluorid-Prophylaxe	40 %	12,00
Fluoridiertes Speisesalz + Fluorid-Zahnpasta	60 %	2,01
Fluoridiertes Speisesalz + Fluorid-Zahnpasta + Fluorid-Gel	76 %	6,41
Fluoridiertes Speisesalz + Fluorid-Zahnpasta + Fluorid-Gel + Zahnärztliche Prophylaxe	86 %	18,41

Tabelle 2 Wirksamkeit und Kosten für verschiedene Fluoridprogramme [30].

Table 2 Effectiveness and costs of different programs using fluorides [30].

Zins r	Füllungen	Wurzel-füllungen	Kronen	Brücken	Summe
0 %	4.500	469	627	1.379	6.976
1 %	2.825	279	375	825	4.304
2 %	1.853	172	232	511	2.768
3 %	1.268	110	149	328	1.854
4 %	903	73	98	218	1.291
5 %	666	50	67	149	932

Tabelle 3 Lebenszeitkosten der Basissimulation [Euro].

Table 3 Lifetime costs of the basic simulation [Euro].

niert vier Gesundheitszustände für einen Zahn (1 = gesund, 2 = gefüllt/kariös, 3 = wurzelbehandelt, 4 = Krone bzw. Brücke), wobei die Übergangswahrscheinlichkeiten für eine Krankheitsprogression von gesund auf kariös/einflächige Füllung, Sekundärkaries/zweiflächige Füllung, drei- und vierflächige Füllung, endodontische Komplikation, Krone und schließlich Versagen der Krone/Ersatz durch Brücke abgeschätzt wurden.

Die Populationsstärke sollte dabei so groß gewählt werden (Pop > 100000), dass mit Mittelwerten gerechnet werden kann. Eine Überführung des Modells in eine stochastische Discrete Event Simulation [2] kann durch diese Durchschnittsbetrachtung vermieden werden.

Das Modell besteht aus Veränderungsgleichungen zur Abbildung der Zahnentwicklung, der Demographie, der Entwicklung der Karies sowie der Haltbarkeit von Füllungen und Kronen der permanenten Dentition. Für den Durchbruchzeitpunkt wird vereinfachend angenommen, dass die Zähne jeweils zum Jahresanfang eines Lebensjahres durchbrechen und vollständig gesund sind. Die Bevölkerung und damit die Zahl der Zähne sollen gemäß der allgemeinen altersspezifischen Mortalität abnehmen.

Mit der Wahrscheinlichkeit, dass ein Zahn auf Position z im Quadranten k auf Fläche s im Lebensalter t kariös wird, wurde gleichzeitig angenommen, dass die Karies diagnostiziert und therapiert wird. Die Verteilungsfunktion der Haltbarkeit einer Füllung und Krone soll annähernd einer logarithmischen Normalverteilung folgen. Falls ein Zahn nach dem Verlust der Krone eine Brücke benötigt, werden beide Nachbarzähne überkront. Bei Verlust eines zweiten Molaren erfolgte allerdings kein Ersatz mit einer Brücke.

Grundsätzlich sollte die Kariesaktivität durch die Prophylaxe gleichmäßig reduziert werden. Sie beginnt mit dem 6. Lebensjahr und endet mit dem 18. Lebensjahr. Für die reale Effektivität können drei verschiedene Szenarien angenommen werden:

- Konstanter Verlauf: Die Wirksamkeit ist lebenslang gleich hoch.
- Degressiv-abnehmender Verlauf: Die Wirksamkeit nimmt ab dem 19. Lebensjahr ab.

Anwendung	Maximale Wirksamkeit	Wirksamkeitsverlauf	Szenario-Abkürzung
Keine Prophylaxe	0	-	Standard
		Konstant	P50-C
Fluorid-Salz	50 %	Degressiv abnehmend für $t > 18$	P50-A
		Linear zunehmend für $t < 12$ und degressiv abnehmend für $t > 18$	P50-W
		Konstant	P60-C
Fluorid-Salz und Fluorid-Zahnpasta	60 %	Degressiv abnehmend für $t > 18$	P60-A
		Linear zunehmend für $t < 12$ und degressiv abnehmend für $t > 18$	P60-W
		Konstant	P76-C
Fluorid-Salz, Fluorid-Zahnpasta und Fluorid-Gel	76 %	Degressiv abnehmend für $t > 18$	P76-A
		Linear zunehmend für $t < 12$ und degressiv abnehmend für $t > 18$	P76-W
		Konstant	P86-C
Fluorid-Salz, Fluorid-Zahnpasta, Fluorid-Gel und zahnärztliche Fluoridprophylaxe	86 %	Degressiv abnehmend für $t > 18$	P86-A
		Linear zunehmend für $t < 12$ und degressiv abnehmend für $t > 18$	P86-W
		Konstant	P40-C
nur zahnärztliche IP 4	40 %	Degressiv abnehmend für $t > 18$	P40-A
		Linear zunehmend für $t < 12$ und degressiv abnehmend für $t > 18$	P40-W

Tabelle 4 Verschiedene Fluoridmaßnahmen und Wirksamkeitsverläufe in Abhängigkeit vom Alter.

Table 4 Different fluoride regimes and varying effectiveness with age.

c. Steigender linearer und fallender degressiver Verlauf: die Wirksamkeit steigt vom sechsten bis zum 12. Lebensjahr linear an, bleibt bis zum 18. Lebensjahr konstant und nimmt anschließend wieder ab.

Das Computerprogramm rechnet in Tagesschritten. Der Simulationstakt wurde so klein gewählt, damit pro Berechnungsschritt immer nur ein Ereignis erfolgen kann, d. h., es ist beispielsweise ausgeschlossen, dass an einem Tag zwei Flächen gleichzeitig kariös werden. Am

Ende jedes Simulationstages werden die Bestandsvariablen entsprechend angepasst. Die Differenzgleichungen kommen deshalb im Ergebnis Differentialgleichungen relativ nahe.

3 Datenbasis

Tabelle 1 zeigt die für das Model verwendeten Konstanten von Übergangswahrscheinlichkeiten und Kosten sowie deren Literaturquelle.

Das Durchschnittsalter für den Durchbruch der permanenten Zähne wurde analog zu *Schroeder* gewählt [32]. Als Datengrundlage für die natürliche, altersspezifische Mortalität dient die aktuelle Sterbetafel des statistischen Bundesamtes (<http://www.destatis.de/download/d/bevoe/sterbet04.xls>; gelesen: 5.1.06) ohne Unterscheidung zwischen Männern und Frauen.

Die Wahrscheinlichkeit pro Jahr, dass eine bestimmte Zahnfläche kariös würde, wurde aus den altersbezogenen Flächenbefunden der Study of Health in Pomerania (SHIP) errechnet [15]. Diese zufällig ausgewählte Stichprobe [32] repräsentiert eine Erwachsenenpopulation, die im Wesentlichen ohne Fluoridprophylaxe betreut wurde. Ergänzt wurden diese Daten durch Reihenuntersuchungen und eine Longitudinaluntersuchung der Kariesprävalenz, -inzidenz und -verteilung bei Jugendlichen in Greifswald, die sowohl Karieswerte ohne Fluoridprophylaxe und nach der Wende mit Fluoriden erhielten [10].

Mit diesen Daten folgte eine Kalibrierung durch zahlreiche Simulationen, bis die Kariesverlaufskurven in Deutschland und Nachbarländern annähernd genau abgebildet waren.

Die Fluoridprophylaxe gilt international als die effizienteste Säule der Kariesprophylaxe [1, 3] mit einer eindeutigen Datenlage, so dass die vorliegende Arbeit sich darauf konzentriert. Die Wirksamkeit und Kosten variieren für die einzelnen Arten der Fluoridprophylaxe (Tab. 2), wobei für die erste Fluoridierungsmaßnahme in der Regel eine hohe Wirksamkeit und für weitere eine abnehmende Wirksamkeit anzunehmen ist. Die günstigste systemische Prophylaxe ist die mit fluoridiertem Speisesalz [8].

4 Ergebnisse

Die Basissimulation prognostiziert die Kariesaktivität ohne Fluoridprophylaxe. Diese Simulation entspricht den SHIP-Daten, mit einem starken Kariesanstieg bis zum 30. Lebensjahr auf 16 DMFT und einer Sättigungsfunktion bis zum 64. Lebensjahr auf 23 DMFT. In Kindheit und Jugend ist dabei die Kariesinzidenz hoch, es handelt sich jedoch um relativ einfache, ein- bis zwei-

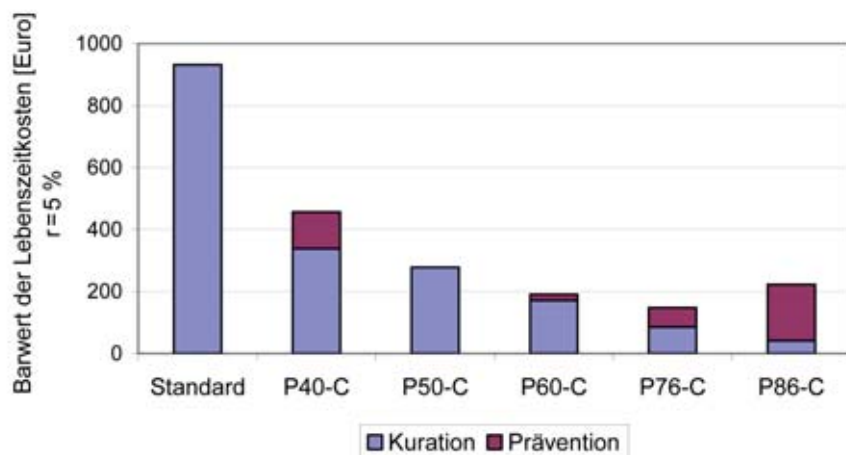


Abbildung 1 Barwert der Lebenszeitkosten in Abhängigkeit vom Präventionsszenario ($r = 5\%$, Abkürzungen siehe Tabelle 4).

Figure 1 Lifetime costs for restorations and prevention for different fluoride regimes and varying effectiveness (discounting rate $r = 5\%$, abbreviations table 4).

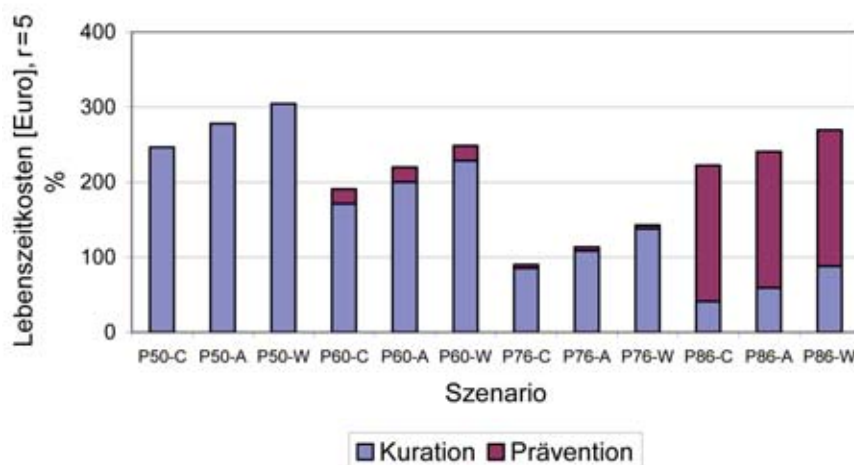


Abbildung 2 Lebenszeitkosten und Prävention (nach Wirksamkeiten), Abkürzungen siehe Tabelle 4.

Figure 2 Lifetime costs and prevention (with varying effectiveness), abbreviations see table 4.

flächige Füllungen. Später kommen dagegen mehrflächige Füllungen, Kronen und Brücken dazu. Tabelle 3 weist die einzelnen Versorgungen und dazugehörigen Lebenszeitkosten pro Kopf für einen Zinssatz zwischen 0 % und 5 % aus. Im Durchschnitt hat ein Mensch 34,78 Füllungen im Laufe seines Lebens erhalten (inklusive Wiederholungsfüllungen bei Verlust einer Füllung), 2,63 Wurzelfüllungen, 1,57 Kronen und 1,25 Brücken.

Für die verschiedenen Fluoridierungsmaßnahmen (Tab. 4) ergeben sich, wie in Abbildung 1 ersichtlich, jeweils unterschiedliche Lebenszeitkos-

ten (5 % Diskontierung), die sich aus den Präventions- und Therapiekosten zusammensetzen. Szenario P76-C (Salz, Zahnpaste und Gel) führt zu dem geringsten Barwert von 85,13 € Lebenskosten für Kuration und 63,17 € für Prävention, so dass sich eine Summe von 148,30 € ergibt. Fluoridierte Zahnpaste und Fluoridsalz (P60-C) erzeugen Lebenskosten von 190,88 € (171,08 € Kuration, 19,81 € Prävention). Alle Fluoridszenarien liegen unter dem Barwert von 932 € für ausschließliche Therapie.

Die Variation bei degressiver bzw. steigend und dann wieder degressiver

Wirksamkeit der Fluoridierungsmaßnahmen ist relativ gering (Abb. 2), wodurch dieser Faktor für die ökonomische Betrachtung von untergeordneter Bedeutung ist.

Zusammenfassend kann festhalten werden, dass mit den gegebenen Präventionskosten die Fluoridprävention auf jeden Fall gegenüber dem Standardfall ohne Fluoridierung vorzuziehen ist. Bis zu welchem Wert Prophylaxe höhere restaurative Kosten einspart, hängt von deren Wirksamkeit ab, wie Abbildung 3 zeigt. Wenn beispielsweise die lebenslang konstante Wirksamkeit bei 40 % liegt, darf diese Maßnahme 62 € pro Jahr kosten, um gerade noch kostenwirksam zu sein. Kosten oberhalb der Kurven sind folglich unter Annahme des Wirksamkeitsverlaufes ineffizient, unterhalb effizient. Bei 100%iger Wirksamkeit dürfen die Kosten nicht über 94,50 € pro Jahr liegen, sonst ist die Restauration kariöser Defekte kostengünstiger.

5 Diskussion

Der kritische Punkt einer jeden Simulation ist immer die Realitätsnähe. Die Simulationsergebnisse wurden daher vor einer gesundheitspolitischen Bewertung mit den Daten aus der Literatur verglichen und auf Plausibilität überprüft. Die Projektionen von 12–14 DMFT bei Erwachsenen und Senioren mit Fluoridprophylaxe scheinen aufgrund von vorliegenden Zahlen für Erwachsene aus Ländern, die bereits früher mit präventiven Maßnahmen begonnen haben, realistisch [13, 21, 33]. Dies legen auch die aktuellen Daten von deutschen Erwachsenen mit 14–16 DMFT für 35- bis 44-Jährige nahe [14, 28, 29]. Bei Senioren liegen die projizierten Werte angesichts der heutigen 23 DMFT eher niedrig [14]. Das Modell unterschätzt folglich tendenziell die Kariesaktivität und -kosten, so dass die Vorteilhaftigkeit der Fluoridprophylaxe ebenfalls eher unterschätzt wird.

Die aus der Literatur entnommenen Daten zur Lebensdauer von Versorgungen und die Annahmen bei den Übergangswahrscheinlichkeiten für Füllungen, Wurzelbehandlungen, Kronen und Brücken führen zu einem Verhältnis der Versorgungen untereinander, die den

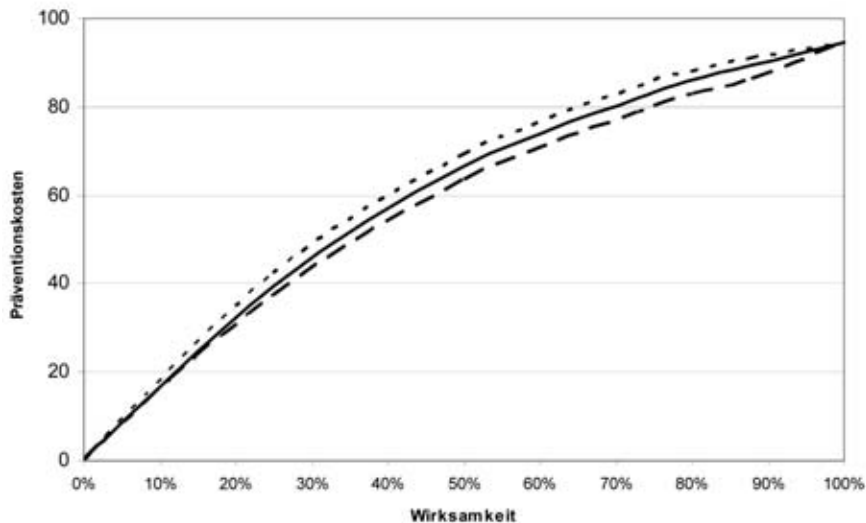


Abbildung 3 Maximale Präventionskosten [Euro pro Jahr] in Abhängigkeit von deren Wirksamkeit, um höhere Restaurationskosten einzusparen (Diskontierung 5 %).

Figure 3 Maximal costs of preventive scenarios [EUR per year] at different degrees of effectiveness in order to save restorative cost (5 % discounting rate).

aktuellen zahnärztlichen Versorgungsmustern entsprechen [14]. Die daraus resultierenden Kostenrelationen zwischen Füllungen, Wurzelfüllungen und Kronen sind ebenfalls äquivalent zum gegenwärtigen Verhältnis laut Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung [19].

Die zu erwartenden Lebenszeitkosten sind im Vergleich zu den zurzeit für die einzelnen zahnärztlichen Bereiche je Kassenmitglied und Jahr ausgegebenen Beträge [19] eher konservativ geschätzt, was die finanziellen Vorteile der Prävention eher unterschätzt. Die nicht in das Modell aufgenommene Möglichkeit von herausnehmbaren partiellen bzw. Totalprothesen und der höhere Anteil von Brücken einschließlich der daraus resultierenden Kosten entsprechen dem Trend zu mehr festsitzenden Versorgungsmustern. Potenziell könnten erweiterbare, herausnehmbare partielle Prothesen bei multiplen Zahnlücken gegenüber Brücken deutlich kostengünstiger sein. Die Abnahme der Extraktionen [15, 19] und die enorme Zunahme der erheblich kostenintensiveren, implantatgetragenen Prothetik lassen dies jedoch unwahrscheinlich erscheinen. Dann sind statt der Kosten für eine Brücke sogar die höheren Kosten für Implantat und Krone realistisch, was ebenfalls eine Unterschätzung der Lebenszeitkosten für Restaurationen bedingt.

Zusammenfassend kann folglich festgehalten werden, dass die Prognoseergebnisse der Karies durchaus mit den realen Daten übereinstimmen, die Kostendaten der kurativen Behandlung werden tendenziell leicht unterschätzt. Trotz dieser eher konservativen Schätzung der Lebenszeitkosten der Karies belegen die Simulationen die Effizienz einer Fluorid-Kariesprophylaxe.

Dieses Ergebnis entspricht den Resultaten empirischer Studien, die durchweg eine hohe Effektivität und Effizienz der Fluoridprophylaxe nachgewiesen haben [1, 16, 34]. Die bestehenden Studien berücksichtigen jedoch für die Effizienzberechnung in der Regel nicht die Folgekosten einer primären Karies. Diese Folgekosten sind die Aufwendungen für die Ersetzung einer ausgefallenen Füllung, die Ausweitung auf mehrflächige Füllungen, die Wurzelbehandlung, die Krone und die Brücke. Für eine realistische Effizienzanalyse ist folglich eine Prognose der Lebenszeitkosten notwendig. Dann werden auch zahnmedizinisch wirksame Präventionsmaßnahmen, die bei einer Beschränkung der ökonomischen Betrachtung auf die Programmdauer marginal effizient sind, wirtschaftlich attraktiver.

Die Simulationen zeigen, dass bei realistischen Diskontierungssätzen eine

kombinierte Nutzung von Fluoriden (Salz, Zahnpaste, F-Gelee) einen deutlichen Kostenvorteil aufweist, auch wenn der Effekt bei den zuletzt hinzugefügten Präparaten geringer ausfällt. Die kollektive Basisprophylaxe mit z. B. Salz weist die besten Ergebnisse auf und sollte auch aus ökonomischen Gründen durch Zahnpasta und konzentrierte Fluoridimpulse wie häusliche Geleeeinbürstungen ergänzt werden. Die zusätzliche Fluoridapplikation in der zahnärztlichen Praxis ist nur noch bei sehr niedrigen Diskontierungssätzen effizient. Trotzdem ist die professionelle Prävention durch den Zahnarzt essenziell, da hier die Abschätzung des Kariesrisikos, die Festlegung des Umfangs der häuslichen Prophylaxe, die Kontrolle, die Verordnung rezeptpflichtiger Präparate und andere Präventionsmaßnahmen wie die Zahnreinigung und Versiegelung vorgenommen werden.

Die Aussagen des Modells sind außerordentlich robust, da auch die Schwankungsbreiten der einzelnen Szenarien die Grundaussage des deutlichen ökonomischen Vorteils der Fluoridnutzung nicht aufheben. Die Kosten für Präventionsmaßnahmen, die bei Effizienz pro Jahr ausgegeben werden dürfen, liegen deutlich über den tatsächlichen Kosten von Kollektiv- oder Gruppenprophylaxe.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit den vorliegenden Daten klar die Kosten-Wirksamkeit der Fluoridnutzung in der zahnmedizinischen Prävention aufgezeigt wird. Letztendlich stellt jedoch die monetäre Bewertung der Zahngesundheit nur eine Dimension der Evaluation dar. Ein gesunder Zahn ist für den Betroffenen ein Beitrag zur Lebensqualität, die in dieser Analyse nicht erfasst wurde. Es entspricht dem Selbstverständnis der Autoren, dass gesunde Zähne und die damit verbundene mündgesundheitsbezogene Lebensqualität Werte per se sind, die auch ohne ökonomische Vorteilhaftigkeit eine Stärkung der Prophylaxe implizieren. Es ist allerdings umso beachtenswerter, dass die Fluoridprophylaxe nicht nur aus humaner, sondern auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist.

Erklärung zum Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literaturverzeichnis

1. Bates MN, Cutress T, Lee M: The cost-effectiveness of fluoridating water supplies in New Zealand. *Aust N Z J Public Health* 25, 170–178 (2001)
2. BEMA (Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen): Zahnmedizinischer Fachverlag, Herne 2004
3. Bratthall D, Hänsel Petersson G, Sundberg H: Reasons for the caries decline: what do the experts believe? *Eur J Oral Sci* 104, 416–432 (1996)
4. Clark R: System dynamics and modelling. Operations Research Society of America, Boston: INFORMS 1988
5. Dangerfield B: The system dynamics modelling process and DYSMAP2. *European Journal of Operational Research* 59, 203–209 (1992)
6. Fleßa S: Malaria und AIDS. Gesundheitsökonomische Analysen auf Grundlage von Disease Dynamics Modellen. Jacobs Verlag, Lage 2002, Band 11
7. Goodman MR: Study notes in system dynamics. MIT Press, Cambridge London 1988
8. Gillespie GM, Baez R: Development of salt fluoridation in the Americas. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 115, 663–669 (2005)
9. Hahn E, Badzio H: Vergleichende Qualitätsbeurteilung von Amalgam- und Kunststofffüllungen im Seitenzahnbereich. Med. Diss., Universität Greifswald, 2000
10. Heyduck C: Kariesprävalenz, -inzidenz und -verteilung bei zwölf- und fünfzehnjährigen Jugendlichen in Greifswald – eine Longitudinaluntersuchung. Inauguraldissertation, Universität Greifswald, 2004
11. Hugoson A, Koch G, Bergendal T et al.: Oral health of individuals aged 3–80 years in Jonköping, Sweden in 1973, 1983, and 1993. II. Review of clinical and radiographic findings. *Swed Dent J* 19, 243 (1995)
12. Hugoson A, Koch G, Slotte C, Bergendal T, Thorstensson B, Thorstensson H: Caries prevalence and distribution in 20–80-year-olds in Jonköping, Sweden, in 1973, 1983, and 1993. *Community Dent Oral Epidemiol* 28, 90–96 (2000)
13. IDZ (Institut der Deutschen Zahnärzte): Mundgesundheitszustand und -verhalten in der Bundesrepublik Deutschland. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 1991.
14. IDZ (Institut der Deutschen Zahnärzte): Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2006
15. John U, Hensel E, Lüdemann J et al.: Study of Health in Pomerania (SHIP): a health examination survey in an east German region: objectives and design. *Soz.-Präventivmedizin* 46, 186–194 (2001)
16. Källestal C, Norlund A, Soder B et al.: Economic evaluation of dental caries prevention: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 61, 341–346 (2003)
17. König KG, Bronkhorst EM, Frankenmolen F, Mulder J, van't-Hof MA: Time trends in caries experience of 6- and 12-year-old children of different socioeconomic status in The Hague. *Caries-Res* 32, 1–4 (1998)
18. KZBV (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung). Jahrbuch 2005, Köln 2006, 56–105
19. Menghini GD, Steiner M, Marthaler TM, Bandi A: Kariesbefall bei Schülern des Kantons Glarus in den Jahren 1974 bis 1992: Wirkung der Salzfluoridierung. *Schweiz-Monatsschr-Zahnmed* 208, 467–473 (1995)
20. Mjor I, Jokstad A, Qvist V: Longevity of posterior restorations. *Int Dent J* 40, 11–17 (1990)
21. National Institute of Health (NIH): Oral Health in Adults 1985–1986. NIH Publication, Bethesda 1987
22. Norris JR: Markov Chains. Cambridge Univ. Press, Cambridge 1999
23. Pieper K (DAJ): Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2004. Druckerei Gerhards GmbH, Bonn 2005
24. Poulsen S, Malling Pedersen M: Dental Caries in Danish children: 1988–2001. *Eur J Paed Dent* 3, 195–198 (2002)
25. Rauner MS, Brailsford SC, Fleßa S: The use of discrete-event simulation to evaluate strategies for the prevention of mother-to-child transmission of HIV in developing countries. *Journal of the Operational Research Society* 56, 222–233 (2005)
26. Salonen L, Allander L, Bratthall D, Togelius J, Helldén L: Oral health status in an adult Swedish population. Prevalence of caries. *Swed Dent J* 13, 111–123 (1989)
27. Schäl M: Markoffsche Entscheidungsprozesse. Teubner, Stuttgart 1990
28. Schiffner U, Reich E: Prävalenzen zu ausgewählten klinischen Variablen bei den Erwachsenen (35–44 Jahre). Micheelis, W.; Reich, E. (Hrsg.): Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III) Ergebnisse, Trends, Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Stichproben in Deutschland 1997. Deutscher Ärzteverlag, Köln 1999a
29. Schiffner U, Reich E: Prävalenzen zu ausgewählten klinischen Variablen bei den Senioren (65–74 Jahre). Micheelis, W.; Reich, E. (Hrsg.): Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III) Ergebnisse, Trends, Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Stichproben in Deutschland 1997. Deutscher Ärzteverlag, Köln 1999b
30. Schmelzer J: Einschätzung der Effektivität von Individual - Prophylaxeprogrammen zur Verbesserung der Mundhygiene. *Prophylaxe Impuls* 6, 167–173 (2002)
31. Schroeder HE: Orale Strukturbiologie. Thieme Verlag, Stuttgart 1987
32. Splieth Ch, Schwahn Ch, Bernhardt O et al.: Caries Prevalence in an Adult Population: Results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). *Oral Health & Preventive Dentistry* 1, 149–155 (2003)
33. Winn DM, Brunelle JA, Brown LJ, Kaste LM, Selwitz RJ, Oldakowski R: Coronal and root caries in the dentition of adults in the United States, 1988–1991. *J Dent Res* 75, 642–651 (1996)
34. Yee R, McDonald N, Walker D: A cost-benefit analysis of an advocacy project to fluoridate toothpastes in Nepal. *Community Dent Health* 21, 265–270 (2004)

■ Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Christian Splieth

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universität Greifswald
Abt. für Präventive Zahnmedizin und Kinderzahnheilkunde
Rotgerberstr. 8
17487 Greifswald
Tel.: 0 38 34 / 86 71 01
Fax: 0 38 34 / 86 72 99
E-Mail: Splieth@uni-greifswald.de