



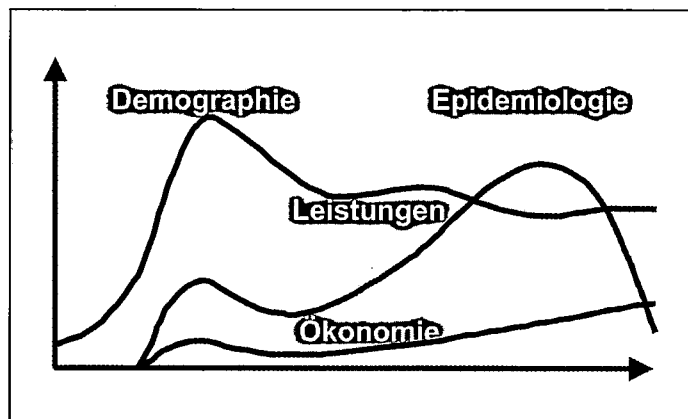
INSTITUT DER DEUTSCHEN ZAHNÄRZTE

Ralph Kaufhold, Peter Biene-Dietrich,
Uwe Hofmann, Wolfgang Micheelis,
Lothar Scheibe, Markus Schneider

Ökonomische Effekte der Individual- prophylaxe

Dokumentation eines computergestützten
Simulationsmodells

Materialienreihe
Band 22



Ökonomische Effekte der Individualprophylaxe

Materialienreihe
Band 22

Ralph Kaufhold, Peter Biene-Dietrich, Uwe Hofmann,
Wolfgang Micheelis, Lothar Scheibe, Markus Schneider

Ökonomische Effekte der Individualprophylaxe

Dokumentation eines computergestützten Simulationsmodells

Herausgeber:

Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ)

in Trägerschaft von

Bundeszahnärztekammer

– Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zahnärztekammern e.V. –

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung – Körperschaft des öffentl. Rechts –
50931 Köln, Universitätsstr. 71–73

Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser
Köln München 1999

Autoren:

Dipl.-Volksw. Ralph Kaufhold
Institut der Deutschen Zahnärzte
Köln

Dr. Peter Biene-Dietrich
BASYS GmbH
Augsburg

Dr. Uwe Hofmann
BASYS GmbH
Augsburg

Dr. Wolfgang Micheelis
Institut der Deutschen Zahnärzte
Köln

Dipl.-Math. Lothar Scheibe
Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung
Köln

Dr. Markus Schneider
BASYS GmbH
Augsburg

Redaktion:

Inge Bayer
Institut der Deutschen Zahnärzte
Köln

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ökonomische Effekte der Individualprophylaxe:

Dokumentation eines computergestützten Simulationsmodells / [Hrsg.: Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ)]. Ralph Kaufhold: ... – Köln ; München : Dt. Zahnärzte-Verl. DÄV-Hanser, 1999
(Materialienreihe / Institut der Deutschen Zahnärzte ; Bd. 22)
ISBN 3-934280-14-5

ISBN 3-934280-14-5

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Verlages.

Copyright © by Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser
Köln München 1999

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	7
1 Einführung	9
2 Prophylaktische Versorgung in Deutschland	15
2.1 Kollektivprophylaxe	15
2.2 Gruppenprophylaxe	16
2.3 Individualprophylaxe	17
3 Aufbau des Simulationsmodells COSIMO-PX	21
3.1 Modul Bevölkerung	23
3.1.1 Daten	23
3.1.2 Demographisches Prognosemodell	24
3.1.3 Ergebnisse	29
3.2 Modul Mundgesundheit	33
3.2.1 Daten	34
3.2.2 Säkularer Trend	36
3.2.3 Ergebnisse	38
3.3 Modul Leistungen	45
3.3.1 Daten	46
3.3.2 Kategoriale Leistungsaufteilung	46
3.3.3 Ableitung zahnärztlicher Leistungen	48
3.4 Modul Ökonomie	59
3.4.1 Kategoriale Umsatzbestimmung	59
3.4.2 Ergebnisse	62
4 Individualprophylaktisches Wirkungsmodell	65
4.1 Modellstruktur	66
5 Benutzeroberfläche	73
6 Beispielszenario	77
6.1 Vorgaben	77
6.2 Zahnmedizinische Effekte der Individualprophylaxe	78
6.3 Wirtschaftliche Effekte der Individualprophylaxe	80

7	Ausblick	89
8	Zusammenfassung	95
9	Summary	99
10	Literaturverzeichnis	103
	Anhang	107
	Verzeichnis der Abbildungen	109
	Verzeichnis der Abkürzungen	111
	Verzeichnis der Tabellen	113
	Veröffentlichungen des Instituts der Deutschen Zahnärzte	115

Geleitwort

Seit vielen Jahren steht die Prävention im Zentrum der zahnärztlichen Aufmerksamkeit. Mit ihrem im Jahr 1995 vorgestellten Konzept „Prophylaxe ein Leben lang“ machte die Bundeszahnärztekammer deutlich, wie wichtig die Umorientierung von einer restaurativen hin zu einer präventiven Zahnheilkunde ist und auch die aktuellen Ergebnisse der „Dritten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS III)“ zeigen, daß sich die Mundgesundheit in den zurückliegenden Dekaden deutlich verbessert hat. Insbesondere Kinder und Jugendliche haben von diesem – durchaus als rasant zu bezeichnenden – Trend profitiert. Daß Maßnahmen der Kollektiv-, Gruppen- und Individualprophylaxe einen wichtigen Anteil an dieser Entwicklung haben, ist in einer Vielzahl von oralepidemiologischen Studien belegt und wird inzwischen allgemein akzeptiert. Weitestgehend unbeantwortet ist jedoch die wichtige Frage nach den finanziellen Effekten der Prävention für das Gesundheitssystem insgesamt.

Da das Thema „Prävention“ für das Institut der Deutschen Zahnärzte einen Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit darstellt, lag es nahe, die ökonomischen Effekte der Individualprophylaxe im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zu analysieren. Das forschungspolitische Anliegen war es, vorhandene oralepidemiologische, ökonomische und demographische Daten systematisch zu verknüpfen und auf dieser Basis die zukünftige finanzielle Entwicklung in der zahnärztlichen Versorgung abzuschätzen. Realisiert wurde dieses Vorhaben als computergestütztes Simulationsmodell (Kurztitel COSIMO-PX), welches es dem Anwender erlaubt, verschiedene Prophylaxe-Szenarien zu definieren. Zum ersten Mal steht den Entscheidungsträgern im Gesundheitswesen damit ein Instrument zur Verfügung, mit dessen Hilfe unterschiedliche Annahmenkonstellationen gleichsam durchgespielt werden können und gleichzeitig die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sichergestellt ist.

Die aus meiner Sicht zentrale Schlußfolgerung ist, daß ganz offensichtlich auch die präventive Dienstleistung ihren „Preis“ hat. Dies bedeutet aber auch, daß die von den Kostenträgern vielfach geäußerten Erwartungen an mögliche Einsparvolumen der Prävention nicht – oder jedenfalls nicht kurzfristig – zu realisieren sind. Prophylaxe kann die restaurative Spätversorgung nicht in jedem Fall vermeiden, aber oft in eine spätere Lebensphase verlagern. Sie ermöglicht breiten Bevölkerungskreisen mit gesunden Zäh-

nen bis in ein relativ hohes Lebensalter zu leben – mit allem Gewinn an Schmerzvermeidung, Gesundheitssteigerung und Lebensqualität. Auch wenn sich angesichts enger finanzieller Spielräume jede Art der (zahn-)medizinischen Versorgung an Kosten-Nutzen-Kriterien messen lassen muß, darf niemals vergessen werden, daß das zentrale Anliegen der Prävention die Krankheits- und nicht die Kostenvermeidung ist. Der große Erfolg zahnmedizinischer Prävention ist die Erhaltung gesunder oraler Strukturen und die daran geknüpfte Steigerung der Lebensqualität des Patienten.

Mit diesem Simulationsmodell des IDZ wurde wissenschaftliches Neuland betreten, indem zwischen der oralepidemiologischen Forschung und der gesundheitsökonomischen Forschung erstmals ein Brückenschlag erfolgte. Vor diesem Hintergrund versteht sich das Modell als ein gelungenes, jedoch auch entwicklungsfähiges Instrument zur Politikberatung, welches in der Lage ist, die politische Diskussion zu beleben und gleichzeitig zu versachlichen.

Für das große Engagement bei der Entwicklung des Simulationsmodells und der Erstellung der vorliegenden Publikation dankt das IDZ den Kollegen des Instituts BASYS/Augsburg und der Abteilung Statistik der KZBV. Alle Forschungsbeteiligte haben durch ihren kreativen und kritischen Einsatz sehr zum Gelingen dieses innovativen Projektes beigetragen.

Prof. Dr. Burkhard Tiemann
Geschäftsführender Direktor des IDZ

Köln, im September 1999

1 Einführung

In den westlichen Industrieländern hat sich der Umfang der Karieserfahrung während der letzten Jahrzehnte deutlich verringert. Dieses als „Caries Decline“ bezeichnete Phänomen (vgl. Künzel, 1997) ist in der oralepidemiologischen Forschungsliteratur sehr gut dokumentiert. Ein eindrucksvolles Beispiel über Ausmaß und Dynamik dieser Entwicklung bietet eine 23jährige schwedische Verlaufsstudie (vgl. Ahacic, Barenthin und Thorslund, 1998). Dort wurden in den Jahren 1968, 1974, 1981 und 1991/92 repräsentative Stichproben schwedischer Erwachsener über ihre Mundgesundheit interviewt. Die Befragten wurden gebeten, ihren Mundgesundheitszustand einer der folgenden Kategorien zuzuordnen: „vollständiger bzw. weitreichender Zahnverlust“, „Brücken, Kronen bzw. viele Füllungen“ oder „wenige Füllungen bzw. naturgesundes Gebiß“. Die zentralen Ergebnisse dieser Studien sind in den folgenden Abbildungen 1 bis 3 dargestellt.

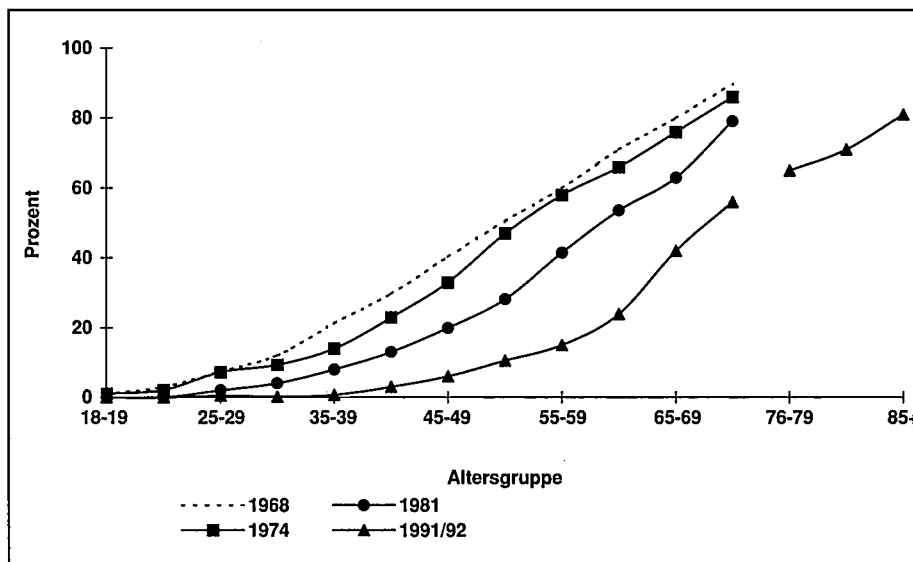


Abbildung 1: Anteil schwedischer Erwachsener (in Prozent) mit vollständigem oder weitreichendem Zahnverlust (Selbsteinschätzung) in verschiedenen Altersgruppen von 1968 bis 1991/92 (Quelle: Ahacic, Barenthin und Thorslund, 1998)

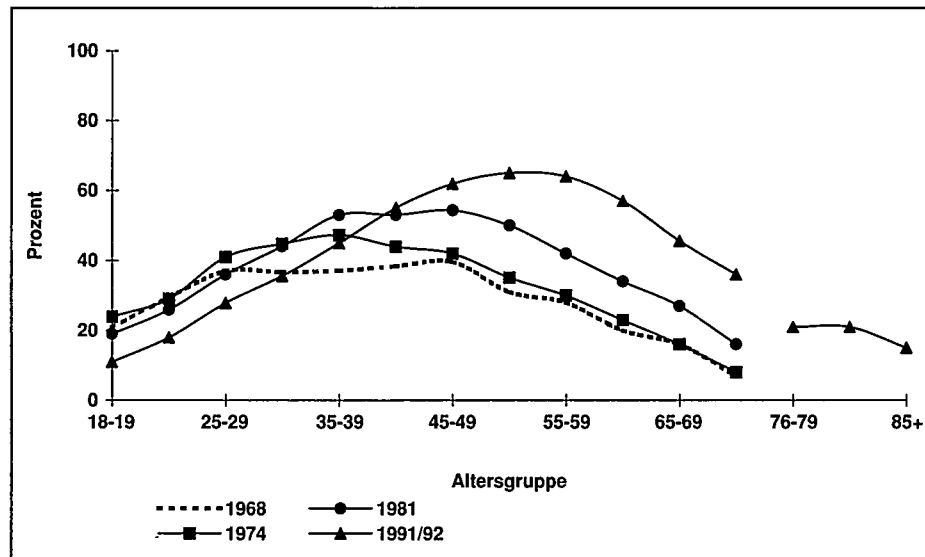


Abbildung 2: Anteil schwedischer Erwachsener (in Prozent) mit Brücken, Kronen oder vielen Füllungen (Selbsteinschätzung) in verschiedenen Altersgruppen von 1968 bis 1991/92 (Quelle: Ahacic, Barenthin und Thorslund, 1998)

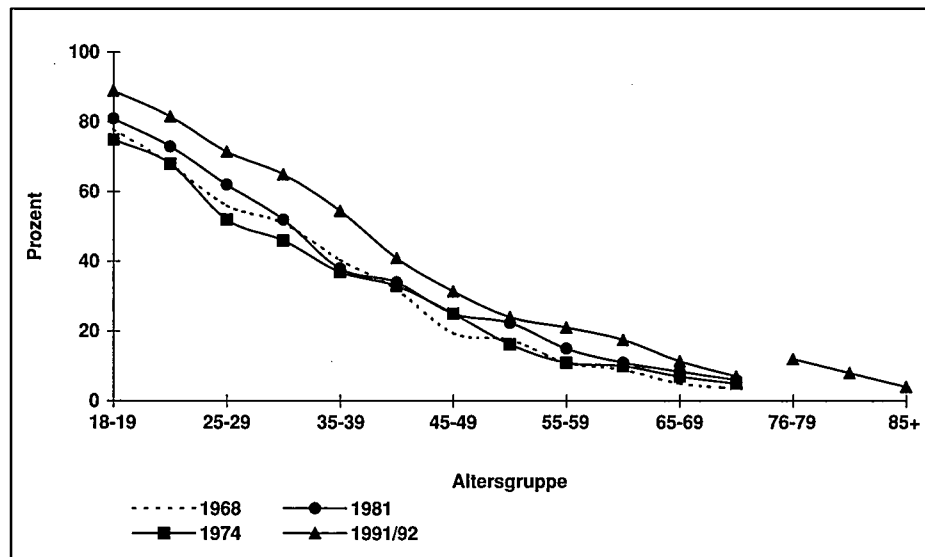


Abbildung 3: Anteil schwedischer Erwachsener (in Prozent) mit wenigen Füllungen oder naturgesundem Gebiß (Selbsteinschätzung) in verschiedenen Altersgruppen von 1968 bis 1991/92 (Quelle: Ahacic, Barenthin und Thorslund, 1998)

Bezogen auf die jeweilige Gesamtstichprobe hat sich der Anteil der Personen mit vollständigem bzw. weitreichendem Zahnverlust zwischen 1968 und 1991 von 38 Prozent auf 13 Prozent reduziert (vgl. Abb. 1). Gleichzeitig ist die mit Brücken, Kronen bzw. vielen Füllungen versorgte Personen-Gruppe kontinuierlich von 30 Prozent auf 45 Prozent gewachsen (vgl. Abb. 2). In der Kategorie wenige Füllungen bzw. naturgesundes Gebiß erreicht der Anstieg von 32 Prozent auf 42 Prozent eine ähnliche Dimension (vgl. Abb. 3). Wie Abbildung 1 zeigt, hat sich der Zahnverlust im Beobachtungszeitraum deutlich in die älteren Jahrgänge verlagert. In den Altersgruppen jenseits des 50. Lebensjahres ist der Personenanteil mit vollständigem oder weitreichendem Zahnverlust um über 40 Prozent gesunken. Diese Beobachtung korrespondiert mit der in Abbildung 2 dargestellten Entwicklung. Es zeigt sich, daß der Anteil der Personen mit Brücken, Kronen bzw. vielen Füllungen bei den über 50jährigen im Durchschnitt um mehr als 30 Prozent gestiegen ist. Bei den Jüngeren ist die Bedeutung der Brücken- und Kronenversorgung gesunken, gleichzeitig kann innerhalb dieser Altersgruppen eine Zunahme der naturgesunden Gebisse beobachtet werden. Abbildung 3 verdeutlicht, daß in dieser Kategorie zwischen 1968 bis 1981 nur relativ geringe Veränderungen aufgetreten sind. Erst ab 1981 hat eine dynamische Verbesserung eingesetzt, von der jedoch die Jungen mehr als die Alten profitiert haben.

Ausgehend von diesen Beobachtungen können für die westlichen Industrieländer einige grundlegende Entwicklungstrends abgeleitet werden. Für die Kinder und Jugendlichen wird erwartet, daß deren Kariesbefall weiter bis auf ein sehr niedriges Niveau zurückgehen wird (vgl. Marthaler, O'Mullane, Vrbic, 1996). Ein gestiegenes Gesundheitsbewußtsein und eine verbesserte Mundhygiene lassen eine Zunahme der Parodontalerkrankungen in dieser Altersgruppe eher unwahrscheinlich erscheinen. In mittleren und höheren Altersgruppen weist der Zahnverlust eine deutlich sinkende Tendenz auf (vgl. Fejerskov und Baelum, 1998). Dies führt dazu, daß mehr Zähne über einen längeren Zeitraum einem Risiko zu erkranken ausgesetzt sind. Einer amerikanischen Prävalenzstudie zufolge ist eine höhere Zahl erhaltener Zähne mit einer umfangreicheren Karieserfahrung, mit mehr Parodontalerkrankungen und häufigeren Zahnarztbesuchen verbunden (vgl. Joshi et al., 1996).

Das zahnärztliche Behandlungsspektrum wird angesichts dieser Mundgesundheitstrends und des demographischen Alterns der Bevölkerung nicht unverändert bleiben. Einen synoptischen Überblick, wie sich die Gewichte wahrscheinlich verlagern werden, vermittelt Tabelle 1 (vgl. Tab. 1).

In Deutschland haben insbesondere Kinder und Jugendliche von der Entwicklung hin zu einer besseren Mundgesundheit profitiert. Beispielsweise hat sich in den alten Bundesländern bei den 12jährigen die Karieserfahrung zwischen 1983 und 1997 um über 80 Prozent reduziert. Daß die zahnmedizinische Prophylaxe einen positiven Einfluß auf die orale Gesundheit aus-

Tabelle 1: Entwicklungstrends in der Zahnmedizin			
Zahnmedizin		Tendenz kurzfristig	Ausblick langfristig
1. Karies	a) allgemein	–	–
	b) Wurzelkaries	+	++
	c) Keildefekte	+	–
	d) Ästhetik	+	++
2. Parodontitis	a) 55% leichte Fälle	–	--
	b) 35% mittlere Fälle	–	--
	c) 10% schwere Fälle	=	=
3. Endodontie		+	+
4. Stomatologie	a) allgemeine Untersuchung	+	+
	b) Diagnostik, Beratung	+	+
5. Prothetik	a) festsitzend	=*	–
	b) abnehmbar	=*	–
6. Kieferorthopädie	a) Kinder	=*	=
	b) Erwachsene	+	=
7. Kinderzahnheilkunde		+	?
8. Implantologie		+	+
9. Kiefergelenk und Muskulatur		+	+
10. Gerodontologie		≥	?
11. Systematische und medikationsbedingte Zahnmedizin		+	++
12. Unfälle		+	++
13. Notfälle		+	
14. Recall – Nachsorge – Praxis-Management		++	++
15. Systematische präventive Betreuung		++	++
Legende: + Zunahme = gleichbleibend			
++ starke Zunahme ≥ zunehmend bis gleichbleibend			
– Abnahme * anspruchsvoller			
-- starke Abnahme ? unklar			
Quelle: Saxer, 1998			

übt, ist in der internationalen Forschungsliteratur gut dokumentiert und kann heute nicht mehr ernsthaft in Frage gestellt werden. In einer zweijährigen klinischen Studie an schwedischen Schulkindern im Alter von 6 bis 14 Jahren wurde gezeigt, daß mittels eines betreuungsintensiven Prophylaxeprogramms Kariesneuerkrankungen nahezu vollständig verhindert werden können (vgl. Axelsson und Lindhe, 1974). Auch bei erwachsenen Patienten können mit ausgefeilten präventiven Betreuungskonzepten ähnliche Erfolge

erzielt werden. Dies belegen die Ergebnisse einer ebenfalls in Schweden durchgeführten Längsschnittstudie über 15 Jahre (vgl. Axelsson, Lindhe und Nyström, 1991). Die Resultate derartiger Studien, die mit einer begrenzten Anzahl von Probanden und einem strengen Recallsystem durchgeführt werden, lassen sich jedoch nicht einfach auf die Gesamtbevölkerung eines Landes übertragen. Unterschiedliche Bildungsniveaus, der Zugang zu Präventionsmaßnahmen, soziale Komponenten und die Aufklärung über die Notwendigkeit zahnmedizinischer Prophylaxe sind Barrieren, die es zu überwinden gilt (vgl. Hellwig, 1996).

Während der positive Einfluß der präventiven Versorgung auf die Mundgesundheit nicht mehr angezweifelt wird, werden die einer präventiven Versorgung direkt zuschreibbaren finanziellen Konsequenzen für das Gesundheitswesen sehr unterschiedlich beurteilt. Das Bundesgesundheitsministerium schätzt, daß in den vergangenen Jahren in der gesetzlichen Krankenversicherung aufgrund der verbesserten Mundgesundheit mehrere Milliarden DM eingespart werden konnten. Der Löwenanteil der Einsparungen entfiel dabei auf den Bereich der prothetischen Versorgung. Für die Zukunft könnten nach Ansicht des Bundesgesundheitsministeriums durch einen Ausbau der Prophylaxe weitere Einsparpotentiale erschlossen werden (vgl. Bauer, Neumann und Saekel, 1995). In der Schweiz, einem Land mit einer relativ langen Prophylaxetradition, werden die ökonomischen Effekte der Prophylaxe anders beurteilt. Dort wird davon ausgegangen, daß trotz Prophylaxe die Pro-Kopf-Ausgaben in der Zahnmedizin nicht sinken werden und das zahnmedizinische Auftragsvolumen zumindest gleich bleiben, vermutlich sogar eher zunehmen wird (vgl. Lutz, 1994).

Angesichts einer solchen Bandbreite möglicher finanzieller Effekte stellt sich den Akteuren im Gesundheitswesen die Frage, ob bzw. welche der Untersuchungen sie als Entscheidungsgrundlage, z.B. hinsichtlich der Ausgestaltung und Vergütung prophylaktischer Leistungen, heranziehen können. Oftmals ist die Reichweite der Untersuchungen begrenzt, da entweder die dynamischen Zusammenhänge zwischen Mundgesundheitsentwicklung und zahnärztlichem Behandlungsbedarf nicht berücksichtigt werden oder die abgeleiteten Prognosen eher qualitativer Art sind.

Um eine transparente Diskussion der langfristigen wirtschaftlichen Effekte einer individualprophylaktischen Versorgung von Kindern und Jugendlichen zu ermöglichen, wurde das im folgenden vorgestellte computergestützte Simulationsmodell „COSIMO-PX“ entwickelt. Mittels einer klar definierten mathematischen Struktur werden demographische, oralepidemiologische und ökonomische Daten miteinander verknüpft. Gleichzeitig bietet das Modell die Möglichkeit, wichtige Einflußfaktoren auf das Ergebnis, z.B. die Inanspruchnahmequote und die Wirksamkeit individualprophylaktischer Leistungen, zu variieren. Damit ist es möglich, verschiedene Szenarien zu schaffen, die resultierenden wirtschaftlichen Effekte auf Mikro- und Makroebene zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

2 Prophylaktische Versorgung in Deutschland

Die zahnmedizinische Prävention verfolgt das Ziel, über eine Reduktion der Krankheitsrisiken zu einer Verbesserung der Mundgesundheit beizutragen. Die Vorbeugung vor oralen Krankheiten erfolgt dabei auf mehreren Ebenen. Wie Tabelle 2 (vgl. Tab. 2) entnommen werden kann, wird zwischen der kollektiven Prophylaxe, die sich an die Bevölkerung insgesamt richtet, der semikollektiven Prophylaxe bzw. Gruppenprophylaxe und der Individualprophylaxe unterschieden.

Tabelle 2: Prophylaxe-Ebenen und zugeordnete Maßnahmen

Kollektiv- oder Populationsprophylaxe

- Trinkwasserfluoridierung (nicht in Deutschland)
- Speisesalzfluoridierung
- fluoridierte Zahnpasten

Gruppenprophylaxe

- allgemeine Mundhygieneinstruktionen
- Zahnputzübungen
- Ernährungshinweise
- Fluoridanwendungen

Individualprophylaxe

- Risikodiagnostik
- eventuelle Frühbehandlung und/oder Intensivbetreuung
- Mundhygieneberatung
- Zahnputzübungen
- Ernährungsberatung
- Fluoridapplikationen (einschließlich Fluoridanamnese)
- Fissurenversiegelungen
- professionelle Zahnreinigung (keine vertragszahnärztliche Leistung)

© IDZ, 1999

2.1 Kollektivprophylaxe

Zu den Maßnahmen, die der Kollektivprophylaxe zugeordnet werden können, zählen die Trinkwasserfluoridierung, die Speisesalzfluoridierung und die fluoridierten Zahnpasten.

Mit Trinkwasserfluoridierung wird die künstliche Anreicherung des in vielen Trinkwassern natürlich vorkommenden Fluorids bezeichnet. Internationale Untersuchungen beispielsweise aus der Schweiz und den USA zeigen, daß allein durch die Trinkwasserfluoridierung die Karieshäufigkeit von Kindern und Jugendlichen deutlich vermindert wird und dieser Effekt bis in das Erwachsenenalter anhält. Potentielle Nutznießer der Trinkwasserfluoridierung sind alle Einwohner eines Landes, die an eine zentrale Wasserversorgung angeschlossen sind. Der einzelne bekommt ohne eigene Mitwirkung den Fluoridträger ins Haus geliefert und nimmt im Rahmen seiner herkömmlichen Ernährungsweise Fluorid in prophylaktisch wirksamer Konzentration zu sich (vgl. WldO, 1979). In Deutschland ist die Trinkwasserfluoridierung aufgrund der aktuellen Gesetzeslage nicht möglich.

Langzeitstudien aus der Schweiz, Ungarn und Kolumbien (vgl. Hellwig, 1998) zeigen, daß die karieshemmenden Effekte des fluoridierten Speisesalzes mit denen der Trinkwasserfluoridierung vergleichbar sind (vgl. Rübiger, 1989). In Deutschland wird fluoridiertes Speisesalz seit 1991 als Alternative zum herkömmlichen Kochsalz flächendeckend angeboten. Im Jahr 1998 lag der Marktanteil des Fluorsalzes bei etwa 30 Prozent (vgl. IfK, 1999). Die Verbreitung des mit Fluor angereicherten Speisesalzes wird durch das zur Zeit noch bestehende Verbot, es in der Lebensmittelproduktion und in Großküchen zu verwenden, begrenzt.

Über die präventive Effektivität der fluoridierten Zahnpasten liegt wissenschaftlicher Konsens vor. Bei der Benutzung einer Fluoridzahnpasta handelt es sich um eine lokale Fluoridanwendung, die den Zweck verfolgt, das Fluoriddepot des Oberflächenschmelzes zu erhalten bzw. eine Fluoridanreicherung zu erreichen. In Deutschland haben die fluoridierten Zahnpasten am Gesamtverbrauch der Zahnpasten im Zeitraum zwischen 1990 und 1994 einen Anteil von über 90 Prozent erreicht (vgl. Marthaler, O'Mullane, Vrbic, 1996).

2.2 Gruppenprophylaxe

Die gesetzliche Grundlage für die Gruppenprophylaxe bildet § 21 des Sozialgesetzbuches V (SGB V), welcher 1989 durch das Gesundheits-Reformgesetz geschaffen und 1993 im Rahmen des Gesundheits-Strukturgesetzes geändert und ergänzt wurde.

§ 21 SGB V beschreibt die Gruppenprophylaxe als eine gemeinsame Aufgabe der Krankenkassen, der Zahnärzte und des öffentlichen Gesundheitsdienstes, Maßnahmen zur Erkennung und Verhütung von Zahnerkrankungen zu fördern. Diese Maßnahmen richten sich an Kinder, die das 12. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, und werden vorrangig in Gruppen, in erster Linie in Kindergärten und Schulen, durchgeführt. Sie erstrecken sich auf die Untersuchung der Mundhöhle, die Erhebung des Zahnstatus, das Demonstrieren

und Üben des Zähneputzens, auf die Ernährungsberatung, auf die kontrollierte Anwendung von Fluoriden und auf die Motivation zum regelmäßigen Zahnarztbesuch. Hinzu kommen Informationsveranstaltungen für Eltern und Erzieherinnen (vgl. Stein und Specke, 1997).

Die aus der sozialen Schichtzugehörigkeit erwachsenden Risikounterschiede, an Karies oder Parodontopathien zu erkranken, können beispielsweise durch die Form der „aufsuchenden“ Prophylaxe verringert werden.

2.3 Individualprophylaxe

Die zahnmedizinische Individualprophylaxe (IP) ergänzt die Maßnahmen der Gruppenprophylaxe sinnvoll und führt diese fort. Kinder und Jugendliche, die das 6., aber noch nicht das 18. Lebensjahr vollendet haben, können gemäß §22 SGB V an der individualprophylaktischen Versorgung, die in der Zahnarztpraxis erbracht wird, teilnehmen. Im Rahmen der vertragszahnärztlichen Versorgung stehen dem Zahnarzt verschiedene kommunikativ-pädagogische Leistungen zur Förderung des oralen Gesundheitsverhaltens und zahnmedizinische Leistungen zur Senkung des Erkrankungsrisikos zur Verfügung. Im einzelnen erstreckt sich die Individualprophylaxe auf folgende Positionen des „Einheitlichen Bewertungsmaßstabes für zahnärztliche Leistungen“ (Bema-Z)¹:

- Mundhygienestatus (Bema-Nr. IP 1)
- Intensivmotivation (Bema-Nr. IP 2)
- Remotivation (Bema-Nr. IP 3)
- Lokale Fluoridierung der Zähne (Bema-Nr. IP 4)
- Fissurenversiegelung (Bema-Nr. IP 5)

Diese individualprophylaktischen Leistungen werden im Rahmen eines dreijährigen Behandlungszyklus erbracht, über dessen Struktur Abbildung 4 (vgl. Abb. 4) informiert.

Die individualprophylaktische Versorgung beginnt mit der Erhebung des Mundhygienestatus. Dieser umfaßt die Beurteilung der Mundhygiene und des Zahnfleischzustandes, die Feststellung und Beurteilung von Plaque-Retentionsstellen sowie die Erhebung geeigneter Indizes. Mit Hilfe der Indizes können Veränderungen des Mundhygienestatus gemessen und kontrolliert werden.

¹ Der Einheitliche Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen enthält alle zahnärztlichen Leistungen, die im Rahmen der vertragszahnärztlichen Versorgung erbracht werden können. Neben einer inhaltlichen Beschreibung legt der Bema-Z die Punktzahl jeder einzelnen zahnärztlichen Leistung fest. Die Vergütung erfolgt nach der Formel "Punktzahl * Punktwert" (vgl. Liebold, Raff und Wissing, 1998).

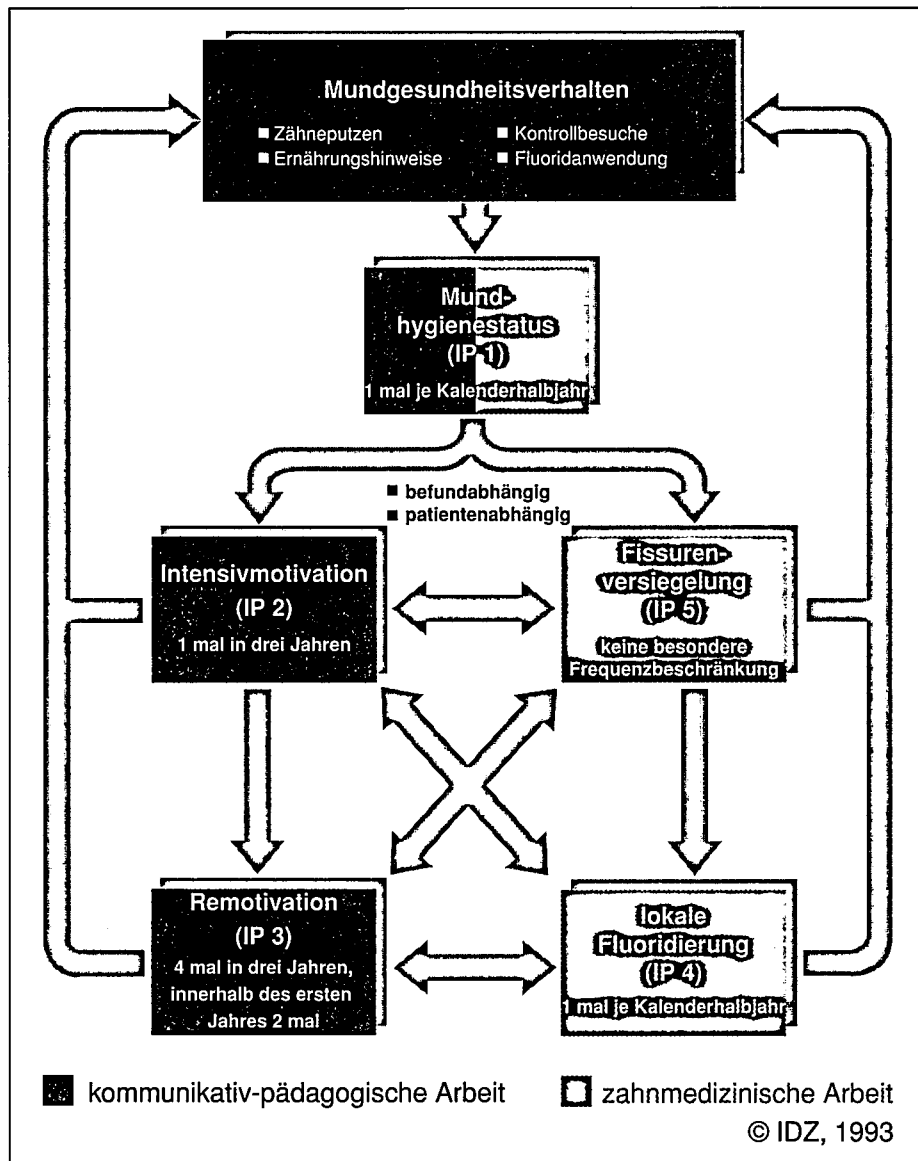


Abbildung 4: Gefüge der IP-Positionen im Rahmen der vertragszahnärztlichen Versorgung

Der Erfolg der Individualprophylaxe ist in jeder Phase von der Mitarbeit des Patienten (englisch „Compliance“) abhängig. Mit der Intensivmotivation soll beim Patienten die Einsicht geweckt werden, daß in erster Linie er selbst für seine Mundgesundheit verantwortlich ist, um auf diesem Wege sein Engagement für die Mundhygiene (englisch „Empowerment“) zu fördern. Dieser

Ansatz entspricht dem Prinzip von Oral health self care. Die Motivationsförderung startet mit der Aufklärung über die Entstehung von Karies und Parodontopathien (vgl. hierzu auch Kapitel 3.2) sowie mit Hinweisen für eine zahngesunde Ernährung. Durch die Demonstration von Zahnputztechniken an Modellen und anschließendes praktisches Üben sollen die Fähigkeiten des Patienten zur häuslichen Zahn- und Mundpflege verbessert werden.

Das Ziel der weiteren individualprophylaktischen Betreuung ist es, einem Nachlassen der Bemühungen des Patienten um seine Mundhygiene vorzubeugen. Dies kann nur durch regelmäßige Kontrollen der Mundhygiene und gegebenenfalls durch eine Remotivation, welche auf den Inhalten der Intensivmotivation aufbaut, erreicht werden.

Als begleitende Maßnahme zu den Bema-Positionen IP 1, IP 2 und IP 3 ist die lokale Fluoridierung zur Schmelzhärtung mit Lack, Gel oder ähnlichem angezeigt. Dabei sind häusliche Fluoridierungsmaßnahmen, z. B. mit Fluoridspülungen und Fluoridgelees, durch den Patienten zu berücksichtigen.

Das bisher beschriebene systematische Präventionskonzept wird durch die Fissurenversiegelung der ersten und zweiten Molaren (Backenzähne) ergänzt. In der Regel erfolgt die Fissurenversiegelung in mehreren Phasen. Der beste Zeitpunkt zur Versiegelung der ersten bleibenden Molaren nach ihrem vollständigen Durchbruch ist die Altersspanne zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr. Im Alter von 11 bis 13 Jahren werden die zweiten Molaren nach ihrem vollständigen Durchbruch versiegelt. Bei der einfachen Fissurenversiegelung werden kariesfrei erscheinende Spalten und Grübchen der Molaren nach einer Zahnreinigung und Konditionierung gezielt mit einer dünnen Kunststoffschicht überzogen. Dieser Versorgung kommt eine besondere Bedeutung zu, da das Fissurensystem der Molaren besonders kariesgefährdet ist. Diese Gefahr erwächst aus den Schwierigkeiten, die oftmals zerklüfteten Kauflächen der Molaren sauberzuhalten. Erschwerend kommt hinzu, daß das Ernährungsverhalten von Kindern häufig kariesfördernd ist und sie noch nicht über die Motivation und die feinmotorische Voraussetzung für eine effektive Plaquekontrolle verfügen. Auch im Falle eines bereits eingetretenen kleinen kariösen Defekts ist eine sogenannte erweiterte Fissurenversiegelung nach entsprechender Reinigung und Präparation sinnvoll: Durch den Kunststoffüberzug werden die kariesverursachenden Mikroorganismen so eingemauert, daß sie absterben oder zumindest ihre Stoffwechselaktivitäten so einschränken, daß die Läsion nicht mehr fortschreiten kann (vgl. Staehle, 1997).

3 Aufbau des Simulationsmodells COSIMO-PX

Mit dem Ziel, den Einfluß der Individualprophylaxe auf die wirtschaftliche Situation in der zahnärztlichen Versorgung analysieren zu können, wurde das computergestützte Simulationsmodell COSIMO-PX entwickelt und unter Verwendung der Programmiersprache Visual Basic realisiert. Da die Individualprophylaxe ihre positive Wirkung auf die Mundgesundheit erst mittel- bis langfristig voll entfaltet, muß das Simulationsmodell eine zeitliche Dimension aufweisen, welche es ermöglicht, die gegenwärtige individualprophylaktische Versorgung und deren zukünftige Ergebnisse in einen Zusammenhang zu stellen. Der gewählte Prognosezeitraum für die Simulation umfaßt daher die Jahre von 1989 bis 2040. Aufgrund der aktuellen Datenlage beziehen sich in der vorliegenden Version des Simulationsmodells alle Berechnungen und daraus abgeleiteten Aussagen in erster Linie auf die alten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland. Jedoch kann davon ausgegangen werden, daß zumindest aus qualitativer Sicht die Ergebnisse auch für die neuen Bundesländer zutreffen.

Wie Abbildung 5 zeigt (vgl. Abb. 5), besteht das Simulationsmodell aus den Modulen „Bevölkerung“, „Mundgesundheit“, „Leistungen“ und „Ökonomie“. Über Schnittstellen werden die demographischen, oralepidemiologischen und wirtschaftlichen Daten miteinander verknüpft. Die Berechnungen des Simulationsmodells gehen zunächst von einer durch Individualprophylaxe unbeeinflussten Entwicklung der Mundgesundheit durchschnittlicher Patienten aus. Für diese Situation werden die resultierenden Leistungsmengen zahnärztlicher Versorgungsformen pro Kopf ermittelt und anschließend auf die Bevölkerung hochgerechnet. Durch den Einbezug der entsprechenden Vergütung wird der Honorarumsatz im zahnärztlichen Sektor bestimmt.

Von der mit Einführung der individualprophylaktischen Versorgung einsetzenden Verbesserung der Mundgesundheit bleibt das zahnärztliche Leistungsgeschehen nicht unberührt. Mengenschiebungen, wie sie beispielsweise zwischen dem festsitzenden und herausnehmbaren Zahnersatz auftreten, führen auch zu Veränderungen des Gesamthonorarvolumens. Diese wirtschaftlichen Effekte der Individualprophylaxe werden durch einen Vergleich der Honorarumsätze mit und ohne Individualprophylaxe ermittelt.

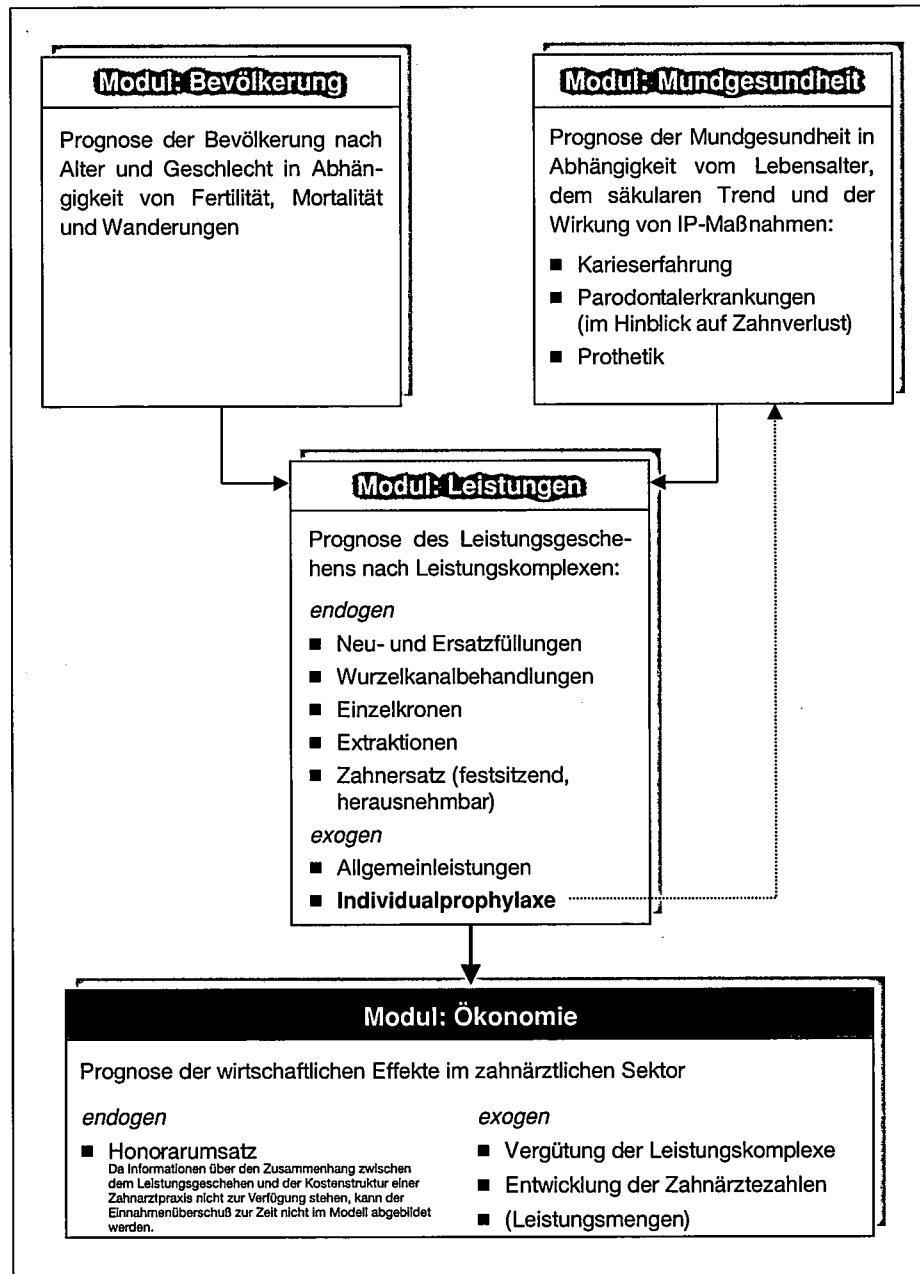


Abbildung 5: Struktur des Simulationsmodells

3.1 Modul Bevölkerung

Für die wirtschaftliche Situation im zahnärztlichen Sektor ist nicht nur die Gesamtbevölkerung, sondern auch deren Altersstruktur von Bedeutung. Beispielsweise werden die Nachfrage und der Bedarf in der prothetischen Versorgung durch den Anteil der älteren und alten Menschen beeinflusst.

Für das Simulationsmodell wurde ein demographisches Prognosemodell entwickelt, dessen Aktualisierung anhand allgemein zugänglicher Datenquellen möglich ist. Im folgenden Kapitel werden zunächst die verwendeten Datenquellen benannt, der formale Aufbau des Prognosemodells vorgestellt und schließlich die wichtigsten Ergebnisse präsentiert.

3.1.1 Daten

Die Datenbasis für das Bevölkerungsmodul bilden die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Daten zur Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Hierbei wird im wesentlichen auf die jährlich erscheinenden Statistischen Jahrbücher zurückgegriffen. Lediglich bei den Geborenen nach deren Geschlecht und Alter der Mutter handelt es sich um eine Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes.

Die Grundgesamtheit des Simulationsmodells ist die Bevölkerung der alten Bundesländer. Da das Statistische Bundesamt ab dem Jahr 1995 die Bevölkerungsdaten der alten Bundesländer einschließlich Ostberlin ausweist, wurden die Daten der Jahre 1989 bis 1994 dieser neuen Abgrenzung angepaßt. Die dazu erforderlichen Informationen wurden durch das Statistische Bundesamt zur Verfügung gestellt. In einigen Fällen war es dennoch notwendig, die Struktur Ostberlins zu schätzen, da die entsprechenden Daten nicht verfügbar waren, z. B. für die Bevölkerung nach Alter und Geschlecht des Jahres 1989. Durch den rückwirkenden Einbezug Ostberlins wird eine zukünftige Aktualisierung des Modells wesentlich vereinfacht.

Im Einzelnen basiert die Bevölkerungsprognose auf folgenden Daten:

- Bevölkerung nach Alter und Geschlecht zum Jahresende (1989–1997)
- Geborene nach deren Geschlecht und Alter der Mutter (1989–1997)
- Gestorbene nach Alter und Geschlecht (1989–1997)

Während zur Bevölkerung und zu den Geborenen die Daten jeweils in Jahresschritten vorliegen, basieren die derzeitigen Auswertungen des Statistischen Bundesamtes hinsichtlich der Gestorbenen auf 5 Jahrgänge umfassende Altersklassen. Bei einer langfristigen Bevölkerungsprognose kann dies insbesondere in den höheren Altersstufen zu „Ausreißerwerten“ führen, die das Gesamtergebnis des Simulationsmodells jedoch nicht beeinträchtigen.

3.1.2 Demographisches Prognosemodell

Das Modul „Bevölkerung“ lehnt sich an die „achte koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes“ an (vgl. Bretz, 1986; Sommer, 1994). Zentrale Größen der Bevölkerungsprognose sind Fertilität, Mortalität und Wanderungen. Eine steigende Lebenserwartung der Bevölkerung wurde im Modell nicht explizit berücksichtigt, da vor allem in der jüngeren Vergangenheit der Einfluß der Wanderungen sowohl auf die Bevölkerung insgesamt als auch auf deren Altersstruktur eine weitaus größere Bedeutung hatte. Implizit können jedoch sowohl für die Geborenen als auch für die Gestorbenen Anpassungen erfolgen, da die Geburten- und Sterbeziffern manuell korrigiert werden können.

Eine Unterscheidung von Gruppen einer Bevölkerung ist ratsam, wenn solche Gruppen in verschiedenen Familienverbänden leben und ein unterschiedliches „generatives Verhalten“ erkennen lassen. Unter den für die Bundesrepublik Deutschland geltenden Bedingungen ist es daher sinnvoll, nach der Staatsangehörigkeit, mindestens der von deutschen und anderen Staatsangehörigen, zu unterscheiden (vgl. Mackensen, 1989). Aus Gründen der Datenverfügbarkeit mußte auf eine solche Gruppierung im Modell allerdings verzichtet werden.

Die Prognose beruht im wesentlichen darauf, daß die alters- und geschlechtsspezifischen Geburten- und Sterbeziffern sowie die Wanderungen fortgeschrieben werden, indem für ein betrachtetes Jahr in der Zukunft der Mittelwert der vorangegangenen beiden Jahre berechnet wird. Implizit wird hiermit unterstellt, daß die Strukturen der unmittelbaren Vergangenheit auch in der Zukunft Gültigkeit besitzen.

Bevölkerung insgesamt

Die Bevölkerungsfortschreibung basiert auf der allgemeinen demographischen Grundgleichung:

$$(1) \quad BEV_i = BEV_{i-1} + GEB_i - GEST_i + WD_i$$

BEV = Bevölkerung

GEB = Geborene

GEST = Gestorbene

WD = Wanderungssaldo

i = Jahr

Diese Gleichung besagt, daß die Bevölkerung am Ende des Jahres i gleich der Bevölkerung am Ende des Vorjahres $i-1$ zuzüglich der Geburten, abzüglich der Sterbefälle und zuzüglich des Wanderungssaldos im Jahr i ist.

Dabei sind die absoluten Größen ex post registrierte Ereignisse oder ex ante zu schätzende Werte (vgl. Mackensen, 1989).

Wie bereits erwähnt, ist für die zugrundeliegende Fragestellung nach den wirtschaftlichen Effekten der Individualprophylaxe in der zahnärztlichen Versorgung nicht nur die Entwicklung der Gesamtbevölkerung, sondern auch die Veränderung der Bevölkerungsstruktur hinsichtlich Alter und Geschlecht von Bedeutung. In Gleichung (2) werden diese Anforderungen berücksichtigt.

$$(2) \quad BEV_{i,a,g} = \begin{cases} GEB_{i,g} - GEST_{i,a,g} + WD_{i,a,g} & \forall a < 1 \\ BEV_{i-1,a-1,g} - GEST_{i,a,g} + WD_{i,a,g} & \forall a \geq 1 \end{cases}$$

a = Alter
g = Geschlecht

Die Zahl der Kinder, welche am Jahresende das erste Lebensjahr noch nicht vollendet haben, entspricht demnach den Geborenen des jeweiligen Jahres abzüglich der Gestorbenen unter Einjährigen zuzüglich der zugewanderten unter Einjährigen. Für alle übrigen Altersstufen findet die gleiche Formel Verwendung, jedoch dient in diesen Fällen die Bevölkerung des Vorjahres als Bezugsgröße.

Die Gesamtbevölkerung eines Jahres ergibt sich durch die Summenbildung über das Geschlecht und das Alter.

$$(3) \quad BEV_i = \sum_{a,g} BEV_{i,a,g}$$

Geborene

Hinsichtlich der Geborenen werden zunächst für die Jahre, in denen entsprechende Daten zur Verfügung stehen, aus den Geborenen nach Geschlecht und Alter der Mutter die Geburtenziffern² berechnet.

² Die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Geburtenziffern werden nicht verwendet, da diese zum einen auf den Bevölkerungsdaten im Jahresdurchschnitt basieren (das Simulationsmodell verwendet Bevölkerungsdaten zum Jahresende) und zum anderen nicht getrennt für männliche und weibliche Neugeborene vorliegen.

$$(4) \quad \text{GBZ}_{i,g}^f = \frac{\text{GEB}_{i,g}^f}{(\text{BEV}_{i-1,f-1,w} + \text{BEV}_{i,f,w})/2} \quad \forall i \in [1989, 1997]$$

GBZ = Geburtenziffer
 f = Alter der Mutter
 w = weiblich

Die Gleichung (4) setzt die Anzahl der von Frauen im Alter f im Jahr i geborenen Jungen bzw. Mädchen in Beziehung zum Mittelwert der um ein Jahr jüngeren Frauen des Vorjahres und der gleichaltrigen Frauen des Jahres i . Die Mittelwertbildung verfolgt hierbei das Ziel, aus den Bevölkerungsdaten zum Jahresende eine Annäherung an die Bevölkerung im Jahresdurchschnitt zu erreichen.

Die nach Gleichung (4) berechneten Geburtenziffern bilden das Grundgerüst für die Prognose der Geburten. Durch einfache Mittelwertbildung über die vorangegangenen beiden Jahre werden die Geburtenziffern in die Zukunft projiziert.

$$(5) \quad \text{GBZ}_{i,g}^f = \alpha_i * \frac{\text{GBZ}_{i-2,g}^f + \text{GBZ}_{i-1,g}^f}{2} \quad \forall i \in [1998, 2040]$$

α = Korrekturfaktor für Geburtenziffern

Der Faktor α_i stellt einen Korrekturfaktor dar, mit dessen Hilfe die Erwartungen an die zukünftige Entwicklung der Geburtenziffern im Modell modelliert werden können. Die unten vorgestellten Ergebnisse der Bevölkerungsprognose gehen von unkorrigierten Geburtenziffern, d. h. $\alpha_i = 1$, aus. Angesichts der in den vergangenen 20 Jahren relativ geringfügigen Schwankungen der Geburtenziffern erscheint diese Annahme plausibel. Mit $\alpha_i > 1$ bzw. $\alpha_i < 1$ ließen sich aber auch die Auswirkungen eines zukünftigen Anstiegs bzw. Absinkens der Geburtenziffern aufzeigen.

Zur Prognose der Geburten wird der umgekehrte Weg wie in Gleichung (4) eingeschlagen. Die Geburtenziffern nach Gleichung (5) werden mit dem Mittelwert der weiblichen Bevölkerung der Jahre i und $i-1$ multipliziert und über das Alter der Mutter und das Geschlecht der Kinder aufsummiert.

$$(6) \quad \text{GEB}_i = \sum_{f,g} \text{GBZ}_{i,g}^f * \frac{\text{BEV}_{i-1,f-1,w} + \text{BEV}_{i,f,w}}{2} \quad \forall i \in [1998, 2040]$$

Gestorbene

Die Prognose der Gestorbenen vollzieht sich analog zur Schätzung der Geborenen in drei Schritten. Zunächst werden auf der Grundlage publizierter Daten die Sterbeziffern berechnet.

$$(7) \quad STZ_{i,k,g} = \frac{GEST_{i,k,g}}{\sum_a \frac{BEV_{i-1,a-1,g} + BEV_{i,a,g}}{2}} \quad \begin{array}{l} \forall a \in k \text{ und} \\ \forall i \in [1989, 1997] \end{array}$$

STZ = Sterbeziffer
k = Altersklasse

Im Gegensatz zu den Geborenen sind die Daten über die Gestorbenen – mit Ausnahme der unter einjährigen Kinder – nur für Altersklassen von fünf Jahrgängen verfügbar. Für die Zwecke des Modells müssen jedoch aus den Sterbeziffern nach Altersklassen die Gestorbenen nach Alter berechnet werden. Hierzu bieten sich zwei Verfahren an: Zum einen können die berechneten Sterbeziffern interpoliert werden, um so zu einer Annäherung an die Sterbeziffern nach Alter zu gelangen. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Sterbeziffern nach Altersklassen unterschiedslos auf alle Jahrgänge einer Altersklasse anzuwenden.

Für das Simulationsmodell wurde der pragmatische zweite Weg gewählt, da der Aufwand zur Realisierung der ersten Alternative in keinem Verhältnis zum erwarteten Erkenntnisgewinn steht. Als Konsequenz mußte allerdings in Kauf genommen werden, daß dieses Verfahren insbesondere für die ältere Bevölkerung zu einer deutlichen Überschätzung der Gestorbenen am unteren und zu einer deutlichen Unterschätzung der Gestorbenen am oberen Rand der jeweiligen Altersklasse führt.

Die nach Gleichung (7) berechneten Sterbeziffern bilden analog zu den Geburtenziffern die Grundlage für die Fortschreibung. Wiederum ergibt sich der prognostizierte Wert eines Jahres als Mittelwert der vorangegangenen beiden Jahre.

$$(8) \quad STZ_{i,k,g} = \beta_i * \frac{STZ_{i-2,k,g} + STZ_{i-1,k,g}}{2} \quad \forall i \in [1998, 2040]$$

β = Korrekturfaktor für Sterbeziffern

Auch in der Gleichung (8) ist ein Korrekturfaktor β_i enthalten, mit dessen Hilfe Veränderungen der Sterbeziffern modelliert werden können. Ein-

schränkend ist allerdings anzumerken, daß der Korrekturfaktor auf alle Altersklassen gleichförmig wirkt, während eine steigende Lebenserwartung zu einem wesentlichen Teil auf die Verringerung der Säuglingssterblichkeit zurückzuführen ist. Dieser Zusammenhang wird im vorliegenden Simulationsmodell allerdings nicht berücksichtigt. Für die unten präsentierte Bevölkerungsprognose wurde $\beta_i = 1$ gewählt.

Mit Hilfe der Sterbeziffern nach Gleichung (8) können nunmehr die Gestorbenen nach Alter und Geschlecht prognostiziert werden. Hierzu werden zusätzlich die Mittelwerte der jeweiligen Jahresendbevölkerung des betrachteten sowie des Vorjahres herangezogen.

$$(9) \quad \text{GEST}_{i,a,g} = \text{STZ}_{i,k,g} * \frac{\text{BEV}_{i-1,a-1,g} + \text{BEV}_{i,a,g}}{2} \quad \begin{array}{l} \forall a \in k \text{ und} \\ \forall i \in [1998, 2040] \end{array}$$

Durch Summenbildung über das Geschlecht und das Alter erhält man die Gesamtzahl der in einem Jahr gestorbenen Menschen.

$$(10) \quad \text{GEST}_i = \sum_{a,g} \text{GEST}_{i,a,g} \quad \forall i \in [1997, 2040]$$

Aus den Gleichungen (2) und (9) wird deutlich, daß zwischen der Bevölkerung und der Zahl der Gestorbenen ein interdependenter Zusammenhang besteht. Zur Prognose der Gestorbenen nach Alter und Geschlecht in einem Jahr i ($\text{GEST}_{i,a,g}$) benötigt man die zugehörige Bevölkerungsgruppe ($\text{BEV}_{i,a,g}$). Auf der anderen Seite wird nach Gleichung (2) die Bevölkerung mit Hilfe der Gestorbenen prognostiziert. Aus diesem Grund wurden die Berechnungen für das Bevölkerungsmodul als iteratives System angelegt, das nach den bisherigen Erfahrungen stabil läuft und sich bereits nach wenigen Iterationen einer eindeutigen Lösung nähert.

Wanderungen

Wanderungsbewegungen stellen für jede Bevölkerungsprognose den größten Unsicherheitsfaktor dar. Da sie in erheblichem Umfang von politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen im In- und Ausland beeinflusst werden, weisen sie im Zeitablauf keinerlei Konstanz auf. Hinzu kommt, daß sich das Simulationsmodell allein auf die alten Bundesländer bezieht, wodurch auch die Binnenwanderung zwischen den alten und neuen Bundesländern Berücksichtigung finden muß. Alles in allem wird deutlich, daß die zukünftige Entwicklung der Wanderungen und damit auch des Wanderungssaldos nicht aus den Daten der Vergangenheit abgeleitet werden kann. Die Konse-

quenz ist, daß die zukünftigen Wanderungssalden als exogene Größen in das Modell einfließen.

Die konkrete Vorgehensweise besteht darin, zunächst für die vergangenen Jahre die alters- und geschlechtsspezifischen Wanderungssalden durch Umstellung der Gleichung (2) zu ermitteln.

$$(11) \quad WD_{i,a,g} = \begin{cases} BEV_{i,a,g} - GEB_{i,g} + GEST_{i,a,g} & \forall a < 1 \text{ und} \\ & \forall i \in [1989, 1997] \\ BEV_{i,a,g} - BEV_{i-1,a-1,g} + GEST_{i,a,g} & \forall a \geq 1 \text{ und} \\ & \forall i \in [1989, 1997] \end{cases}$$

Für die Vergangenheit können die Wanderungssalden als Differenz zwischen der tatsächlichen und der natürlichen Bevölkerungsbewegung ermittelt werden. Der Gesamtwanderungssaldo eines Jahres ergibt sich durch einfache Summenbildung.

$$(12) \quad WD_i = \sum_{a,g} WD_{i,a,g} \quad \forall i \in [1989, 1997]$$

Zur Prognose wird die Logik der Gleichungen (11) und (12) umgekehrt. Ein für das Jahr i exogen vorgegebener Gesamtwanderungssaldo wird gemäß der Alters- und Geschlechtsstruktur der beiden vorangegangenen Jahre aufgeteilt.

$$(13) \quad WD_{i,a,g} = \frac{WD_{i-2,a,g} + WD_{i-1,a,g}}{WD_{i-2} + WD_{i-1}} * WD_i \quad \forall i \in [1998, 2040]$$

Die Annahme einer im Zeitablauf konstanten Alters- und Geschlechtsstruktur wurde gewählt, da keine konkreten Anhaltspunkte existieren, aus denen sich eine bessere Verteilung ableiten ließe. Neben den absoluten Wanderungen bildet also deren Alters- und Geschlechtsstruktur das zweite Unsicherheitsmoment innerhalb einer Bevölkerungsprognose.

Mit Hilfe der Wanderungen nach Gleichung (13), der Gestorbenen nach Gleichung (9) und der Geborenen nach Gleichung (6) ist eine Bevölkerungsprognose anhand der Gleichung (2) möglich.

3.1.3 Ergebnisse

Im Trend stimmen die Ergebnisse des oben vorgestellten Prognosemodells mit den publizierten Ergebnissen der achten koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes und den Modellrechnun-

gen zur Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland des Bundesinnenministeriums (vgl. Bundesministerium des Inneren, 1995) überein. Wie Abbildung 6 zeigt (vgl. Abb. 6), steigt die Gesamtbevölkerung in den alten Bundesländern seit 1990 kontinuierlich an und wird im Jahre 2000 mit etwa 68,1 Mio. Einwohnern ihr Maximum im Beobachtungszeitraum erreichen. Ab diesem Zeitpunkt verringert sich die Bevölkerungszahl kontinuierlich bis auf 54,7 Mio. Einwohner im Jahr 2040.

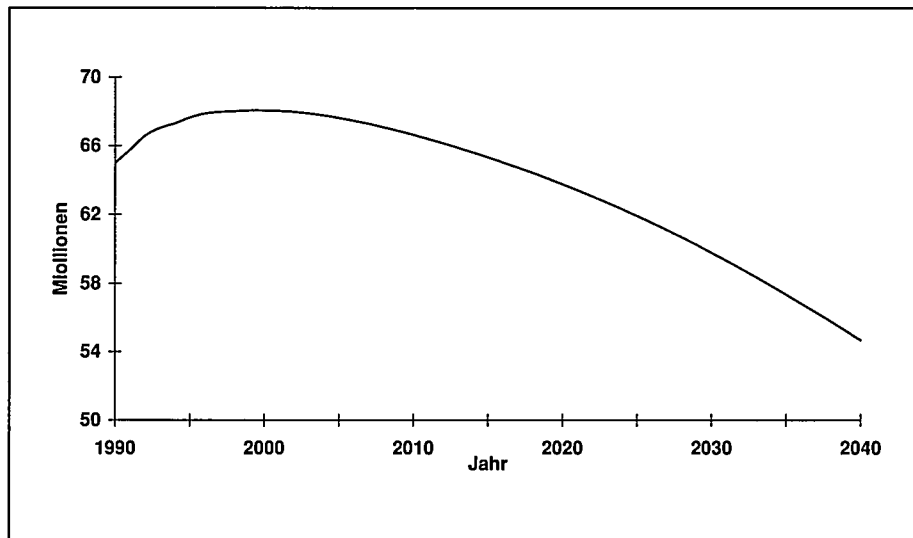


Abbildung 6: Bevölkerung in den alten Bundesländern (in Millionen) von 1990 bis 2040

Ein genaueres Bild über die Einflußfaktoren auf die Bevölkerungsbewegung liefert Abbildung 7 (vgl. Abb. 7), welche die Entwicklung der Geborenen, der Gestorbenen und der Wanderungen einander gegenübergestellt. Sie zeigt, daß sich die Zahl der Geborenen und der Gestorbenen zu Beginn der 90er Jahre etwa im Gleichgewicht befand. Der Anstieg der Gesamtbevölkerungszahl resultiert demnach allein auf einem positiven Wanderungssaldo. Ab 1998 liegt die Zahl der Geburten dauerhaft unter der Zahl der Gestorbenen. Bis ins Jahr 2000 kann der jährliche Wanderungssaldo die wachsenden Sterbefallüberschüsse ausgleichen. Ab diesem Zeitpunkt sind die Geburtendefizite allerdings höher als die Wanderungssalden, so daß die Gesamtbevölkerung sinkt. An dieser Stelle sei noch mal daran erinnert, daß die Wanderungssalden ab dem Jahre 1998 als exogene Größen in das Modell einfließen.

Nicht nur die Zahl, sondern auch der Altersaufbau der Bevölkerung unterliegt Veränderungen. In Abbildung 8 (vgl. Abb. 8) spiegeln sich deutlich die demographischen Ereignisse der letzten Jahrzehnte, z. B. die geburtenstar-