

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
- Direktor: Universitätsprofessor Dr. K. H. R. Ott -

**UNTERSUCHUNG EINES ZUSAMMENHANGES VON  
FLUORIDKONZENTRATIONEN IN PRIVATEN  
TRINKWASSERVERSORGUNGSANLAGEN UND KARIESENTWICKLUNG IM  
RAUM ASCHEBERG (SÜDLICHES MÜNSTERLAND/ WESTFALEN)**

**Inaugural-Dissertation**

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium  
der medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

**GÖNNEWICHT, DANIELA**

aus Waltrop

2005

gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-  
Universität Münster

Dekan: Univ. - Prof. H. Jürgens  
1. Berichterstatter: Univ. - Prof. Dr. K. H. R. Ott  
2. Berichterstatter: Priv. - Doz. Dr. W. Mathys

Tag der mündlichen Prüfung: 16.03.05

*Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent K. H. R. Ott-  
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. dent. K. H. R. Ott  
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. W. Mathys*

## ZUSAMMENFASSUNG

### **Untersuchung eines Zusammenhanges von Fluoridkonzentrationen in privaten Trinkwasserversorgungsanlagen und Kariesentwicklung im Raum Ascheberg (südliches Münsterland, Westfalen)**

Daniela Gönnewicht

In der vorliegenden Studie wurden 27 private Trinkwasserversorgungsanlagen (im folgenden TVA genannt) ermittelt, bei denen die Fluoridwerte deutlich erhöht waren. Aufgrund der ländlichen Lage dieser Anlagen stehen keine zusätzlichen öffentlichen Wasserversorgungen zur Verfügung. Die Anlagen dienen zur Entnahme des gesamten Trinkwassers für die Betreiber.

Aus der Auswahl von 27 TVA wurden an 10 Höfen 22 Zahnbefunde erhoben. Trotz der schlechten Compliance der Brunnenbetreiber lassen sich dennoch deutliche Rückschlüsse auf einen Zusammenhang zwischen Fluoridgehalt im Trinkwasser und der Kariesentwicklung sowie Schmelzbildungsstörungen, insbesondere die Folgen einer Überdosierung, ableiten. Die Ergebnisse stehen in Einklang mit vergleichbaren Studien.

Wegen der durchweg geringen Bereitschaft zur Zusammenarbeit wurde ein Fragebogen zur Evaluation des Allgemeinwissens über den Umgang mit Fluoriden erstellt. Hier zeichnete sich bereits nach 90 Befragungen ab, dass die Kenntnisse über Nutzung verschiedener Fluoridquellen, Grenzwerte und Dosierungen sowie Folgen von Überdosierungen weitgehend unzureichend sind. Der tägliche Fluoridbedarf wird hauptsächlich durch das Trinkwasser gedeckt. Dieses Bewusstsein fehlt vielen Verbrauchern mit eigener Trinkwasserversorgung. Die weit verbreitete Unkenntnis über Wirkungsweisen der Fluoride, zugeführt über Trinkwasser und andere Fluoridquellen, führt unter Umständen zu ungewollter Fluoridüberdosierung und Dentalfluorose.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten sind in mehreren Regionen des Münsterlandes private Brunnen mit erhöhten Fluoridwerten im Trinkwasser zu erwarten. Die Aufklärung sollte verstärkt in den Mittelpunkt gerückt werden, um Überdosierungen zu vermeiden.

*Tag der mündlichen Prüfung: 16.03.05*

Meinen Eltern  
in Dankbarkeit gewidmet

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                                          | <b>Seite</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <u>1</u> <u>Einleitung und Problemstellung</u>                                     | <b>1</b>     |
| <u>2</u> <u>Literaturübersicht</u>                                                 | <b>3</b>     |
| 2.1    Fluoridvorkommen .....                                                      | 3            |
| 2.2    Fluoridaufnahme und -konzentrationen .....                                  | 3            |
| 2.3    Fluoridwirkung am Zahn .....                                                | 4            |
| 2.4    Fluoridempfehlungen .....                                                   | 5            |
| 2.5    Verfügbare Fluoridquellen mit der Gefahr der Überdosierung .....            | 6            |
| 2.6    Toxikologische Aspekte von Fluorid .....                                    | 7            |
| 2.6.1    Letaldosis .....                                                          | 7            |
| 2.6.2    Akute Intoxikation .....                                                  | 8            |
| 2.6.3    Chronische Intoxikation und Fluorosen .....                               | 8            |
| 2.7    Quintessenz .....                                                           | 10           |
| 2.8    Epidemiologische Untersuchungen .....                                       | 10           |
| <u>3</u> <u>Eigene Untersuchungen</u>                                              | <b>13</b>    |
| 3.1    Material und Methoden .....                                                 | 13           |
| 3.1.1    Gewinnung der Fluoridwerte .....                                          | 13           |
| 3.1.2    Zahnbefunde und Anamnese .....                                            | 13           |
| 3.1.3    Evaluation der Fluoridkenntnisse .....                                    | 17           |
| 3.2    Durchführung .....                                                          | 19           |
| 3.2.1    Fluoridwerte .....                                                        | 19           |
| 3.2.2    Anamnese und Befunderhebung .....                                         | 19           |
| 3.2.3    Evaluation der Fluoridkenntnisse .....                                    | 19           |
| <u>4</u> <u>Ergebnisse</u>                                                         | <b>20</b>    |
| 4.1    Einleitung .....                                                            | 20           |
| 4.2    Ergebnistabellen und Grafiken .....                                         | 21           |
| 4.2.1    Ergebnisse der Zahnbefunde in Abhängigkeit zur Fluoridkonzentration ..... | 21           |
| 4.2.2    Ergebniserläuterung der Zahnbefunde .....                                 | 23           |
| 4.2.3    Ergebnisse zur Fluoroseentwicklung .....                                  | 24           |
| 4.2.4    Ergebniserläuterung zur Fluoroseentwicklung .....                         | 25           |
| 4.2.5    Ergebnisse der Fluoridkenntnisevaluation .....                            | 26           |
| 4.2.6    Ergebniserläuterung der Fluoridkenntnisevaluation .....                   | 28           |
| <u>5</u> <u>Diskussion</u>                                                         | <b>30</b>    |
| 5.1    DMF-S / DMF-T .....                                                         | 30           |
| 5.2    Fluorose .....                                                              | 30           |
| 5.3    Repräsentativität .....                                                     | 30           |
| 5.4    Fluoridierungsmöglichkeiten .....                                           | 30           |
| 5.5    Vergleich zu internationalen Studien .....                                  | 31           |
| <u>6</u> <u>Schlussfolgerung</u>                                                   | <b>35</b>    |
| <u>7</u> <u>Zusammenfassung</u>                                                    | <b>36</b>    |
| <u>8</u> <u>Literaturverzeichnis</u>                                               | <b>37</b>    |

Danksagung, Lebenslauf

## 1 Einleitung und Problemstellung

Maßnahmen zur Kariesprophylaxe sind in Deutschland seit einigen Jahrzehnten ein immer bedeutenderes Thema. Da es sich bei der Karies und auch der Parodontose um Erkrankungen mit einer Prävalenz von weit über 90 % handelt, steht die Prophylaxe nicht nur im gesundheitlichen, sondern auch im volkswirtschaftlichen Interesse. Es entwickelte sich ein weitreichendes Programm der Kariesprophylaxe aus mehreren Bausteinen. Wichtige Säulen bilden die ausgewogene Ernährung sowie die Einhaltung einer adäquaten Mundhygiene, die in mehreren Stufen der Gruppen- und Individualprophylaxe vermittelt wird. Ein weiterer Kernpunkt der Prophylaxe besteht in der Gabe von Fluoridsupplementen.

Die genannten Säulen der Kariesprophylaxe orientieren sich an den Fluoridkonzentrationen des öffentlichen Trinkwassers. Die Empfehlungen der WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO) liegen zwischen 0,7 mg F<sup>-</sup>/l Wasser für Südeuropa und 1,7 mg F<sup>-</sup>/l Wasser für Nordeuropa. Die Spanne ergibt sich aus dem klimatischen Nord-Südgefälle der jährlichen Durchschnittstemperatur. Für Deutschland wurde der Grenzwert 1986 in der deutschen Trinkwasserverordnung auf 1,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser festgelegt. Der Fluoridgehalt in Trinkwässern kommunaler Wasserwerke bewegt sich bundesweit deutlich unterhalb des Grenzwertes der WHO von 1,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [81].

In vielen ländlichen Gebieten steht der Trinkwasserversorgung durch die öffentliche Hand die private Benutzung eigener Brunnen gegenüber. Hier treten große Schwankungen des Fluoridgehaltes auf. Ursächlich dafür sind Bodenbeschaffenheit und Bohrlochtiefe [54]. Private Trinkwasserversorgungsanlagen unterliegen regelmäßigen Kontrollen durch Auflagen der Gesundheitsämter. Die Kontrollen sind bundesweit nicht einheitlich in Bezug auf die Bekanntgabe des Fluoridwertes. Er ist für den Anwender nicht ohne weiteres ersichtlich.

Laut GEOLOGISCHEM LANDESAMT NRW in Krefeld ist für den gesamten Raum des Münsterlandes von erhöhten Fluoridwerten in privaten Trinkwasserversorgungsanlagen auszugehen. Die erhöhten Fluoridwerte sind auf Bodenbeschaffenheit, insbesondere auf die Ausdehnung des Emscher-Mergels sowie die weite Verbreitung von privaten Brunnen zurückzuführen [54].

Eine Vielzahl weltweiter Studien unterstützt die These, dass die Kariesprophylaxe durch die natürliche Fluoridkonzentration des Trinkwassers im Rahmen der WHO-

Empfehlungen greift. Bei regelmäßiger Nutzung des Trinkwassers mit für die Region optimalen Fluoridwerten geht die Kariesfrequenz bei Jugendlichen bis 15 Jahren um 50 - 60 % zurück [12, 13, 26, 29, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 59, 66, 73, 81, 82].

Regelmäßiger Konsum von Trinkwasser mit deutlich erhöhten Fluoridwerten führt zu chronischer Überdosierung von Fluorid. Die Überdosierung schlägt sich bei der Nutzung bis zum 14. Lebensjahr in Dentalfluorose mit verschiedenen Schweregraden und darüber hinaus auch in einer Knochenfluorose nieder [36, 37, 51, 53, 55, 61, 63, 67, 76, 78, 79]. Die Dentalfluorose zeigt je nach Ausprägung lokale, weißliche Opazitäten über verschiedene Stadien von Schmelzgrübchen bis hin zu großflächigen Schmelzverlusten aufgrund von Hypoplasien. Knochenfluorosen kommen überwiegend in Regionen mit tropischem Klima und gleichzeitig hohen Fluoridwerten im Trinkwasser vor [63, 78, 79]. Die Verbreitung von Knochenfluorose durch Konsum von stark fluoridhaltigem Wasser ist in Deutschland nicht bekannt.

Neben dem Trinkwasser als Fluoridquelle stehen weitere Supplemente zur Fluoridaufnahme zur Verfügung. Sie dienen dazu, den bundesweit niedrigen Fluoridgehalt des Trinkwassers der öffentlichen Versorgungswerke zu kompensieren. Die Konzentrationen liegen hier weitverbreitet deutlich unter 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Man unterscheidet systemisch und lokal wirkende Fluoridquellen. Lokale Fluoride sind in Form von Zahncreme, Gelen, Lacken, fluoridierter Zahnseide und Mundspüllösungen erhältlich. Zu den systemischen Fluoridspendern zählen neben dem Trinkwasser Fluoridtabletten, fluoridiertes Speisesalz und auch Zahncreme. Da Kinder während des Zähneputzens im Alter von 0 - 10 Jahren zwischen 100 und 15 % der Zahncreme verschlucken, sollte sie zumindest bei Kindern bis 7 Jahren sowohl zu den lokalen als auch zu den systemischen Quellen gezählt werden [15]. Alle systemisch wirksamen Fluoridquellen bergen das Risiko von chronischen Überdosierungen in Form von Dentalfluorose [63, 33, 49].

Das Ziel dieser Studie ist es, den Zusammenhang der Nutzung von hoch fluoridhaltigem Wasser aus privaten Trinkwasserversorgungsanlagen und der Kariesentwicklung beziehungsweise der Dentalfluoroseentwicklung im Raum Ascheberg, südliches Münsterland, zu untersuchen.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Fluoridvorkommen

Fluor kommt als essentielles Spurenelement in der Natur vor. Es ist sehr reaktionsfreudig und deshalb nur in Verbindungen als Fluorid zu finden. Die verschiedenen Fluoridverbindungen bestehen in der Erdkruste mit einem Anteil von 0,0065 %, in Kulturböden sind es 5 - 50 mg Fluor / 100 g Trockensubstanz, in Pflanzen und Früchten liegt der Anteil bei 2 - 20 mg Fluor / 100 g Trockensubstanz. Die großtechnische, industrielle Verarbeitung von Fluoridverbindungen (z. B. Aluminiumherstellung) führt zu beachtlichen Fluoridimmissionen. Die Immissionen verursachen eine Erhöhung der Fluoridkonzentrationen in Weide- und Grünflächen bis auf das 70-fache [5].

Auch im Trinkwasser ist natürliches Fluorid in verschiedenen Konzentrationen von 0 bis weit über 10 mg F<sup>-</sup> / l Wasser enthalten. Der Fluoridgehalt unterliegt regionalen Schwankungen und hängt von der Zusammensetzung der Bodenschichten ab. Im gesamten Münsterland erstreckt sich eine Emscher-Mergel-Schicht, die nach geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen Austauschwässer hervorbringt; diese lassen hohe Fluor- und Borgehalte erwarten. Die Grundwässer speisen vorwiegend private Trinkwasserversorgungsanlagen. Eine Vielzahl von Wasseranalysen aus verschiedenen Teilen der Emscher-Mergel-Region mit Grenzwertüberschreitungen von Fluor und Bor liegen vor [68, 83]. Anthropologische Ursachen sind hierfür auszuschließen [54].

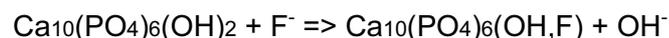
### 2.2 Fluoridaufnahme und Konzentrationen

Fluoride können je nach Anwendung lokal und/oder systemisch wirken. Bei systemischer Anwendung erfolgt die Einnahme oral. Die verschiedenen Fluoridverbindungen werden aufgrund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit unterschiedlich gut aufgenommen. Im Gegensatz zu dem im Trinkwasser enthaltenen Fluorid werden die Fluoride aus verschiedenen Nahrungsmitteln oft nur teilweise resorbiert [17]. So werden beispielsweise aus Ölsardinen rund 30 %, aus Milch und Milchprodukten ca. 70 % des Fluorids aufgenommen. Natriumfluorid, enthalten zum Beispiel in Fluoridtabletten, ist zu 100 % verfügbar [17, 31]. Die Resorption erfolgt über den Magen und kann durch die Anwesenheit von Calcium deutlich erschwert werden. Das Fluorid bildet mit dem Calcium unlösliches CaF<sub>2</sub>. Die Bioverfügbarkeit des Fluorids

wird also von Calciumträgern wie Milch, Käse und Fett heruntergesetzt und durch Calciumbinder wie Phosphat, Oxalat und Citrat begünstigt. Da die durchschnittlichen Calcium- und Fluoridkonzentrationen der Nahrung zur Bildung von  $\text{CaF}_2$  nicht ausreichen, wird das Fluorid nahezu vollständig resorbiert. Die Verteilung des Fluorids erfolgt im gesamten Körper. Im Speichel befindet sich etwa ein Viertel der Serumkonzentration, das entspricht 2 % des aufgenommenen Fluorids. Bei einer Fluoridkonzentration von 40 - 150  $\mu\text{g/l}$  Speichel besteht ein signifikanter Zusammenhang mit der Kariesanfälligkeit [21]. In der Muttermilch finden sich nur Spuren des Fluorids wieder, selbst wenn der Fluoridkonsum der Mutter extrem hoch ist [62, 72]. 30 % des aufgenommenen Fluorids werden im Knochen eingelagert. Die Speicherung des Fluorids im Knochen unterliegt einem permanent dynamischen Austauschprozess. So ergibt sich in der Bilanz, dass quantitativ die gleiche Menge Fluorid eingelagert wird, die durch Osteoklastentätigkeit zur Ausscheidung über die Niere wieder freigegeben wird. Die Halbwertszeit liegt bei 4 Stunden. 95 % des im Körper befindlichen Fluorids sind in den Knochen und Zähnen deponiert [5, 21].

### 2.3 Fluoridwirkung am Zahn

Das Fluorid ist über mehrere Wege an der Kariesreduktion des Zahnschmelzes beteiligt. Während der präeruptiven Phase der Zahnentwicklung wird das Fluorid in zwei Stadien wirksam. Zugeführt über das Blutserum beschleunigt das Fluorid während der Schmelzmineralisationsphase die Umwandlung von Octacalciumphosphat zu Apatit. Durch diese Beschleunigung wird der Anteil des Octacalciumphosphats reduziert und es kommt weniger zu kristallgitterstörenden Einlagerungen im Apatit (Hypomineralisationen). Die Kristallgitterstruktur ist reiner und damit widerstandsfähiger [23]. Weiter wird die Zahnmorphologie dahin gehend beeinflusst, dass sich weniger tiefe Fissuren ausbilden und damit als Kariesprädispositionsstellen an Schärfe verlieren [24]. Während der zweiten Phase der präeruptiven Schmelzreifung kann bei entsprechendem Fluoridangebot weiteres Fluorid im Schmelz angereichert werden. Durch die nachträgliche Austauschreaktion



wird Hydroxylapatit in Fluorapatit umgewandelt. Die Fluoridkonzentration nimmt dabei von der Schmelzoberfläche zum Dentin ab [5]. Mit dem Durchbruch des Zahnes in die Mundhöhle kann die weitere Fluoridzufuhr über den Speichel erfolgen. Der Speichel wird über lokale und systemische Fluoridaufnahme mit Fluorid versetzt. Die

Speichelkonzentration ist direkt abhängig von der Blutserumkonzentration und somit von der systemisch aufgenommenen Fluoridmenge und nur kurzweilig durch lokal wirkende Fluoride angereichert. Die geringen Speichelkonzentrationen verschieben die permanenten Vorgänge des Ionenaustausches an der Schmelzoberfläche zugunsten der Remineralisation [70]. Die posteruptionen Fluoridstoffwechsel spielen in der Kariesprophylaxe eine signifikantere Rolle als die präeruptionen. Bei lokaler Anwendung hoch dosierter Fluoridpräparate kann es zum Auffüllen von Schmelzdefekten in Form von Spalten in Einzelprismen kommen, durch das Ausfällen von Calciumfluorid und dessen Einlagerung in die Spalten [5]. Ebenfalls wird durch höhere Fluoridkonzentrationen die Aktivität des Plaquestoffwechsels herabgesetzt, indem der Zuckertransport in die Bakterienzelle und die Glykolyse der Bakterienzellen unspezifisch gehemmt werden [3]. Demzufolge werden die Energiegewinnung und die Produktion von Milchsäure der Bakterienzelle reduziert [50].

#### 2.4 Fluoridempfehlungen

Die AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS SUPPLEMENTATION SCHEDULE spricht eine Empfehlung aus, nach der die tägliche Dosis bei 0,006 - 0,013 mg F<sup>-</sup>/kg Körpergewicht/Tag ab dem 3. Monat bis 16 Jahren liegen soll. Diese Dosierung ist als effektive Kariesprophylaxe ausreichend und lässt keine Fluorose erwarten. Danach würde die tägliche Dosis eines 10 kg schweren Kindes bei nur 0,1 mg F<sup>-</sup> liegen [69].

Die Weltgesundheitsorganisation WHO legt die Grenzwerte für Fluorid über die Trinkwasserkonzentration, in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren, insbesondere den Temperaturen im Jahresmittel, fest. Die Grenzwerte bewegen sich somit zwischen 0,7 mg F<sup>-</sup>/l Wasser für Südeuropa und 1,7 mg F<sup>-</sup>/l Wasser für Nordeuropa [82]. Mit dieser Staffelung erfolgt eine Anpassung an den Trinkwasserverbrauch pro Kopf in den verschiedenen Klimaregionen. Laut der Trinkwasserverordnung von 1986 liegt die Maximalkonzentration für die Bundesrepublik Deutschland bei 1,5 mg F<sup>-</sup>/l Trinkwasser [82]. Dieser Grenzwert wird im gesamten Bundesgebiet mit Werten bis 0,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser in weiten Teilen des Landes bei öffentlichen Versorgern deutlich unterschritten. Ausnahmen bilden hier sehr wenige Regionen mit Werten bis maximal 1,8 mg F<sup>-</sup>/l Wasser im öffentlichen Trinkwassernetz und die privaten Trinkwasserversorgungsanlagen. Die privaten Brunnenbetreiber unterliegen keiner Pflicht zur Bestimmung des Fluoridgehaltes, sodass ein hoher Fluoridwert des Trinkwassers oft unbemerkt bleibt.

## 2.5 Verfügbare Fluoridquellen mit der Gefahr der chronischen Überdosierung

Das Trinkwasser hat oberste Priorität in der Fluoridversorgung [55]. Doch neben dem Wasser stehen noch weitere Supplemente zur Verfügung. Sie sollen Defizite ausgleichen, die durch Fluoridmangel im Trinkwasser bedingt sind. Hier wird in systemisch und lokal wirkende Präparate unterschieden. Zu den systemisch wirkenden Quellen zählen neben dem Wasser/Mineralwasser das fluoridierte Speisesalz und Fluoridtabletten.

Das fluoridsupplementierte Speisesalz steht in der Schweiz seit mehreren Jahrzehnten sehr erfolgreich zur Verfügung. In der Bundesrepublik Deutschland wird es seit 1992 angeboten. Mit 250 mg F<sup>-</sup> pro kg Salz angereichert werden beim Verzehr von 4 g Salz 1 mg F<sup>-</sup> aufgenommen. In Speisen zubereitet gelangt es zeitgleich mit der Nahrung in den Speichel. Eine genaue Dosierung der Fluoridaufnahme über das Salz ist nicht möglich, weil ein großer Teil bereits im Kochwasser verloren geht [2]. Dafür ist eine Überdosierung oder Intoxikation mit dem im Speisesalz enthaltenen Fluorid auszuschließen, da eine Intoxikation durch Natriumchlorid wesentlich früher eintreten würde [52].

Fluoridtabletten sind mit abgestuften Dosierungen erhältlich. Die Dosierung soll in Abstimmung mit dem Fluoridgehalt des Trinkwassers nach der Empfehlung der DGZMK erfolgen [10]:

| Alter                | F <sup>-</sup> im Trinkwasser | F <sup>-</sup> im Trinkwasser | F <sup>-</sup> im Trinkwasser |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                      | < 0,3 mg/l                    | 0,3 - 0,7 mg/l                | > 0,7 mg/l                    |
| 0-6 Monate           | -                             | -                             | -                             |
| 6-12 Monate          | 0,25                          | -                             | -                             |
| ab 1 – unter 3 Jahre | 0,25                          | -                             | -                             |
| ab 3 – unter 6 Jahre | 0,50                          | 0,25                          | -                             |
| > 6 Jahre            | 1,00                          | 0,50                          | -                             |

*Richtwerte für Fluoridsupplemente (mg Fluorid/Tag)*

Das enthaltene Natriumfluorid ist zu 100 % resorbierbar. Die Verabreichung von Tabletten erlaubt eine exakte Dosierung.

Bei den lokal wirksamen Fluoridquellen ist immer zu bedenken, dass sie beim Verschlucken dieser ebenfalls zu systemisch wirkenden Supplementen werden. Damit steht die Zahnpasta an bedeutendster Stelle der lokalen Fluoridsupplemente. Die Fluoridkonzentrationen für Kinderzahncreme liegen bei 250-500 ppm, für Erwachsene ist eine Konzentration bis maximal 1500 ppm zulässig. Durch die tägliche Anwendung kann es bei unsachgemäßer Dosierung zu chronischen Überdosierungen kommen. Das Risiko einer chronischen Überdosierung und damit der Ausbildung einer Dentalfluorose besteht für Kinder durch das Verschlucken von Zahncreme. EINWAG (1992) ermittelte in einer Studie, dass Kinder bis 2 Jahren 100 % der Zahncreme verschlucken, Kinder von 2 - 4 Jahren 30 % und Kinder von 5 - 7 Jahren noch 15 % [15]. So können Kinder durch den Gebrauch höher fluoridhaltiger Zahncreme (1000 - 1500 ppm) beträchtliche Mengen an Fluorid aufnehmen, die der altersgemäßen Tablettengabe entsprechen können [18]. HOLT et al. (1994) stellte heraus, dass die Verwendung von Kinderzahncreme (250 ppm) und Erwachsenenzahncreme (1500 ppm) im Alter von 2 - 5 Jahren keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Kariesprophylaxe nimmt, aber einen signifikanten Unterschied in der Fluorosehäufigkeit. Danach verursacht Kinderzahncreme weniger Fluorose bei gleichem Kariesschutz [33].

Fluoridgele sind mit 10000 ppm Fluorid und mehr die Quelle mit der höchsten Fluoridkonzentration des häuslichen Gebrauchs [70]. Sie sind daher für Kinder unter 6 Jahren aufgrund der Gefahr des Verschluckens ungeeignet. Bei sachgemäßer und altersgerechter Anwendung bergen Fluoridgele keine Gefahr für die Ausbildung von Dentalfluorose.

Aus der Vielzahl der Fluoridangebote empfiehlt die DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERHEILKUNDE (DGZMK) die Verwendung von fluoridiertem Speisesalz, sobald das Kind von den Hausmahlzeiten mit isst, also ab ca. 1,5 - 2 Jahren, sowie die Nutzung von Kinderzahncreme 1 x täglich bei Kindern von 0,5 - 2 Jahren und 2 x täglich bei Kindern von 2 - 6 Jahren. Ab 6 Jahren wird Erwachsenenzahncreme empfohlen [11]. Diese Empfehlung setzt voraus, dass die Fluoridkonzentration des Trinkwassers deutlich unter 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser liegt.

## 2.6 Toxikologische Aspekte von Fluorid

### 2.6.1 Letaldosis

Die Quellenangaben für die Letaldosis von Fluorid sind sehr unterschiedlich. Die Werte schwanken zwischen 32 - 64 mg F<sup>-</sup>/ kg Körpergewicht [32], das entspricht etwa 3,5 g F<sup>-</sup> für einen 75 kg schweren Erwachsenen, und 5 - 10 g nach MÜHLENDahl et al. (1995) [57]. Ein Erwachsener nimmt täglich etwa 3,5 mg F<sup>-</sup> auf. Damit liegt die letale Dosis 1000fach über der täglichen Aufnahmemenge. Fluorid hat also eine hohe therapeutische Sicherheit.

### 2.6.2 Akute Intoxikation

Bei einer akuten Intoxikation werden Mengen von 5 mg F<sup>-</sup>/kg Körpergewicht erreicht und überschritten. Diese Menge wird als „Probably Toxic Dose“ (PTD) beschrieben [80]. Diese Konzentration kann bei einem Kind von etwa 20 kg (etwa 6 Jahre) durch den Verzehr einer Tube Erwachsenenzahnpaste (75 ml) mit einem Fluoridgehalt von 112,5 mg F<sup>-</sup> erreicht werden. Bei einer Intoxikation mit Fluorid kommt es zu Hemmung mehrerer Enzymtypen, indem das Fluorid ionische Bindungen mit zweiwertigen Metallionen eingeht wie Magnesium, Calcium, Eisen, Kupfer und auch Phosphat [5]. Weiter reagiert Natriumfluorid in hohen Konzentrationen mit der Salzsäure des Magensaftes zu Flußsäure, die zu erosiven Schädigungen der Magenschleimhaut führt. Alarmierende Symptome sind Übelkeit, Erbrechen und Magenschmerzen. In extrem hohen Dosen besteht die Gefahr von Herz-/Kreislaufversagen und/oder zentraler Atemlähmung [56] mit Symptomen wie extremer Speichelfluß, Tränenfluß, Kopfschmerz, nachfolgend generelle Schwächung, Spasmen, Tetanie, beschleunigter Puls und Herzarrhythmien [30]. In jedem Fall muss bei einer akuten Intoxikation mit Fluorid die sofortige Klinikeinweisung erfolgen.

### 2.6.3 Chronische Intoxikation und Fluorosen

Während der Wachstumsphase des Menschen haben hohe Fluoriddosen eine zellschädigende Wirkung. Besonders empfindlich reagieren die Ameloblasten. Übersteigt die Fluoridkonzentration die optimale Menge kommt es in den Ameloblasten zu einer partiellen Inhibition der Enzymaktivität. Das führt weiter zu einer unzureichenden Syntheseleistung der Zelle mit der Folge eines unterentwickelten Schmelzes. Man spricht von Dentalfluorose [5]. Die Ausprägung der Dentalfluorose hängt von der Dauer, der Fluoridmenge und dem Zeitpunkt der Überdosierung ab, sowie von Körpergewicht, Aktivität, Ernährung, Knochenwachstum und -umbau während der Mineralisationsphase [9, 38, 39]. Sie erstreckt sich fließend von kleinen, diffus begrenzten, weißlich bis bräunlichen Opazitäten auf der Schmelzoberfläche über

kleine Einkerbungen und Schmelzgrübchen bis hin zu großflächigen Schmelzhypoplasien mit nachfolgenden Schmelzverlusten [70]. Die Bewertung der Dentalfluorose hängt entscheidend vom gebrauchten Index ab [25], aber im besonderen auch von der Erfahrung des Untersuchers. Fehldiagnosen von bräunlichen Fluoroseveränderungen führen oft zu falsch positiven Ergebnissen [22]. Die Entwicklung der Dentalfluorose ist auf die Phase der Schmelzmineralisation, also von ca. 0 - 10 Jahren, scharf begrenzt [71]. In Deutschland ist die Häufigkeit der Dentalfluorose steigend und wahrscheinlich auf den Mißbrauch von Fluoridquellen sowie auch auf zunehmende Konzentrationen in der Nahrung und der Atmosphäre zurückzuführen [34]. Neue Untersuchungen belegen, dass eine pränatale Fluoridgabe keinen signifikanten kariesprophylaktischen und fluorosefördernden Effekt in der Milchzahnentwicklung hat [47]. Die Verbreitung und der Schweregrad der Fluorose sind an den Zähnen am größten, die in der späteren Kindheit mineralisiert wurden [46]. Kinder mit geringer Fluoridaufnahme weisen diffuse Opazitäten auf, aber das Ausmaß der Fluorose steigt bei Kindern mit zusätzlichen Fluoridquellen [49]. Die Fluorose im Milchgebiß nimmt im Schweregrad von den mittleren Inzisivi zu den Molaren zu [6], typisch zum Stand der Mineralisation zur Geburt. So führt die chronische Überdosierung im ersten Lebensjahr zu einem erhöhten Fluoroserisiko der bleibenden oberen und unteren mittleren Inzisivi [40]. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Alter, in dem mit dem Zähneputzen begonnen wurde und der Häufigkeit des Zähneputzens zu den hypoplastischen Schmelzdefekten. Ein Beispiel dafür gibt die Nutzung fluoridierter Kinderzahncreme von Kindern unter 3 Jahren und die gleichzeitige Einnahme von Fluoriden in altersgerechter Dosierung [20, 28].

Im Gegensatz zur hemmenden Wirkung des Fluorids auf die Ameloblastenaktivität bewirkt ein hoher Fluoridspiegel die Stimulation der Osteoblasten. Die überschießende Aktivität der knochenbildenden Zellen führt zur Verdickung der Kortikalis und auch der Spongiosa sowie zur Ausbildung von Exostosen und Verknöcherung von Sehnen und Bändern. Besonders betroffen sind die Röhrenknochen und die Wirbelsäulenbänder, deren Verknöcherung im Extremfall zu Schmerzen und Einschränkung der allgemeinen Beweglichkeit führen können [21, 70]. Die Grenzwerte zur Ausbildung einer Skelettfluorose werden in der Literatur unterschiedlich angegeben. Sie schwanken zwischen 10 bis 20 mg F<sup>-</sup>/Tag über einen Zeitraum von ca. 10 Jahren und länger [21, 70, 80]. Die Ausbildung einer Knochenfluorose ist alters- und entwicklungsunabhängig. Das heißt, im Gegensatz zur Dentalfluorose, deren Entwicklung nur zur Zeit der Schmelzmineralisation möglich ist, kann sich eine Skelettfluorose in jedem Alter ausbilden [70]. Die Gefahr der Skelettfluorose ist ein Thema in Regionen mit

tropischem Klima und hohem Fluoridgehalt im Trinkwasser [27, 63, 79]. Die hohen Dosierungen zur Ausbildung einer Knochenfluorose sind mit den in Deutschland üblichen Verfahren der Fluoridierung nicht zu erwarten [78]. Eine Ausnahme bildet hierbei die therapeutische Anwendung hoher Fluoridkonzentrationen in Präparaten zur Bekämpfung der Osteoporose. Hier kommt es zur täglichen Aufnahme von 50 - 100 mg Natriumfluorid pro Tag. Die hohen Dosierungen werden nebenwirkungsfrei toleriert, obwohl sie 20 bis 50 mal über dem physiologischen Bedarf liegen [5]. Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Behandlung werden kontrovers diskutiert [70].

## 2.7 Quintessenz

Die Unbedenklichkeit und Wirksamkeit einer angemessenen Fluoridanwendung ist heute allgemein anerkannt [16, 58, 65]. Dabei darf die fundamentale Bedeutung des Trinkwassers als Fluoridspender nicht aus den Augen verloren werden [70].

## 2.8 Epidemiologische Untersuchungen

Weltweit liegen zahlreiche Studien zur Entwicklung von Dentalfluorosen und Fluoridkonzentrationen im Trinkwasser an Millionen von Menschen mit den unterschiedlichsten Rahmenbedingungen wie Klima, Ernährungsgewohnheiten, Stand der Bildung und sozialökonomischem Status vor. Diese vielfältigen Faktoren erschweren einen direkten Vergleich dieser Studien. Der internationale Vergleich ist aber wertvoll, um die Dominanz des Trinkwassers in der Fluoridversorgung zu erarbeiten.

COERTES et al. (1996) ermittelten in Brasilien, dass Fluoridkonzentrationen im Trinkwasser von 0,7 - 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser kariesprophylaktisch wirken [8]. CORREIA SAMPAIO et al. (1999) zeigten die Fluoroseentwicklung für vergleichbare Fluoridkonzentrationen in Paraiba, Brasilien. Es wurden 650 Kinder im Alter von 6 - 11 Jahren in 3 Gruppen untersucht. In der ersten Gruppe belief sich die Fluoridkonzentration des Trinkwassers auf weniger als 0,7 mg F<sup>-</sup>/l Wasser, und es zeigte sich eine Ausdehnung der Dentalfluorose von 30,1 %. In der zweiten Gruppe, mit einem Fluoridgehalt von 0,7 - 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser, hatten 61,1 % Anzeichen einer Fluorose. In der letzten Gruppe, mit über 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser lag die Fluoroseprävalenz bei 71,4 % [7].

In Mexiko wurden 93 Kinder im Alter von 10 - 12 Jahren untersucht. Die Kinder leben von Geburt an in einer Region mit einem Fluoridgehalt von 2,8 mg F<sup>-</sup>/l Trinkwasser. Es zeigte sich die Verbreitung einer leichten Fluorose bei 100 % der untersuchten Kinder. 75 % der Kinder wiesen zudem noch mäßige Fluoroseformen auf, und bei 19 % waren auch schwere Formen der Dentalfluorose zu finden [37].

Auf dem afrikanischen Kontinent und Saudi-Arabien sind die Zahlen für die Ausbildung einer Dentalfluorose weit gestreut. Untersuchungen von AKPATA et al. (1997) in Saudi-Arabien ergaben, dass 90 % der 2355 untersuchten Kinder im Alter von 12 - 15 Jahren eine Dentalfluorose aufwiesen. Hier schwankten die Fluoridkonzentrationen des Trinkwassers zwischen 0,5 - 2,8 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [1]. Eine weitere Studie in Ostafrika von IBRAHIM et al. (1995) verglich zwei Gebiete mit einer Fluoridkonzentration des Trinkwassers von einmal 0,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser und 2,56 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Untersucht wurden Kinder im Alter von 7 - 16 Jahren mit Betrachtung der oberen Inzisivi. In der ersten Gruppe litten 91 % an einer Fluorose, in der zweiten Gruppe 100 %. In der ersten Gruppe waren mehr Jungen betroffen als Mädchen. In der zweiten Gruppe gab es keine Unterschiede. Häufung und Ausprägung der Dentalfluorose sind in der ersten Gruppe höher als bislang von Regionen mit gleicher Fluoridkonzentration berichtet wurde [36]. In Kenia beschreibt MANJI et al. (1986) eine Prävalenz der Fluorose von 100 % der untersuchten Kinder bei einer lebenslangen Nutzung eines Wassers mit 2,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser Fluoridgehalt [51]. Im Senegal wurden bei Konzentrationen von 1,1 mg F<sup>-</sup>/l Wasser bei 68,5 % der Probanden im Alter von 7 - 16 Jahren eine milde Fluorose aufgezeigt. Bei 4,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser waren alle Probanden von Fluorose betroffen. Bei Konzentrationen von 7,4 mg F<sup>-</sup>/l Wasser traten Skelettfluorose bei den 40- bis 60-jährigen auf [4]. In Südafrika beträgt die Fluoridkonzentration in einem Gebiet 0,6 - 1,6 mg F<sup>-</sup>/l Wasser, in einem anderen 8,9 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Die Häufigkeit der Fluorose ist in beiden Gruppen vergleichbar hoch. Der Grad der Fluorose ist jedoch in der zweiten Gruppe höher [48]. Es zeichnet sich deutlich ab, dass das Trinkwasser eine fundamentale Rolle in der Fluoridversorgung und auch in der Fluoroseentwicklung darstellt. Aufgrund der regional unterschiedlichen Klimabedingungen und Lebensgewohnheiten lässt sich jedoch keine verbindliche Aussage über pauschale Grenzwerte treffen.

Bei der Betrachtung der sozialökonomischen Faktoren stellen sich ebenfalls deutliche Unterschiede ein. In Chile zeigten VILLA et al. (1996) auf, dass sozial schwächer gestellte Kinder häufiger von der Dentalfluorose betroffen waren als Kinder aus sozial besser gestellten Schichten bei gleicher Fluoridkonzentration des Trinkwassers. Diese

Verteilung ist auf den höheren Teekonsum der sozial schwächer gestellten im Kleinkindalter bis 5 Jahren zurückzuführen [76]. Nach ELLWOOD et al. (1994) gibt es in North Wales keine Unterschiede in der Häufigkeit von Opazitäten und Schmelzhypoplasien zwischen sozialökonomisch Starken und Schwachen [19]. In einem Vergleich von England und Sri Lanka arbeiteten NUNN et al. (1993) aus, dass bei einem Fluoridgehalt von 1,0 mg/l Trinkwasser die Fluorosehäufigkeit in England in der sozial höheren Schicht und in Sri Lanka in der unteren Schicht höher war [61]. Nach einer Studie von RUGG-GUNN et al. (1997) nimmt in Saudi Arabien die Fluorosehäufigkeit mit dem Fluoridgehalt des Trinkwassers zu, vor allem in den ländlichen Gegenden und bei unterernährten Kindern [67]. Unabhängig von der sozialen Schicht ist die Menge des Teegetränkes und damit das Trinkwasser ein entscheidender Faktor für die Fluoroseprävalenz.

Wie schon bei der Dentalfluorose deutlich wird, sind die klimatischen Gegebenheiten sehr entscheidend für den Pro-Kopf-Wasserverbrauch und damit der tatsächlich aufgenommenen Tagesdosis von Fluorid. So ist auch bei der Betrachtung der Skelettfluorose ein klimatisches Gefälle im internationalen Vergleich erkennbar. In Äthiopien leiden 98 % der untersuchten Männer an einer Skelettfluorose nach dem Konsum von Wasser mit einem Fluoridgehalt von mehr als 8,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser über einen Zeitraum von 10 Jahren und mehr [27]. In Tansania zeigte eine Studie von WENZEL et al. (1982) an 14jährigen Mädchen Veränderungen in der Knochenentwicklung bei der lebenslangen Nutzung von Trinkwasser mit einem Fluoridgehalt ab 3,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [79]. In Dänemark waren bei einem andauernden Genuß von Trinkwasser mit einer Fluoridkonzentration von 2,4 mg F<sup>-</sup>/l Wasser keine Anzeichen für Knochenveränderungen oder Formen der schweren Dentalfluorose erkennbar [78].

### **3 Eigene Untersuchungen**

#### 3.1 Material und Methode

##### 3.1.1 Gewinnung der Fluoridwerte

Wegen des bestehenden Datenschutzes wurden die Fluoriddaten in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Gesundheitsamt in Coesfeld ermittelt. Ihm liegen die Fluoriddaten der privaten Trinkwasserversorgungsanlagen im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen, regelmäßigen bakteriologischen Untersuchung des Trinkwassers aus privaten Brunnen vor. Das Gesundheitsamt holte die Einverständniserklärung zur Weitergabe der Fluoridwerte schriftlich ein.

Die Auswahl der Trinkwasseranlagen wurden unter folgenden Gesichtspunkten ausgewählt: Die Fluoridkonzentration des Wassers der TVA liegt oberhalb des Grenzwertes der deutschen Trinkwasserverordnung von 1,5 mg F/l Wasser, die Betreiber sind nicht an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen, sondern nutzen ausschließlich Trinkwasser aus der eigenen Versorgungsanlage.

##### 3.1.2 Zahnbefunde und Anamnese

Alle Betreiber, die eine Einverständniserklärung zur wissenschaftlichen Nutzung der Fluoridwerte erteilt hatten, wurden schriftlich gebeten, sich zur Erhebung des Zahnbefundes zur Verfügung zu stellen. Die Resonanz war zunächst unzureichend, daher wurden die potentiellen Teilnehmer nochmals telefonisch angesprochen.

Die jeweiligen Zahnbefunde wurden sowohl über den DMF-T-Index als auch über den DMF-S-Index für permanente Gebisse und entsprechend über den dmf-t- und dmf-s-Index für Milchgebisse erhoben. Im Wechselgebiss zählen die Indizes des permanenten Gebisses. Die Weisheitszähne liegen außerhalb der Wertung. Durch Fluorose verursachte Zahndefekte werden gesondert herausgearbeitet.

Um eine möglichst genaue Differenzierung der Zahnschäden zu erlangen, werden die Ursachen der Schäden weiter unterteilt. Über eine detaillierte Befunderhebung und Anamnese werden die Ursachen von etwaigen Zahnverlusten festgehalten und

gesondert aufgeführt (kariöse Defekte, Parodontitis, traumatische Gewalteinwirkung, Nichtanlage, kieferorthopädisch indizierte Extraktionen). Auch zwischen verschiedenen Schmelzbildungsstörungen und deren Ursachen sowie Karies wird unterschieden. Ein weiterer Differenzierungspunkt beinhaltet die Mundhygiene mit folgender Einteilung:

|    |    | API         |
|----|----|-------------|
| ++ | => | 0 - 15 %,   |
| +  | => | 16 - 30 %,  |
| ±  | => | 31 - 50 %,  |
| -  | => | 51 - 70 %,  |
| -- | => | 71 - 100 %. |

Mit berücksichtigt wird zudem die Anwendung weiterer systemisch und lokal wirkender Fluoridquellen. Der auf den folgenden Seiten aufgeführte anamnestische Fragebogen deckt weitere mögliche Ursachen für Schmelzbildungsstörungen und Karies auf, die neben der Trinkwasserfluoridierung wirksam sein können.

## Fragenkatalog zur Trinkwassernutzung aus privaten Trinkwasserversorgungsanlagen:

Trinkwassernutzung aus hauseigenem Brunnen

Wie viele Personen nutzen das Wasser?  Erwachsene  Kinder

Wie nutzen Sie das Wasser?  Trinkwasser  Nahrungszubereitung

Nutzen Sie zusätzlich Mineralwasser?  nein  
 ja: Fluoridgehalt:  mg/l  
 Marke:  
 Menge:  l/Tag

Seit wann nutzen Sie persönlich den hauseigenen Brunnen als Trinkwasserquelle?

Seit ca.  Jahren

Fluoridquellen

Nennen Sie den Fluoridgehalt Ihres Trinkwassers:  mg/l

Verwenden Sie?:

fluoridiertes Speisesalz  
 Fluoridtabletten, welche:  wie lange:  
 fluoridhaltige Zahncreme, welche:  
 Fluoridgele oder Fluoridlacke

Mundhygiene

Wie oft putzen Sie Ihre Zähne?

Welche Hilfsmittel verwenden Sie?

Zahnbürste  Zahnseide  
 Zahncreme  Superfloss  
 Zahnhölzchen  Mundspüllösungen

Wie häufig wechseln Sie die Zahnbürste?

Zahnärztliche Betreuung

Wie oft führt Ihr Hauszahnarzt eine Kontrolluntersuchung durch?

Hat Ihr Hauszahnarzt bei Ihnen Prophylaxemaßnahmen durchgeführt?  
(Instruktionen zur Mundhygiene, Zahnreinigung, Fluoridierung)

regelmäßig  
 einmal  
 nie

## Fragenkatalog - Fortsetzung -

Gesundheit

Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein?

- nein  
 ja, welche:

Haben Sie im Zeitraum von 0-10 Jahren Tetracyclinpräparate bekommen?

- nein  
 unbekannt  
 ja, mit \_\_\_ Jahren

Haben oder hatten Sie folgende Schmelzbildungsstörungen oder Erkrankungen?

- Amelogenesis imperfecta  
 Rachitis, mit \_\_\_ Jahren  
 traumatische Keimschädigung (Schlag, Stoß, Sturz im Bereich der Kiefer)  
 wenn ja, wann?: \_\_\_\_\_

Ernährung

Welche Brotsorte bevorzugen Sie?

- Weißbrot  
 Vollkornbrot

Trinken Sie Tee oder Kaffee?

- nein  
 ja

Nehmen Sie Zucker dazu?

- nein  
 ja

Wie häufig essen Sie Süßes?

- täglich       gelegentlich  
 selten         gar nicht

Welche Getränke bevorzugen Sie?

- Milch             Kaffee  
 Tee               Cola  
 Saft              Limonade  
 Wasser

### 3.1.3 Evaluation der Fluoridkenntnisse

In einem weiteren Schritt wurden zunächst 91 Befragungen in einem Kindergarten und in einer niedergelassenen Zahnarztpraxis in der Bevölkerung im Dorf Ascheberg und der ländlicher Umgebung durchgeführt. Es wurde keine Vorauswahl der Befragten getroffen mit Blick auf Alter, Status, Schulbildung, Beruf, Anzahl und Alter der Kinder, Häufigkeit von Zahnarztkonsultationen. Um möglichst authentische Angaben zu bekommen, wurden die Fragebögen in der Praxis vor dem Kontakt mit dem Behandler ausgefüllt. Im Kindergarten erfolgte die Befragung im Rahmen eines Informationsnachmittages zur Zahngesundheit für Eltern. Auch hier erfolgte das Ausfüllen der Bögen vor Beginn der Veranstaltung. Alle Teilnehmer waren volljährig.

Die verhältnismäßig kleine Anzahl der ausgefüllten Fragebögen kann nur als Stichprobe gewertet werden. Dennoch bietet die Umfrage einen Einblick zur allgemeinen Tendenz. Durch die Teilnahme von Personen aller sozialen Schichten, unterschiedlicher Bildung, Familienstand und Alter kann von einem orientierenden, jedoch nicht repräsentativen Querschnitt der Bevölkerung im ländlichen Raum Ascheberg ausgegangen werden.

Umfrage zur Gewinnung von Daten über allgemeine Fluoridkenntnisse

Angaben zur Person

Geschlecht: ( ) m ( ) w

Alter:

Schulabschluß:

Beruf:

Anzahl der Kinder:

Alter der Kinder:

1. Über welche der folgenden Fluoridquellen sind Sie informiert?

- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ( ) Trinkwasserfluoridierung          | ( ) fluoridierte Mundspüllösungen    |
| ( ) fluoridiertes Speisesalz          | ( ) Fluoridgele                      |
| ( ) Fluoridtabletten                  | ( ) Zahnseiden, Zahnhölzer           |
| ( ) Fluoridgehalt in Säuglingsnahrung | ( ) Fluoridierung durch den Zahnarzt |
| ( ) fluoridierte Zahnpasta            |                                      |

2. Durch wen wurden Sie informiert?

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| ( ) Zahnarzt     | ( ) Schule              |
| ( ) Kinderarzt   | ( ) Medien              |
| ( ) Hausarzt     | ( ) Bekannte, Verwandte |
| ( ) Kindergarten | ( ) sonstiges: _____    |

3. Welche Fluoridierungsmaßnahmen nutzen Sie für sich / Ihre Kinder?

4. Welche Vorteile der Anwendung von Fluoriden sind Ihnen bekannt?

5. Welche Gefahren der Anwendung von Fluoriden sind Ihnen bekannt?

6. Kennen Sie den Fluoridgehalt Ihres Trinkwassers? ( ) nein ( ) ja: \_\_\_mg/l

## 3.2 Durchführung

### 3.2.1 Fluoridwerte

Die vorliegenden Fluoridwerte sind, wie unter 3.1.1 erläutert, Bestandteil einer Wasseranalyse, die durch das Gesundheitsamt gefordert wird. Die Untersuchung dient vornehmlich der bakteriologischen Analyse des Wassers und ist durch das deutsche Trinkwasserschutzgesetz auch für private Betreiber von Trinkwasserversorgungsanlagen vorgeschrieben. Die Ergebnisse unterliegen dem Datenschutzgesetz, welches zum Zweck dieser Studie nur durch den Betreiber aufgehoben werden kann. Das zuständige Gesundheitsamt (GA) hat Höfe im Raum Ascheberg mit einer Fluoridkonzentration des Trinkwassers oberhalb von 1.5 mg F/l Wasser ermittelt und angeschrieben. Das Anschreiben beinhaltet die Bitte, die Fluoriddaten in dieser Studie verarbeiten zu dürfen. Die Berechtigung zur Weitergabe wurde durch die Unterzeichnung und Rücksendung des beigefügten Antwortbogens bestätigt.

### 3.2.2 Anamnese und Befunderhebung

Die, wie unter 3.2.1, ermittelten Probanden wurden schriftlich und fernmündlich zur Untersuchung eingeladen. Die Anamnese und Befunderhebung erfolgten in einer Zahnarztpraxis in Ascheberg und der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Münster. Um die Objektivität der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde jeweils nur ein Untersucher pro Lokalität tätig. Diese verwendeten zudem einen standardisierten Befundbogen und hielten auffällige Befunde mit Diafilmaufnahmen fest. In gleicher Sitzung füllten die Probanden den unter 3.1.2 aufgeführten Anamnesebogen aus.

### 3.2.3 Evaluation der Fluordkenntnisse

Die Vorgehensweise bei der Befragung zur allgemeinen Fluoridkenntnis ist unter Punkt 3.1.3 erläutert.

## 4 Ergebnisse

Zusammenhang von Fluoridkonzentrationen in privaten Trinkwasserversorgungsanlagen und Kariesentwicklung im Raum Ascheberg (südliches Münsterland)

### 4.1 Einleitung

Der ländliche Lebensraum ist allen Probanden gemein. Ascheberg liegt in einer landwirtschaftlich geprägten Region. Die Höfe liegen, wie für das Münsterland typisch, weit verteilt zwischen den Dörfern. Aufgrund der großen Streuung und teilweise weiten Entfernung sind die Höfe in der Regel nicht an das öffentliche Trinkwasserversorgungsnetz angeschlossen. Daraus resultiert eine hohe Zahl privater Brunnen.

Im Zeitraum von Mitte 2001 bis Mitte 2002 wurden im Raum Ascheberg 22 Zahnbefunde von Nutzern privater Trinkwasserversorgungsanlagen (TVA) ermittelt. Die Umfrage bezüglich der Fluoridkenntnisse beläuft sich auf 91 Teilnehmer aus der gleichen Region, jedoch ohne Rücksicht auf die Nutzung eines privaten oder öffentlichen Trinkwasserversorgers. Die Fluoridwerte der insgesamt 10 TVA liegen zwischen 1,9 und 10 - 12 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Trotz der niedrigen Beteiligung zeichnen sich deutliche Tendenzen der Karies- und insbesondere der Fluoroseentwicklung ab.

## 4.2 Ergebnistabellen und Grafiken

## 4.2.1 Ergebnisse der Zahnbefunde in Abhängigkeit zur Fluoridkonzentration

| F mg / l | DMF-T | DMF-S | Alter | Mundhygiene | Weitere Fluoridquellen | Dauer der Wassernutzung / Bemerkung |
|----------|-------|-------|-------|-------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1,9      | 10    | 30    | 48    | +           | S, ZC                  | 20 Jahre                            |
| 1,9      | 7     | 13    | 6     | -           | S,ZC,T0,5              | von Geburt                          |
| 2,6      | 19    | 67    | 54    | ±           | S,ZC                   | ab 19.J                             |
| 4,3      | 10    | 32    | 44    | ±           | ZC                     | ab 12.J                             |
| 4,3      | 2     | 2     | 21    | ++          | T,ZC                   | von Geburt<br>/Fluorose             |
| 4,3      | 3     | 3     | 12    | -           | T,ZC                   | von Geburt<br>/Fluorose             |
| 3,5      | 11    | 29    | 57    | +           | ZC                     | ab 35.J                             |
| 3,5      | 15    | 34    | 54    | ±           | ZC                     | ab 32.J                             |
| 2,2      | 10    | 44    | 59    | +           | ZC                     | ab 19.J                             |
| 1,6      | 18    | 76    | 58    | +           | ZC                     | ab 45.J                             |
| 1,6      | 22    | 87    | 64    | ±           | ZC                     | ab 51.J,                            |
| 2,9      |       |       | 85    | +           | k. Angabe              | TO/TU                               |
| 2,9      | 16    | 54    | 63    | ±           | k. Angabe              | PA                                  |
| 2,9      | 16    | 80    | 55    | ++          | S,ZC                   | ab 24.J                             |
| 2,9      | 2     | 2     | 27    | ++          | S,ZC                   | von Geburt                          |
| 2,9      | 6     | 11    | 24    | ++          | S,ZC                   | von Geburt                          |
| 2,1      | 2     | 2     | 16    | ++          | ZC                     | von Geburt                          |
| 1,0      | 1     | 2     | 10    | ++          | T,ZC                   | Tetrazyclin                         |
| 10-12    | 3     | 3     | 7     | +           | Nein                   | bis1J.,<br>Fluorose                 |
| 10-12    | 10    | 10    | 10    | +           | T2, KZC                | bis 4 J.<br>Fluorose                |
| 10-12    | 6     | 11    | 12    | +           | T2, KZC                | bis 6 J.<br>Fluorose                |
| 5-6      | 6     | 6     | 15    | +           | T2, ZC                 | Fluorose                            |

Tab. 1

T2 : Fluorid in Tablettenform für 2 Jahre  
 ZC : Zahncreme  
 KZC : Kinderzahncreme  
 S : fluoridiertes Speisesalz

## Mundhygiene

++ sehr gut API 0-15 %  
 + gut 16-30 %  
 ± mäßig 31-50 %  
 - schlecht 51-70 %  
 -- sehr schlecht > 70 %

Abb.1 u. 2  
Entwicklung der Indizes zur steigenden Fluoridkonzentration des Trinkwassers

Abb. 1 : Kariesentwicklung aller Brunnennutzer

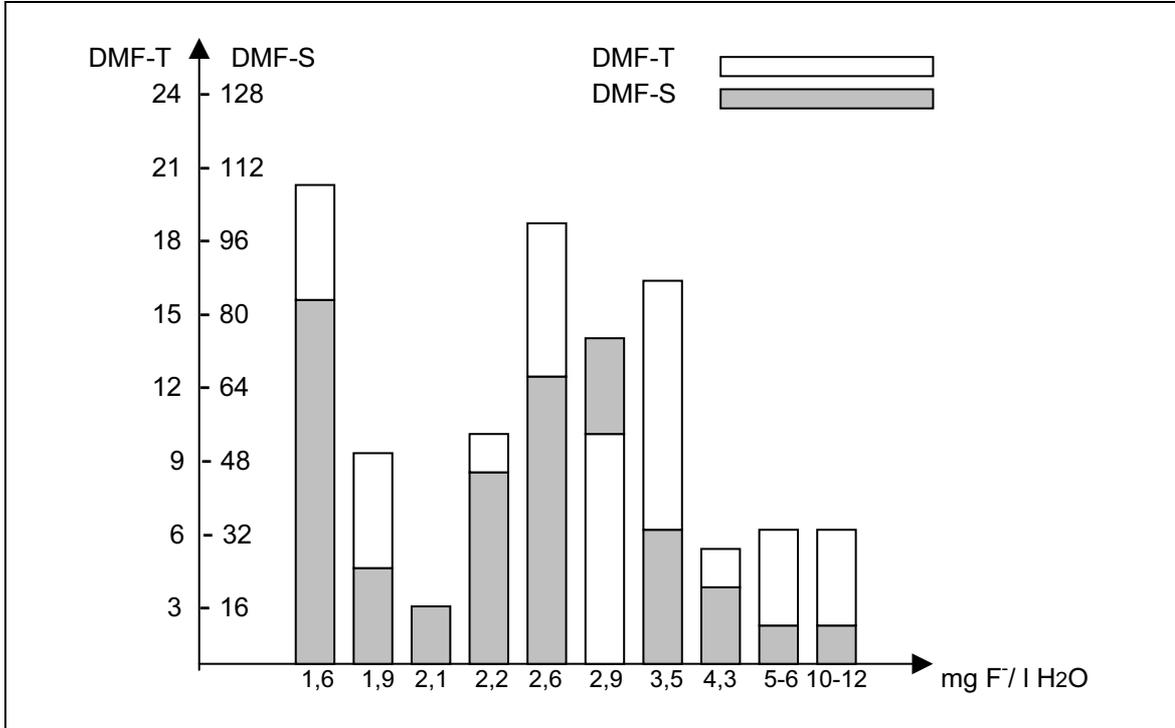
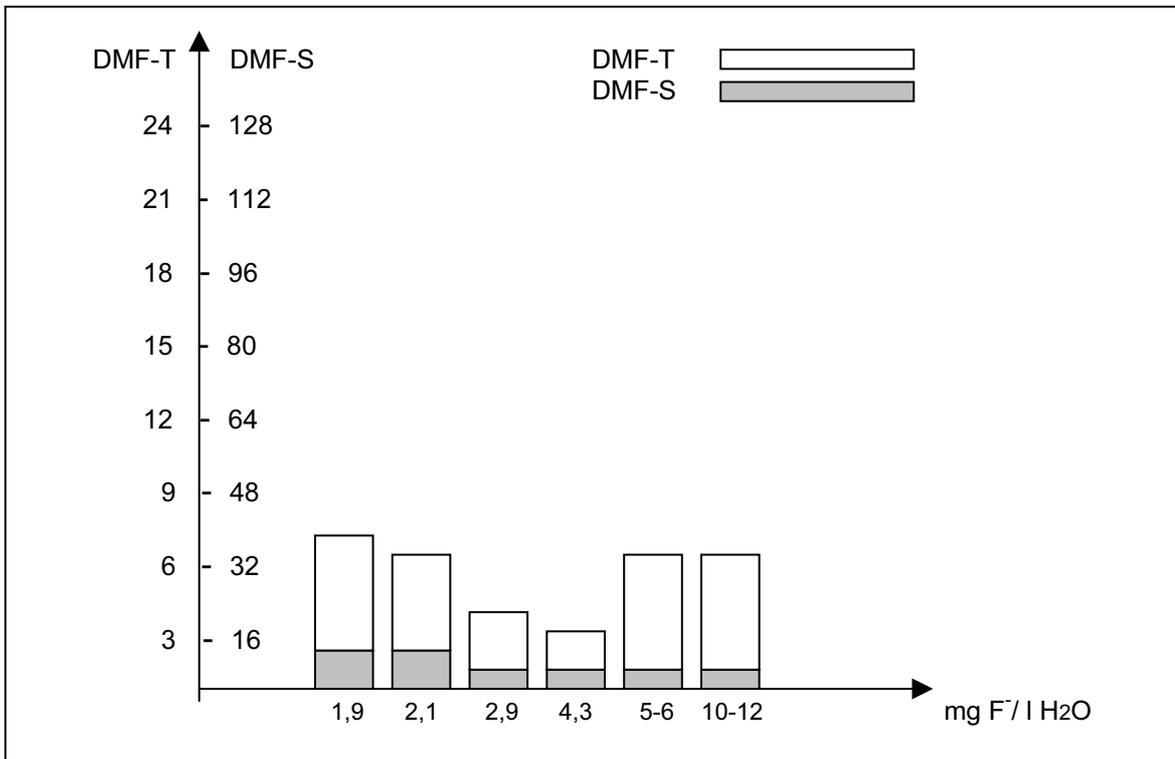


Abb. 2 : Kariesentwicklung bei Brunnennutzung von Geburt an



#### 4.2.2 Ergebniserläuterung der Zahnbefunde

Tab. 1 gibt einen Überblick über die Fluoridkonzentrationen der einzelnen Trinkwasserversorgungsanlagen. Die Konzentrationen bewegen sich in einem Bereich von 1,6 mg F<sup>-</sup>/l Wasser und max. 12 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Alle Werte liegen oberhalb des Grenzwertes von 1,5 mg F<sup>-</sup>/l der deutschen Trinkwasserverordnung (im Maximum bis zum 7-fachen). Des Weiteren legt Tab. 1 die unterschiedliche Nutzungsdauer dar. Aus der Dauer der Trinkwassernutzung geht hervor, dass 10 Probanden das Wasser von klein auf ohne nennenswerte Unterbrechungen nutzten; dagegen stehen 12 Teilnehmer, die frühestens ab dem 12. Lebensjahr das Wasser der TVA verwendeten. Die oben genannten 10 Probanden nutzten das Wasser also während und nach der Mineralisationsphase der Zähne, wogegen die Teilnehmer der 2. Gruppe das Wasser erst nach Abschluss der Schmelzmineralisation konsumierten.

Die in der Tab. 1 aufgeführten DMF-T- und DMF-S-Werte sind zur Veranschaulichung in Abb. 1 und 2 graphisch dargestellt. Die Graphiken wurden aufgrund einer recht geringen Datenmenge erstellt. Daher werden die beiden Indizes (DMF-T, DMF-S) auf einer Achse abgebildet. Dies ermöglicht eine genauere Darstellung von Tendenzen. Entfallen mehrere Probanden auf eine Fluoridkonzentration, wurden die Werte ihrer Indizes gemittelt.

In Abb. 1 zeichnet sich mit Zunahme der Fluoridkonzentration im Trinkwasser eine Abnahme der Zahnschäden ab. Erst ab einer Fluoridkonzentration von 5 - 6 mg F<sup>-</sup>/l Wasser stellt sich eine gewisse Kontinuität ein, die aber auf mangelnde Daten im Konzentrationsbereich von 5 - 10 mg F<sup>-</sup>/l Wasser zurückzuführen ist. Da in Abb. 1 das Ergebnis durch die Daten der Personen verzerrt ist, die das Wasser erst nach der Schmelzmineralisation nutzten, bleiben diese in Abb. 2 unberücksichtigt. Hier sinken die Zahlen der Zahnschäden deutlich ab. Die Tendenz aus Abb. 1 bleibt jedoch bestehen. Bis zu einer Konzentration von 4,3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser nimmt die Zahl der geschädigten Zähne mit zunehmender Konzentration ab. Ab einer Konzentration über 4,3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser steigt die Zahl der Zahnschäden jedoch fast wieder bis auf das Ausgangsniveau an.

Um die Art der Zahnschäden genauer beurteilen zu können, werden die Defekte, verursacht durch Fluorose, gesondert aufgeführt.

## 4.2.3 Ergebnisse zur Fluoroseentwicklung

Tab. 2 Fluoroseentwicklung in Abhängigkeit zur Fluoridkonzentration

| Alter | F <sup>-</sup> [mg / l] | Fluorosezahl<br>Grad 1 | Fluorosezahl<br>Grad 2 | Fluorosezahl<br>Grad 3 | Defektzahl pro<br>Gebiss |
|-------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 16    | 2.1                     | 0                      | 0                      | 0                      | 00/28                    |
| 24    | 2.9                     | 0                      | 0                      | 0                      | 00/28                    |
| 27    | 2.9                     | 0                      | 0                      | 0                      | 00/28                    |
| 12    | 4.3                     | 28                     | 0                      | 0                      | 28/28                    |
| 21    | 4.3                     | 28                     | 0                      | 0                      | 28/28                    |
| 15    | 5-6                     | 28                     | 0                      | 0                      | 28/28                    |
| 7     | 10-12                   | 13                     | 2                      | 8                      | 23/23 WG                 |
| 10    | 10-12                   | 5                      | 8                      | 11                     | 24/24 WG                 |
| 12    | 10-12                   | 8                      | 10                     | 6                      | 24/24                    |

WG = Wechselgebiss

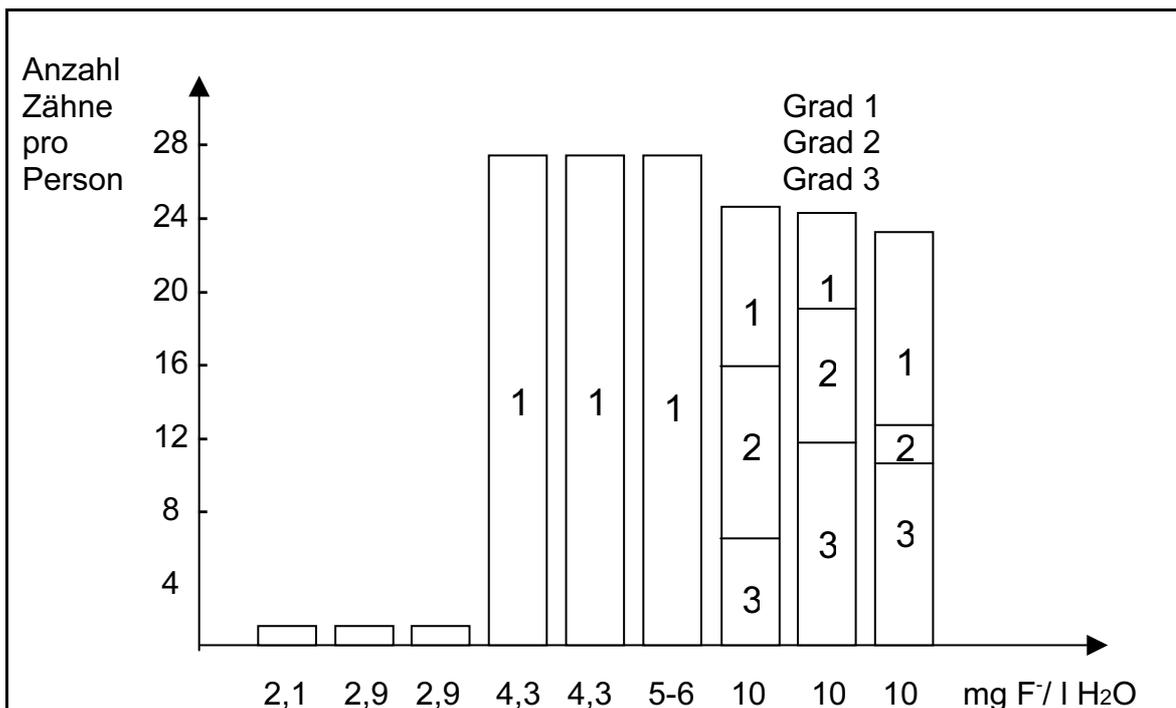
Grad 1 : weißliche Opazitäten ohne makroskopische Schmelzdefekte

Grad 2 : Grad 1 plus grubchenförmige Hypoplasien

Grad 3 : Schmelzhypoplasien mit Schmelzverlusten

Fluorosehäufigkeit in Abhängigkeit von der Fluoridkonzentration

Abb. 3 Graphische Darstellung der Tab. 2



#### 4.2.4 Ergebniserläuterung zur Fluoroseentwicklung

Der Anstieg der Zahnschäden bei zunehmender Fluoridkonzentration ab einem Fluoridwert von 4,3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser (Abb. 1 und 2) soll differenzierter betrachtet werden. Der DMF-T- und DMF-S-Index setzt sich hier überwiegend aus Schmelzdefekten durch Fluorose zusammen. Die Indizes zählen hier Füllungen, die nicht durch Karies im herkömmlichen Sinne, sondern aufgrund von frei liegendem Dentin erforderlich wurden. Sie sind somit als Folge des Fluorosegrades 3 zu betrachten. Tab. 2 und Abb. 3 zeigen die Zunahme der Fluorose zum einen in der Häufigkeit und zum zweiten in der Ausprägung. Berücksichtigt wurden nur Probanden, die von Geburt an, ohne nennenswerte Unterbrechung, Wasser aus dem entsprechenden Brunnen konsumiert haben.

Bei einer Fluoridkonzentration des Trinkwassers bis 2,9 mg F<sup>-</sup>/l Wasser sind makroskopisch keine Schmelzschäden in Form einer Fluorose zu erkennen. In einem Konzentrationsbereich von 4,3 - 6 mg F<sup>-</sup>/l Wasser sind Fluoroseschäden vom Grad 1 an sämtlichen Zähnen ersichtlich: in Form von weißlichen und teilweise bräunlichen Opazitäten mit glatter Schmelzoberfläche. Bei einer Konzentration von über 10 mg F<sup>-</sup>/l Wasser treten alle drei Grade der Fluorose auf. Bei allen drei Probanden – Konzentration von mehr als 10 mg F<sup>-</sup>/l Wasser – ist mehr als die Hälfte aller Zähne durch Fluorose (Grad 2 und 3) geschädigt. Die Schäden beziehen sich sowohl auf das Milchgebiss als auch auf die bleibende Dentition mit bis zum Teil kompletten Schmelzverlust einzelner Zähne.

## 4.2.5 Ergebnisse der Umfrage zur allgemeinen Fluoridkenntnis

Abb. 4 : Wissen um den Fluoridgehalt im Trinkwasser

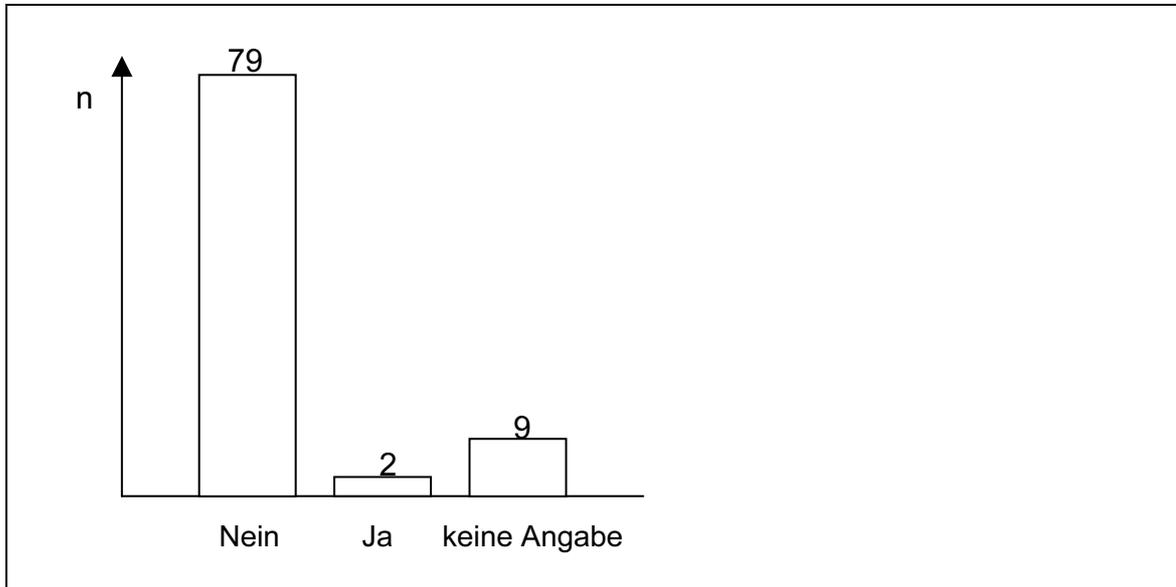


Abb. 5 : Bekannte Fluoridquellen

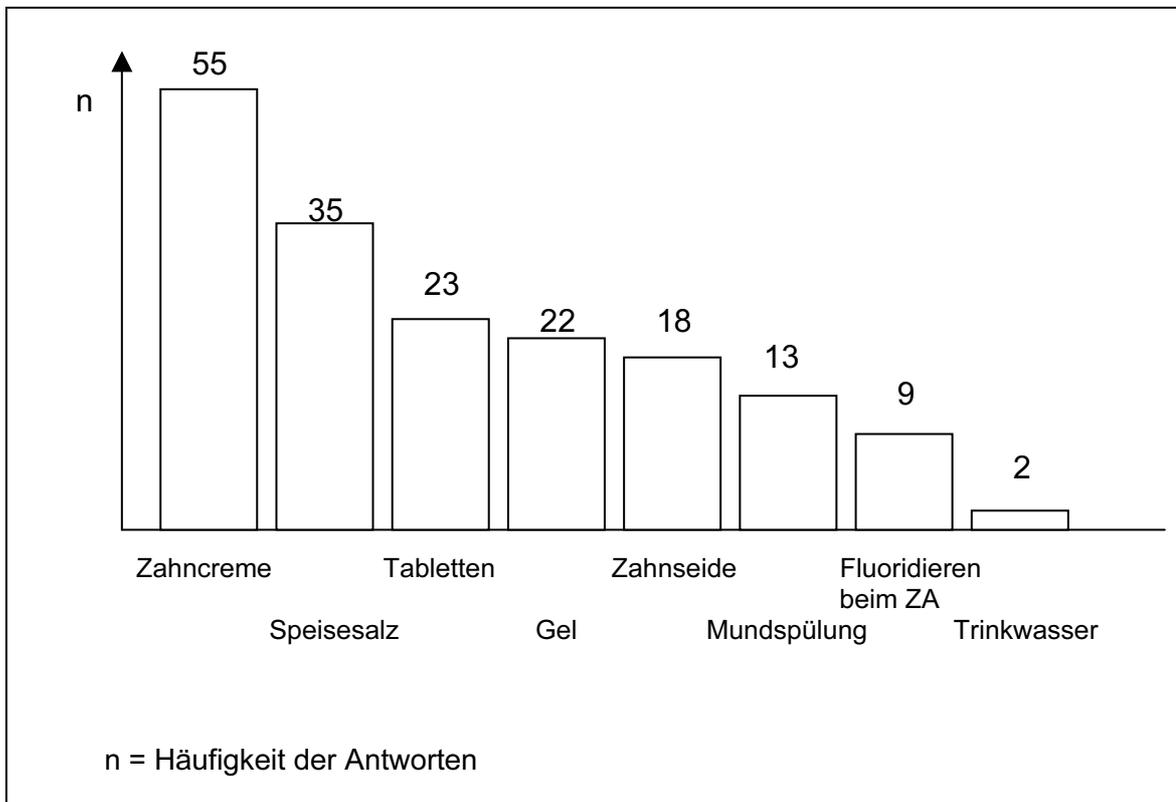


Abb. 6 : Bekannte Vor- und Nachteile der Fluoridanwendung

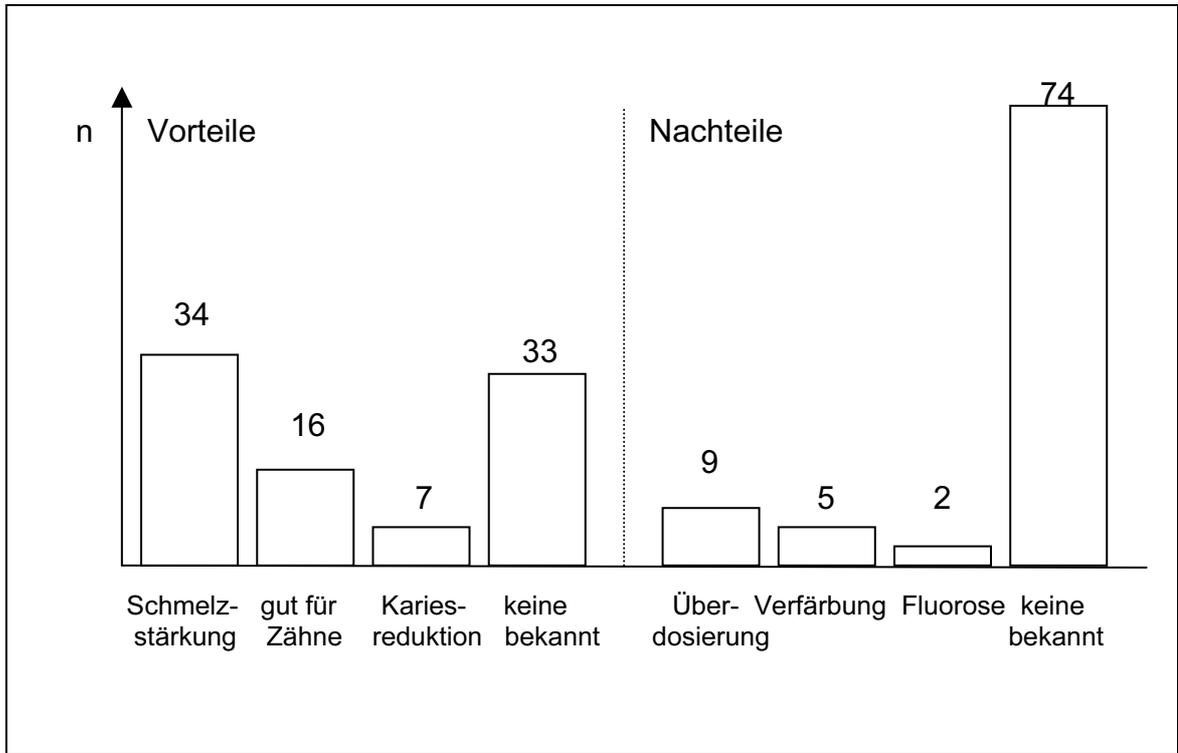
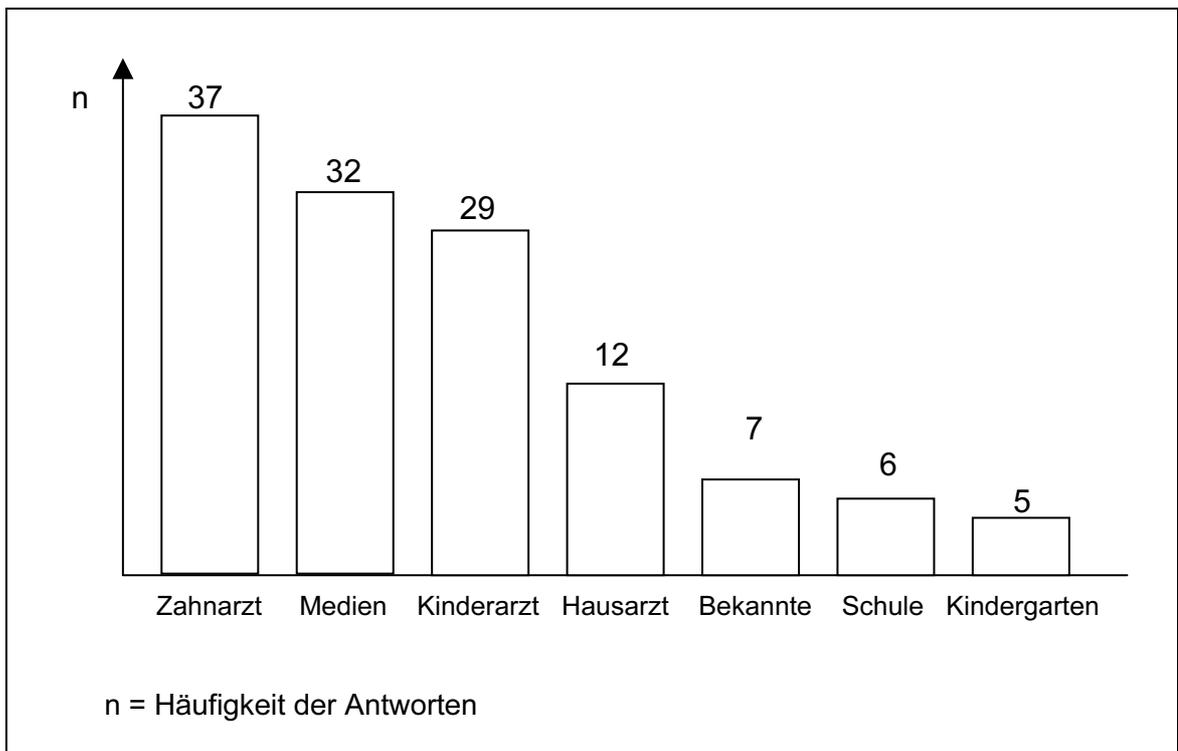


Abb. 7 : Informationsquellen über Fluoride



#### 4.2.6. Ergebniserläuterungen zur allgemeinen Fluoridkenntnis

Die Abb. 4 bis 7 veranschaulichen die Umfrageergebnisse zur Evaluation der allgemeinen Fluoridkenntnisse.

Von 90 Befragten sind nur 2 Personen die Fluoridkonzentrationen des Trinkwassers bekannt (Abb. 4). 9 Probanden machen keine Angabe und 79 Teilnehmern ist die Konzentration nicht geläufig. Daraus ergibt sich, dass mindestens 87,8 % aller Befragten keine Kenntnis über den Fluoridgehalt ihres Trinkwassers haben und nur 2,2 % den Fluoridwert kennen.

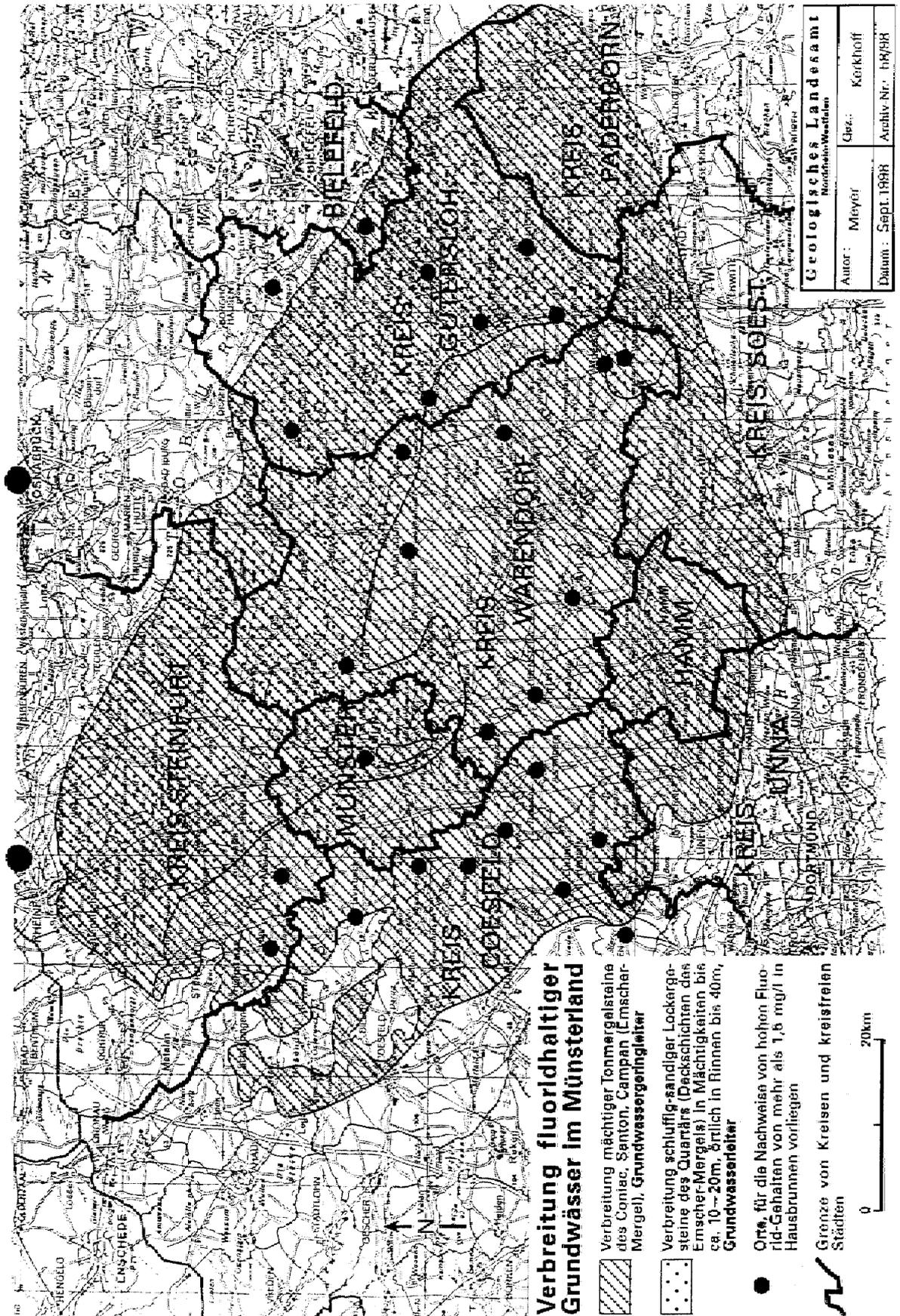
Bei der Frage nach bekannten Fluoridquellen (Abb. 5) steht das Trinkwasser an letzter Position. Auch hier nennen nur 2 von 90 Befragten das Trinkwasser als bekannte Fluoridquelle. Am bekanntesten ist die Zahncreme (61,1 %), gefolgt vom Speisesalz (38,9 %), Fluoridtabletten (25,6 %) und Gelen (24,4 %). Selbst die Fluoridierung mittels Zahnseide (21,1 %), Mundspüllösungen (14,4 %) und durch den Zahnarzt (10,0 %) sind bewusster als die Trinkwasserfluoridierung (2,2 %).

Mit den Vorteilen einer Fluoridanwendung (Abb. 6) sind insgesamt 63,3 % vertraut: in Form von „Schmelzstärkung“, „gut für die Zähne“ und „Kariesreduktion“. Nur etwas mehr als ein Drittel der Befragten (36,7 %) kennt keinen Nutzen.

Bei der Befragung über mögliche Nachteile des Fluoridkonsums (Abb. 6) sind 17,7 % der Anwender die Gefahr durch Überdosierung, Verfärbungen der Zähne und Fluorose bekannt. Dagegen stehen 82,2 % ohne jegliches Wissen von Nachteilen des Fluoridgebrauchs.

Die Hauptinformation über Fluoride erhalten die Verbraucher beim Zahnarzt (41,1 %), über die Medien (35,5 %) und beim Kinderarzt (32,2 %). Schule (6,7 %) und Kindergarten (5,6 %) stehen hinten an.

Abb. 8 : Verbreitung fluoridhaltiger Grundwässer im Münsterland



## 5 Diskussion

### 5.1 DMF-S / DMF-T

Die Ergebnisse dieser Studie weisen mehrere Kernpunkte auf. Zur Darstellung kommt zunächst, dass die Kariesaktivität mit zunehmender Fluoridkonzentration des Trinkwassers zunächst abnimmt. Bis hierher stimmt das Ergebnis mit Studien von NAUJOKS et al. (1979) überein [60]. Bei weiterer Konzentrationszunahme des Fluorids über 4 mg F<sup>-</sup>/l Wasser steigt die Zahl der Defekte hingegen wieder an (s. Abb.1 u. 2). Dieser Scheitelpunkt der Kurve ist auch als Wendepunkt in der Qualität der DMF-S- und DMF-T-Werte zu betrachten. Ab einer Konzentration von mehr als 4 mg F<sup>-</sup>/l Wasser tritt Dentalfluorose an die Stelle der kariösen Läsionen (Tab. 2).

### 5.2 Fluorose

Die Ausprägung der Fluorose ist an die Fluoridkonzentration im Trinkwasser gekoppelt. Mit zunehmendem Fluoridgehalt nimmt auch der Schweregrad der Dentalfluorose zu. Die Grenze zum Auftreten von Fluorose liegt in dieser Studie bei etwa 3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser. Zwischen 3 und 6 mg F<sup>-</sup>/l Wasser zeigt sich die Fluorose nur in leichten Formen mit weißlichen und bräunlichen Opazitäten ohne Schmelzverlust. Hypoplasien und Schmelzverluste treten bei Fluoridwerten um 10 mg F<sup>-</sup>/l Wasser auf.

### 5.3 Repräsentativität

Die ermittelten Werte dieser Studie sind allenfalls für den Raum Ascheberg repräsentativ. Aufgrund der geringen Probandenzahl handelt es sich hier um individuelle Ergebnisse, die jedoch Tendenzen veranschaulichen. Um exakte Grenzwerte für den Raum Ascheberg und Umgebung zu ermitteln, ist eine breit angelegte Feldstudie erforderlich. Die umfangreiche Untersuchung der Teilnehmer, insbesondere die detaillierte Anamnese erlaubt es jedoch, hinreichende Erkenntnisse über die Ursache und Wirkung von Fluorose und Fluorid mit dieser Studie herauszustellen.

### 5.4 Fluoridierungsmöglichkeiten

In Deutschland wurde die Fluoridierung des Trinkwassers mehrfach diskutiert, aber nicht praktiziert. Neben dem Trinkwasser standen auch immer wieder andere

Fluoridsupplemente in der Diskussion. Die Speisesalzfluoridierung, Fluoridierung mit Tabletten, Zahncreme, Gelen und Lacken sowie Mundspüllösungen bieten ein weit gefächertes Angebot mit vielen Möglichkeiten von Kombinationen. Wie sich aus der Umfrage ergibt (Abb. 4, 5, 6 u. 7), erhalten die Verbraucher die Hauptinformation von Ärzten, aber an zweiter Stelle durch Medien. Da bei den Medien der Schwerpunkt bei der Präsentation und Werbung der lokalen Fluoridsupplemente liegt, resultiert daraus ein hoher Bekanntheitsgrad dieser gegenüber den systemischen Quellen, insbesondere dem Trinkwasser. Als Hauptlieferant des Fluorids ist das Trinkwasser im Bewusstsein der Verbraucher weit ins Hintertreffen geraten (Abb. 5). Die Dosierungen der Fluoridsupplemente basieren auf der Grundlage, dass der Fluoridgehalt des Trinkwassers den WHO Grenzwert von 1,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser deutlich unterschreitet. Die Supplemente bieten eine Möglichkeit, dieses Fluoriddefizit ausgleichen. Deutliche Hinweise zur Abstimmung der Supplementdosierung auf den Trinkwassergehalt fehlen zu oft für den Verbraucher. Lediglich die Tablettendosierung berücksichtigt die Trinkwasserkonzentration [81]. Diese Informationsschieflage kann zur ungewollten und andauernden Überdosierung mit Fluorid führen. Schon bei der Zubereitung von Säuglingsnahrung mit hochfluoridhaltigem Wasser besteht eine große Gefahr der chronischen Überdosierung. Säuglingsnahrung ist bis auf besondere, diätetische Ausnahmen als fluoridarm deklariert [70], und zusätzliche Fluoridsupplementierung wird oft empfohlen. Nach MÖLLER hat das Trinkwasser in der Fluoridversorgung oberste Priorität. Er begründet eine zunehmende Fluoroseverbreitung durch zusätzliche Fluoridierung über Supplementquellen und durch die zunehmende Getränkeherstellung (Mineralwässer) in fluoridreichen Kommunen [55]. Das Trinkwasser, Hauptlieferant des täglichen Fluoridbedarfs, sollte daher wieder deutlicher in den Mittelpunkt der Fluorosediskussion gestellt werden.

## 5.5 Vergleich zu internationalen Studien

Folge der Überdosierung sind die Dentalfluorose sowie die Knochenfluorose. WENZEL et al. (1982) untersuchten das Auftreten von Dentalfluorose und Knochenfluorose an 12- bis 14-jährigen Mädchen in Dänemark. Die Fluoridkonzentrationen bewegten sich zwischen 0,4 bis 2,4 mg/l. In beiden Konzentrationsgruppen waren keine Anzeichen für Knochenveränderungen durch Fluorid nachweisbar. Auch schwere Formen der Fluorose sind nicht bekannt [78]. Diese Erkenntnisse lassen sich nicht uneingeschränkt auf Deutschland übertragen, da unterschiedliche Parameter für die Ausbildung einer Fluorose eine Rolle spielen; die klimatischen und sozialökonomischen Verhältnisse

sind allerdings vergleichbar. Eine Knochenfluorose, verursacht durch Genuss von Wasser mit überhöhten Fluoridwerten, ist in Deutschland demnach aufgrund des gemäßigten Klimas nicht zu erwarten und kann bei dieser Betrachtung vernachlässigt werden. In Regionen mit tropischem Klima ist die tägliche Wasseraufnahme um ein vielfaches höher und die Zahlen von Knochenfluorose steigen signifikant an. Bei einer Untersuchung von OPINJA et al. (1991) in Afrika treten Knochenveränderungen in Form von Deformationen der Extremitäten, Osteoporose im appendikulären Knochen und Osteosklerose in axialen Knochen auf: trotz normaler Serumwerte von Calcium und Phosphat bei Fluoridkonzentrationen von 10 mg F<sup>-</sup>/l Trinkwasser [63]. Eine weitere Studie von WENZEL et al. (1982) dieser Art wurde im tropischen Klima von Tansania durchgeführt. Hier zeigen sich bereits Knochenveränderungen und schwere Formen der Dentalfluorose bei Fluoridkonzentrationen von 3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [79]. Im Raum Ascheberg tritt die Dentalfluorose ab einer Fluoridkonzentration von 4,3 mg F<sup>-</sup>/l Wasser auf.

In Mexiko leiden bei einer Fluoridkonzentration von 2,8 mg F<sup>-</sup>/l Wasser 100 % der untersuchten Kinder an einer Dentalfluorose; davon 75 % an einer mäßigen Form und 19 % an einer schweren Ausprägung [37]. In Kenia tritt die Fluorose bereits bei 2 mg F<sup>-</sup>/l Wasser bei 100 % der Probanden auf [51]. In Ostafrika sind 91 % der teilnehmenden Kinder betroffen bei einem Fluoridaufkommen von 0,5 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [36], wobei sich hier die Fluoroseentwicklung deutlich von vergleichbaren Regionen abhebt. Diese Studien lassen sich nicht direkt miteinander vergleichen, aber eine Tendenz ist in Bezug auf den Stellenwert des Wassers deutlich erkennbar. Neben den klimatischen Differenzen stehen auch sozialökonomische Betrachtungen und regional bedingte Bräuche und Gewohnheiten in der Ernährung in engem Zusammenhang mit der Verbreitung der Dentalfluorose. Hier fällt besonders der Teekonsum auf [67, 76]. Aus den aufgeführten Studien ergibt sich die These, dass ein Fluoridgrenzwert für Trinkwasser nicht global, sondern regional bewertet werden sollte. Weiter stellt sich die hohe Bedeutung des Trinkwassers in der Fluoridversorgung signifikant heraus.

Übertragen auf die Region Ascheberg zeigt sich ein deutliches Missverhältnis zwischen der Bedeutung des Trinkwassers für die Fluoridversorgung und dem diesbezüglichen Wissen. Besonders für die Betreiber privater Trinkwasserversorgungsanlagen kann die Unwissenheit zu ernst zunehmenden Folgen in der Zahnentwicklung führen. Aber auch für die Verbraucher öffentlichen Trinkwassers dient das Wissen um die Fluoridkonzentration als Grundlage zur richtigen Dosierung und damit optimalen Kariesprophylaxe ohne das Auftreten einer Dentalfluorose.

Mit der Region Ascheberg stellt sich nur ein sehr kleiner Ausschnitt des Münsterlandes dar. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass sich die Problematik in weiten Teilen des Münsterlandes abzeichnet. Zum einen liegt dies in der Bodenbeschaffenheit und zum anderen in der weiten Verbreitung privater Trinkwasserversorgungsanlagen über das gesamte Gebiet begründet. Für die Region typisch liegen die landwirtschaftlichen Höfe weit gestreut zwischen Dörfern und Städten. Ein Anschluss an das öffentliche Versorgungsnetz ist kostspielig und aufgrund der weiten Entfernungen der Wasserqualität nicht zuträglich.

Laut dem GEOLOGISCHEN LANDESAMT NRW besteht ein Zusammenhang zwischen dem hohen Fluor- und Borgehalt des Grundwassers und der Verbreitung des Emscher-Mergels in den Bodenschichten [54]. Wie aus der Karte über die Verbreitung fluoridhaltiger Grundwässer im Münsterland (Abb. 8) zu entnehmen ist, erstreckt sich der Emscher-Mergel über die Kreise Steinfurt, Münster, Warendorf, Hamm, Gütersloh sowie in Teilen der Kreise Coesfeld, Unna, Soest und Paderborn und somit über weite Teile des Münsterlandes. Die Mehrzahl der Kreise ist durch die Landwirtschaft geprägt, so dass hier mit erhöhtem Aufkommen privater Brunnen mit hohen Fluoridwerten zu rechnen ist. Eine Studie in der Region Rietberg 3 im Kreis Gütersloh unterstreicht die Vermutung. Hier liegen 28 % der untersuchten Brunnen über 1,0 mg F<sup>-</sup>/l Wasser mit Einzelkonzentrationen bis zu 10,35 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [77]. Zwei weitere Studien im Ausbreitungsgebiet des Emscher-Mergels weisen ebenfalls Überschreitungen der Fluoridwerte von 1% und 17% der untersuchten Eigenwasseranlagen auf mit Konzentrationsspitzen von 9,64 mg F<sup>-</sup>/l Wasser [68, 83].

Die privaten Brunnen unterliegen einer regelmäßigen Kontrolle des Wassers, die sich hauptsächlich auf die mikrobiologische Untersuchung bezieht. Die Angabe der Fluoridkonzentration ist nicht obligat und wird abhängig vom Institut unterschiedlich gehandhabt. Somit ist der Fluoridwert nicht automatisch für den Betreiber zugänglich. Daraus folgt das Risiko einer unbewussten Überdosierung mit Fluorid durch Trinkwasser.

Diese Überdosierung kann in vielen Fällen noch durch die zusätzliche Verwendung weiterer Fluoridquellen verstärkt werden [49]. Hier ist an erster Stelle die Zahncreme zu nennen. Kinder bis 2 Jahre verschlucken 100 % der Zahncreme, von 2 - 4 werden 30 % verschluckt und von 5 - 7 Jahren noch 15 % [15]. Somit ist die Anwendung von Zahncreme bei Kindern bis 5 Jahren nicht nur als lokale, sondern auch als systemische

Fluoridquelle zu betrachten. Bei Verwendung von Kinderzahncreme liegt die Fluorosewahrscheinlichkeit niedriger als bei Erwachsenenzahncreme in der Anwendung von 2 - 5 Jahren bei gleichem Kariesschutz [14, 33]. Also kann auch beim Gebrauch von Zahncreme bei unsachgemäßer Anwendung eine hohe Fluoridzufuhr ausgehen. Bedingt durch die weit verbreitete Nutzung von Zahncreme auch im Kindesalter verbirgt sich hier ein nicht unerhebliches Fluorosepotential. Zudem erfreut sich das fluoridierte Speisesalz immer größerer Beliebtheit. Etwa 50 % der verkauften Speisesalze enthalten Fluorid. Auch hier sollte die Empfehlung und Anwendung auf den Fluoridgehalt des Trinkwassers abgestimmt werden.

Die optimale Kariesprophylaxe basiert auf der richtigen Kombination der verschiedenen Präparate. Die DGZMK empfiehlt die Anwendung von fluoridiertem Speisesalz in Kombination mit Kinderzahncreme 1 x täglich bei Kindern von 0,5 - 2 Jahren, 2 x täglich bei 2 - 6 Jahren und Erwachsenenzahncreme ab 6 Jahren. Fluoridtabletten sollten nur in Ausnahmefällen verabreicht werden, wenn das Kind kein Salz und keine Zahncreme verwendet [11]. Aber auch diese Empfehlung basiert auf der Nutzung von Trinkwasser mit einem Fluoridgehalt von unter 1 mg F<sup>-</sup>/l Wasser.

Das Trinkwasser mit Fluoridkonzentrationen von 1,0 ppm und mehr bildet die Basis der Fluoridversorgung, und eine intensive Aufklärung der Verbraucher sollte folgen. Des Weiteren ist die Aufbereitung stark fluoridhaltigen Wassers der privaten Brunnen durch Umkehrosmose im vertretbaren Kostenrahmen für Einzelverbraucher möglich und empfehlenswert.

## **6 Schlussfolgerung**

Die präsentierten Ergebnisse zeigen, dass hohe Fluoridwerte in privaten Trinkwasserversorgungsanlagen vorkommen und für die Ausbildung von Dentalfluorosen ursächlich sind. Die Verbraucher nehmen, ohne es zu wissen, täglich Mengen an Fluorid zu sich, die weit oberhalb der Expertenempfehlungen liegen. In der Unwissenheit über den Stellenwert des Trinkwassers als Fluoridquelle wird die Zufuhr über weitere Quellen summiert.

Da die für die Region typische Emscher-Mergel-Schicht des Bodens im ursächlichen Zusammenhang mit dem Fluoridgehalt des Wassers steht, ist zu erwarten, dass in weiten Teilen des Münsterlandes erhöhte Fluoridwerte in privaten Brunnen auftreten.

Intensive Aufklärung und Information der Nutzer von privaten Trinkwasserversorgungsanlagen sowie die kostenverträgliche Aufbereitung des Wassers vor Ort können das Risiko der Überdosierung mit Fluorid und die Folgen reduzieren.

## 7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden 27 private Trinkwasserversorgungsanlagen (im folgenden TVA genannt) ermittelt, bei denen die Fluoridwerte deutlich erhöht waren. Aufgrund der ländlichen Lage dieser Anlagen stehen daher keine zusätzlichen öffentlichen Wasserversorgungen zur Verfügung. Die Anlagen dienen zur Entnahme des gesamten Trinkwassers für die Betreiber.

Aus der Auswahl von 27 TVA wurden an 10 Höfen 22 Zahnbefunde erhoben. Trotz der schlechten Compliance der Brunnenbetreiber lassen sich dennoch deutliche Rückschlüsse auf einen Zusammenhang zwischen Fluoridgehalt im Trinkwasser und der Kariesentwicklung sowie Schmelzbildungsstörungen, insbesondere die Folgen einer Überdosierung, ableiten. Die Ergebnisse stehen in Einklang mit vergleichbaren Studien.

Wegen der durchweg geringen Bereitschaft zur Zusammenarbeit wurde ein Fragebogen zur Evaluation des Allgemeinwissens über den Umgang mit Fluoriden erstellt. Hier zeichnete sich bereits nach 90 Befragungen ab, dass die Kenntnisse über die Nutzung verschiedener Fluoridquellen, Grenzwerte und Dosierungen sowie Folgen von Überdosierungen weitgehend unzureichend sind. Der tägliche Fluoridbedarf wird hauptsächlich bereits durch das Trinkwasser gedeckt. Dieses Bewusstsein fehlt vielen Verbrauchern mit eigener Trinkwasserversorgung. Die weit verbreitete Unkenntnis über Wirkungsweisen der Fluoride, zugeführt über Trinkwasser und andere Fluoridquellen, führt zu ungewollter Fluoridüberdosierung und Dentalfluorose.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten sind in weiten Teilen des Münsterlandes private Brunnen mit erhöhten Fluoridwerten im Trinkwasser zu erwarten. Die Aufklärung ist somit ein wichtiges Standbein in Forschung und Prophylaxe und sollte verstärkt in den Mittelpunkt gerückt werden.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Akpata, E. S., Fakiha, Z., Kahn, N.:  
Dental fluorosis in 12 - 15 year old rural children exposed to fluorides from well drinking water in the Hail region of Saudi Arabia.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Aug. 24 (4), 324 - 7. (1997)
2. Ballauf, A., Rost-Reichert, I., Kersting, M., Weber, P., Manz, F.:  
Erhöhung der Jodzufuhr durch die Zubereitung von Kartoffeln, Nudeln und Reis mit jodiertem Speisesalz.  
Ernährungs-Umschau 35, 16 (1988).
3. Belli, W. A., Marquis, R. E.:  
Catabolite modification of acid tolerance of streptococcus mutans. GS-5.  
Oral. Mikrobiol. Immunol. 9, 29 - 34 (1994).
4. Brouwer, I. D., Bruin de, A., Hautvast, J. G., Baker Dirks, O.:  
[Fluorosis in Senegal] [Article in Dutch],  
Ned. Tijdschr. Tandheelkd. Jan. 96 (1), 34 - 37 (1989).
5. Buddecke, E.:  
Biochemische Grundlagen der Zahnmedizin.  
Berlin, New York, de Gruyter (1981).
6. Burger, P., Cleaton-Jones, P., Plessis. du, J., Vries, de, J.:  
Comparison of two fluorosis indices in the primary dentition of Tswana children.  
Community. Dent. Oral. Epidemiol. Apr. 15 (2), 95 - 97 (1987).
7. Correia Sampaio, F., Ramm, von der Fehr, F., Arneberg, P., Petrucci Gigante, D., Hatloy, A.:  
Dental fluorosis and nutritional status of 6-11-year-old children living in rural areas of Paraiba, Brazil.  
Caries. Res. 33 (1), 66 - 73 (1999).
8. Cortes, D.F., Ellwood, R. P., O`Mullane, D. M., Bastos, J. R.:  
Drinking water fluoride levels, dental fluorosis and caries experience in Brazil.  
J. Public. Health Dent. Summer 56 (4), 226 - 8 (1996).
9. Den Besten, P. K.:  
Dental fluorosis: its use as a biomaker.  
Adv. Dent. Res. Jun. 8 (1), 105 - 10 (1994).
10. DGZMK: Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten:  
Empfehlungen zur Kariesprophylaxe mit Fluoriden  
<http://www.dgzmk.de/stellung/9804.htm>. DGZMK V 2.1, Stand 6/02.
11. DGZMK: Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten:  
Empfehlung zur Kariesprophylaxe mit Fluoriden.  
<http://www.dgzmk.de/stellung/9804.htm>;2000
12. Driscoll, W. S., Horowitz, H. S., Meyers, R. J., Heifetz, S. B., Kingman, A., Zimmerman, E. R.:  
Prevalence of dental fluorosis in areas with optimal water fluoride concentrations.  
J. Am. Dent. Assoc. 107, 42 - 47 (1983).

13. Driscoll, W. S., Horowitz, H. S., Meyers, R. J., Heifetz, S. B., Kingman, A., Zimmerman E. R.:  
Prevalence of dental caries and dental fluorosis in areas with negligible-, optimal- and above- optimal fluoride concentration.  
J. Am. Dent. Assoc. 113, 29 - 33 (1986).
14. EAPD Europäische Akademie für Kinderzahnheilkunde:  
Einsatz von Fluoriden bei Kindern – Grundsatzklärung.  
1 Europ. J. Paediatr. Dent. 1/2000.
15. Einwag, J.:  
Kariesprophylaxe mit Fluorid – Ein Gesundheitsrisiko?  
TW. Pädiat. 5, 50 (1992).
16. Einwag, J., Naujoks, R.:  
Prophylaxe der Karies In : Ketterl, W. (Hrsg) : Praxis der Zahnheilkunde  
Bd. 3, 3. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München (1993).
17. Ekstrand, J.:  
Fluoride und Kariesverhütung – Eine pharmakokinetische Betrachtung.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 34, 712 - 13 (1979).
18. Ekstrand, J., Koch, G., Petersson, L. G.:  
Plasma fluoride concentration in preschool children after ingestion of fluoride tablets and toothpaste.  
Car. Res. 17, 379 (1983).
19. Ellwood, R. P., O'Mullane, D. M.:  
The demographic and social variation of dental enamel opacities in north Wales.  
Community Dent. Health Dec. 11 (4), 192 - 96 (1994).
20. Ellwood, R. P., O'Mullane D. M.:  
Dental enamel opacities in three groups with varying levels of fluoride in their drinking water.  
Caries Res. 29 (2), 137 - 42 (1995).
21. Estler, C. J.:  
Pharmakologie und Toxikologie.  
Stuttgart / New York, Schattauer (1995).
22. Fejerskov, O., Manji, F., Möller, J. J.:  
Dental fluorosis – a handbook for healthworkers.  
Munksgaard, Kopenhagen (1988).
23. Glenn, F. B., Glenn, W. D., Ducan, R. C.:  
Prenatal fluoride supplementation and the fluoride content of teeth.  
J. Dent. Child. 51, 344 (1984a).
24. Glenn, F. B., Glenn, W. D., Ducan, R. C.:  
Prenatal fluoride supplementation and improved molar occlusal morphology.  
J. Dent. Child. 51, 19 (1984b).
25. Granath, L., Widenheim, J., Birkhed, B.:

- Diagnoses of mild enamel fluorosis in permanent maxillary incisors using two scoring systems.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Oct. 13 (5), 373 - 6 (1985).
26. Gülzow, H. S.:  
Der Kariesverlauf bei Kindern und Jugendlichen nach 15 Jahren  
Trinkwasserfluoridierung in Basel.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 34, 715 (1979).
  27. Heimanot, R. T., Fekadu, A., Bushra, B.:  
Endemic fluorosis in the Ethiopian Rift Valley.  
Trop. Geogr. Med. Jul. 39 (3), 209 - 17 (1987).
  28. Heilgermann, A., Wetzel, W. E.:  
Ursachen und Schweregrade der Dentalfluorose in 30 Fällen im Zeitraum 1983 -  
1992.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 51, 3 (1996).
  29. Hellwig, E., Klimek, J.:  
Caries prevalence and dental fluorosis in german children in areas with different  
concentrations of fluoride in drinking water supplies.  
Caries Res. 19, 278 - 83 (1985).
  30. Hellwig, E., Klimek, J., Attin, T.:  
Einführung in die Zahnerhaltung.  
München, Wien, Baltimore, Schwarzenberg (1995).
  31. Henschler, D.:  
Bioverfügbarkeit von Fluorid in Abhängigkeit von Bindungsformen und von  
Nahrungsbestandteilen.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 34, 712 (1979).
  32. Hodge, H. C., Smith, F. A.:  
Biological properties of inorganic fluorides.  
In Simons (ed). Fluorine chemistry, New York: Academic Press 1 - 42 (1965).
  33. Holt, R. D., Morris, C. E., Winter G. B., Downer, M. C.:  
Enamel opacities and dental caries in children who used a low fluoride toothpaste  
between 2 and 5 years of age.  
Int. Dent. J. 44, 331 - 41 (1994).
  34. Horowitz, H. S.:  
Fluoride and enamel defects.  
Adv. Dent. Res. Sep. 3 (2) , 143 - 6 (1989).
  35. Hübers, B., Naujoks, R.:  
Zahngesundheitszustand 12- bis 14- jähriger in zwei fluorendemischen Gebieten in  
Nordbayern.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, 265 - 67 (1980).
  36. Ibrahim, Y. E., Affan, A. A., Bjorvatn, K.:  
Prevalence of dental fluorosis in Sudanese children from two villages with 0,25 and  
2,56 ppm fluoride in the drinking water.  
Int. J. Paediatr. Dent. Dec. 5 (4), 223 - 9 (1995).

37. Irigoyen, M. E., Molina, N., Luengas, I.:  
Prevalence and severity of dental fluorosis in a mexican community with above – optimal fluoride concentration in drinking water.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Aug. 3 (4), 243 - 5 (1995).
38. Ishii, T., Suckling, G.:  
The appearance of tooth enamel in children ingesting water with a high fluoride content for a limited period during early tooth development.  
J. Dent. Res. Jul. 65 (7), 974 - 7 (1986).
39. Ishii, T., Suckling, G.:  
The severity of dental fluorosis in children exposed to water with a high fluoride content for various periods of time.  
J. Dent. Res. Jun. 70 (b), 952 - 6 (1991).
40. Ismail, A. I., Messer, J. G.:  
The risk of fluorosis in students exposed to a higher than optimal concentration of fluoride in well water.  
J. Public. Health Dent. 56 (1), 22 – 7, Winter (1996).
41. Künzel, W.:  
20 Jahre Trinkwasserfluoridierung in der Deutschen Demokratischen Republik.  
Stom. DDR 29, 743 - 52 (1979).
42. Künzel, W.:  
Reduction in caries after 7 years of water fluoridation under climatic conditions in Cuba.  
Caries Res. 16, 272 - 6 (1982).
43. Künzel, W., Partsch, P., Bärwald, T.:  
Trinkwasserfluoridierung Spremberg: Ein Beitrag zur Effektivitätskontrolle komplexer Präventionsprogramme.  
Dtsch. ZahnMundKieferheilk. 74, 443 - 449 (1986).
44. Künzel, W., Soto Padron, F.:  
Zur kariesprotektiven Effektivität fluoridangereicherter Trinkwässer unter den klimatischen Bedingungen Kubas.  
Dtsch. ZahnMundKieferheilk. 71, 341 - 48 (1983).
45. Langer, H., Bauer, E., Binder, K.:  
Der Gebisszustand in einem Gebiet mit hohem Fluoridgehalt des Trinkwassers.  
Österr. Z. Stomat. 66, 2 (1969).
46. Larsen, M. J., Kirkegaard, E., Poulsen, S.:  
Pattern of dental fluorosis in a European country in relation to the fluoride concentration of drinking water.  
J. Dent. Res. Jan. 66 (1), 10 - 12 (1987).
47. Leverett, D. H., Adair, S. M., Vaughan, B. W., Proskin, H. M., Moss, M. E.:  
Randomized clinical trial of the effect of prenatal fluoride supplements in preventing dental caries.  
Caries Res. 31 (3), 174 - 9 (1997).
48. Lewis, H. A., Chikte, U. M.:

- Prevalence and severity of fluorosis in the primary and permanent dentition using TSIF.  
J. Dent. Assoc. S Afr. Oct. 50 (10), 467 - 71 (1995).
49. Liefde, de, B., Herbison, G. P.:  
Prevalence of developmental defects of enamel and dental caries in New Zealand children receiving different fluoride supplementation.  
Community Dent. Oral. Epidemiol: 13, 164 - 7 (1985).
50. Leveren, van, C.:  
Antimicrobial activity of fluoride and its in vivo importance: Identification of research questions.  
Car. Res. 35 (Supp 1), 65 - 70 (2001).
51. Manji, F., Baelum, V., Fejerskov, O.:  
Dental fluorosis in an area of Kenya with 2 ppm fluoride in the drinking water.  
J. Dent. Res. May 65 (5), 659 - 62 (1986).
52. Manz, F.:  
Deckung des Jodbedarfes: Immer noch ein Problem.  
Ernährungs- Umschau 38, 234 (1991).
53. McInnes, P. M., Richardson, B. D., Cleaton-Jones, P. E.:  
Comparison of dental fluorosis and caries in primary teeth of preschool-children living in areas high and low fluoride villages.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Aug. 10 (4), 182 - 6 (1982).
54. Meyer, B.:  
Fluor- und Borgehalte im Grundwasser des Münsterlandes – Kurzbericht zu bisher vorliegenden Ergebnissen.  
Geologisches Landesamt NRW, Krefeld (1998).
55. Möller, I. J.:  
Fluorides and dental fluorosis.  
World Health Organisation, Regional Office for Europe, 8 Scherfigsvej, DK - 2100, Copenhagen, Denmark.
56. Monsour, P. A., Kruger, B. J., Petric, A. F., McNee, J. L.:  
Acute fluoride poisoning after ingestion of sodium fluoride tablets.  
Med. J. Austral. 13, 503 (1984).
57. Mühlendahl, K. E. V., Oberdisse, U., Bunjes, R., Ritter, S.:  
Vergiftung im Kindesalter.  
3. Auflage, Stuttgart: Enke (1995).
58. Murray, J. J., Rugg-Gunn, A. J., Jenkins, G. N.:  
Fluoride in caries prevention.  
3<sup>rd</sup> ed., Butterworth and Heinemann, Oxford (1991).
59. Naujoks, R.:  
Memorandum zur Trinkwasserfluoridierung:  
Dtsch. ZahnMundKiefer-heilk. 20, 1134 – 1135 (1978).
60. Naujoks, R., Bergmann, K. E., Newesely, H., Knappwuost, A., Büttner, W., Ahrens, G., Schmidt, H. F. M., Büchs, H., Gülzow, H. J., Marthaler, T. M.:

Kariesprophylaxe und Fluorid – eine wissenschaftliche Standortbestimmung.  
Informationskreis Mundhygiene und Ernährungsverhalten, Frankfurt (1979).

61. Nunn, J. H., Ekanayake, L., Rugg-Gunn, A. J., Saparamadu, K. D.:  
Assessment of enamel opacities in children in Sri Lanka and England using a photographic method.  
Community Dent. Health Jun. 10 (2), 175 - 88 (1993).
62. Opinya, G. N., Bwibo, N., Valderhaug, J., Birkeland, J. M., Lokken, P.:  
Intake of fluoride and excretion in mother's milk in a high fluoride (9 ppm) area in Kenya.  
Eur. J. Clin. Nutr. Jan. 45 (1), 37 - 45 (1991).
63. Opinya, G. N., Imalingat, B.:  
Skeletal and dental fluorosis: two case reports.  
East Afr. Med. J. Apr. 68 (4), 304 - 11 (1991).
64. Reich, E., Schmalz, G., Bergmann, R. L., Bergler, H., Bergmann, E.:  
Kariesbefall von Kindern nach unterschiedlich langer Applikation von Fluoridtabletten.  
Dtsch Zahnärztl. Z. 47, 232 - 34, (1992).
65. Ripa, L. W.:  
A half-century of community water fluoridation in the United States: review and commentary.  
J. Public Health Dent. 53, 17 (1993).
66. Rock, W.P., Gordon, P. H., Bradnock, G.:  
Dental caries experience in Birmingham and Wolverhampton school children following the fluoridation of Birmingham water in 1964.  
Brit. Dent. J. 150, 61 - 66 (1981).
67. Rugg-Gunn, A. J., Al-Mohammadi, M., Butler, J.:  
Effects of fluoride level in drinking water, nutritional status and socioeconomic status on the prevalence of developmental defects of dental enamel in permanent teeth in Saudi-14-year-old boys.  
Caries Res. 31, 259 - 267 (1997).
68. Schütte, T.:  
Untersuchungen über den Fluoridgehalt des Trinkwassers aus privaten Wasserversorgungsanlagen der Region östliches Münsterland.  
Medizinische Dissertation Münster (2003).
69. Shulman, J. D., Lalumandier, J. A., Grabenstein, J. D.:  
The average daily dose of fluoride, a model based on fluorid consumption.  
Pediatr. Dent: Jan, 17 (1), 16 - 18 (1995).
70. Staehle, H. J., Koch, J.:  
Kinder- und Jugendzahnheilkunde.  
Köln, Deutscher Ärzte-Verlag (1996).
71. Stöckli, P. W., Ben-Zur, E. D.:  
Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.  
Stuttgart, New York, Georg-Thieme-Verlag (1994).

72. Thylstrup, A.:  
Distribution of dental fluorosis in the primary dentition.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Nov. 6 (6), 329 - 37 (1978).
73. Thylstrup, A., Bille, J., Brunn, C.:  
Caries prevalence in Danish children living in areas with low and optimal levels of natural water fluoride.  
Caries Res. 16, 413 - 420 (1982).
74. Trautner, K., Siebert, G.:  
Die Bedeutung der Fluoridzufuhr mit der Nahrung. Studien zur Bioverfügbarkeit  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 38, 50 Sonderheft 1 (1983).
75. Vignarajah, S.:  
Dental caries experience and enamel opacities in children residing in urban and rural areas of Antigua with different levels of natural fluoride in drinking water.  
Community Dent. Health Jun. 10 (2), 159 - 66 (1993).
76. Villa, A. E., Guerrero, S.:  
Caries experience and fluorosis prevalence in Chilean children from different socio-economic status.  
Community Dent. Oral. Epidemiol. Jun. 24 (3), 225 - 7 (1996).
77. Vollmer, C.:  
Untersuchungen über den Fluoridgehalt des Trinkwassers aus privaten Wasserversorgungsanlagen der Region Rietberg 3 (Mastholte)  
Medizinische Dissertation Münster (1993).
78. Wenzel, A., Thylstrup, A., Melsen, B.:  
Skeletal development and dental fluorosis in 12 - 14 year old Danish girls from a fluoride and a non-fluoride community.  
Scan. J. Dent. Res. Apr. 90 (2), 83 - 8 (1982).
79. Wenzel, A., Thylstrup, A., Melsen B., Fejerkov, O.:  
The relationship between water-borne fluoride, dental fluorosis and skeletal development in 11 – 15 year old Tansanian girls.  
Arch. Oral. Biol. 27 (10), 1007 - 11 (1982).
80. Whitford, G. M., editor:  
The metabolism and toxicity of fluoride.  
2<sup>nd</sup> ed, Basel, Karger (1996).
81. WIDO Wissenschaftliches Institut der Ortskrankenkassen:  
Fluoridkarte der Bundesrepublik Deutschland,  
WIDO Materialien 25, Bonn (1985).
82. WIDO Wissenschaftliches Institut der Ortskrankenkassen:  
Pro und Kontra Fluorid? Diskussion und Schlußfolgerung.  
WIDO Materialien 29, Bonn (1986).
83. Zimmer, U. R.:  
Untersuchung der Elektrolytgehalte des Wassers in privaten Wasserversorgungsanlagen im Bereich Paderborn/Gütersloh.  
Medizinische Dissertation Münster (2003)

Danksagung

Hiermit bedanke ich mich herzlich  
bei allen, die mir bei der Abfassung dieser Arbeit behilflich waren.

Mein besonderer Dank geht an  
Herrn Prof. Dr. K. Ott  
für die Überlassung des Themas,  
die Durchsicht und Korrektur der Arbeit  
und für die Anleitung bei der Durchführung der Untersuchungen.

Herrn OA Dr. T. Dammaschke  
für seine freundliche Unterstützung  
und wertvolle Hilfe  
bei der Durchführung der Untersuchungen.

Herrn Dr. C. Toepper  
für seine freundliche Unterstützung  
bei der Beschaffung der Fluoridwerte und  
Kontaktherstellung zu den Probanden.

Und nicht zuletzt gilt mein Dank  
Herrn Reinhard Mehring,  
der mir bei der EDV  
außerordentlich behilflich war.

