Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 39 (1948)

Heft: 1-3

Artikel: Das Problem Fluorgehalt des Zahns - Kariesresistenz

Autor: Schmid, Hch.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982107

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das Problem
Fluorgehalt des Zahns – Kariesresistenz

Von Dr. med. dent. *Hch. Schmid,* Zürich
Präsident der Vereinigung Schweizerischer Schulzahnärzte

1. Einleitung

In der Natur zwingt uns die Wichtigkeit ganz einfacher Dinge immer wieder Erstaunen und Bewunderung ab. Der Boden, das aus ihm fliessende Wasser, das Feuer sind von grösster Bedeutung. Es war ein Markstein in der menschlichen Kultur, als der homo sapiens mit seinem eigentlichen Vegetariergebiss die Nahrung zu kochen begann. Die stets fortschreitende Zivilisation verschlechterte Kieferform und Zahngüte zusehends, was auch an Gefangenschaftstieren gegenüber ihren wildlebenden Gefährten beobachtet wird[55])[5]). Die Karies hat während Jahrtausenden langsam zugenommen.

Tabelle 1
Kariesbefall im Laufe der Zeit [36])

Diluvium	ca. 300 000 Jahre v. Chr.	0 % kariöse Gebisse
Steinzeit	ca. 13 000—2000 Jahre v. Chr. Feuerstellen bekannt	3 % » »
Bronzezeit	ca. 2000—800 Jahre v. Chr.	22 % » »
5. Jahrhundert		70 % » »
12. »		76 % » »
18.—19. »		83 % » »
20. »		97—100 % » »

Die Fluorfrage rückt die Bedeutung der Böden, der darauf gewachsenen pflanzlichen und tierischen Kost, des Trinkwassers für die Zahngüte in den Vordergrund. Wir sehen hinein in die Zusammenhänge mit dem Boden, auf dem der Mensch lebt, hinein in die sog. *Ökologie,* die Lehre von den Beziehungen der Organismen zur Aussenwelt und zueinander, also zur Gesamtheit der organischen und anorganischen Existenzbedingungen. Die Ökologie umfasst auch die Anpassung der Organismen an ihre Umgebung und ihre Umbildung durch den Kampf ums Dasein.

Die in dieser Arbeit vorkommenden Fluorbestimmungen sind durch Herrn Dr. *Th. von Fellenberg* (siehe vorhergehende Arbeit) im Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes ausgeführt worden.

Als im amerikanischen Schrifttum der letzen Jahre, worüber *Bellinger* [2]) eine Übersicht gab, die Fluorfrage für die praktische Zahnheilkunde an Bedeutung gewann, zögerten wir nicht, das Problem auch auf Schweizerboden einer optimalen Abklärung zuzuführen.

Es wird erstmalig in einem Land auf Grund von ca. 1200 chemischen Analysen von Zähnen untersucht, wie weit die Behauptung aufrecht erhalten werden kann, der fluorarme Zahn neige in erhöhtem Mass zu Kariesanfälligkeit und der an Fluor angereicherte Zahn gewährleiste Kariesresistenz. *Hardgrove* und *Bull* [24]) nahmen in Wisconsin USA ähnliche vergleichende Untersuchungen vor, die sich aber ohne Zahnanalysen auf die unterschiedlichen Fluorgehalte in den Trinkwässern zweier Städte und die Kariesstatistik an Jugendlichen beschränken. Sie fanden in der mit 2,3 mg/l fluorhaltigem Trinkwasser versorgten Stadt Green Bay durchschnittlich 3—4mal weniger Karies als in der mit nur 0,05 mg/l fluorhaltigem Trinkwasser versorgten Stadt Sheboygan.

In der Hauptsache war es uns um die Lösung folgender Fragen zu tun: Finden wir in der Schweiz in den wenigen Gebieten relativ noch hoher Kariesresistenz auch erhöhten Gehalt des Zahns an Fluor und sind Zähne aus kariesstatistisch ausgesprochen schlechten Gegenden arm an Fluor. Auch in morphologischer, experimenteller und therapeutischer Hinsicht boten die *v. Fellenberg*'schen Analysen wegleitenden Aufschluss.

Ein nach geographischer Herkunft und Altersstufen möglichst umfassendes Material konnten wir nur dank der Mithilfe mancher Kollegen in verschiedenen Landesteilen verwerten. Es wurde strikte darauf Bedacht genommen, dass die Proben nur von Autochthonen stammten, d. h. von Menschen, die Zeit ihres Lebens, zum mindesten aber die ersten 10 Lebensjahre am gleichen Ort sesshaft waren. Aus der Schulzahnpflege stammten Milchzähne und bleibende bis zum 16. Altersjahr. Zwanzig Rekrutenschul-Zahnärzte verschafften Material von 19—20jährigen. Auch Proben aus den weitern Erwachsenenjahren bis ins hohe Alter wurden verarbeitet. Zur Hauptsache lieferte die Zürcher Schulzahnklinik extrahierte Zähne, auch von Zuzüglern nach Zürich. Denn kriegsbedingt wanderten viele Auslandschweizer aus allen Erdteilen in die Heimat zurück, und zufolge des steten Wachstums der Großstadt ist der Zuzug aus andern Schweizergegenden nach Zürich rege. Junge Auslandgäste, denen ein Aufenthalt auf Schweizerboden ermöglicht war und die auch an der Schulzahnpflege teilnahmen, boten weitere wertvolle Proben.

2. *Die Bedeutung des Fluors*

Das Fluorproblem ist nach 15 Jahren eigentlich aus der Versenkung wieder ausgegraben worden. *Leimgruber* [37]) hat eine Arbeitshypothese entworfen, wonach der Zahnschmelz aus einem durch röntgenographische Feinstrukturuntersuchungen erwiesenen Kristall, dem Hydroxylapatit besteht. Die einzelnen

Kristallsäulen, verbunden durch eine verhornte organische Grundsubstanz, bilden den Gesamtschmelz. Fluor ist, zitiert nach *Hotz* [28]), ein notwendiger Helfer für die Bildung reifen Schmelzes und bleibt nach dessen Aufbau darin eingeschlossen. Für die Erhaltung der Resistenz spielt die Zusammensetzung des Speichels die Hauptrolle. Zahn und Speichel bilden eine funktionelle Einheit. Um die Schmelzreifung zu unterhalten, ist die Gegenwart von Rhodan erforderlich.

Fluor erzeugt bei zu hoher Dosierung am wachsenden Zahn Verkalkungsschäden, die in verschiedenen Ländern als «mottled enamel», d. h. gefleckter, gesprenkelter Schmelz nachgewiesen wurden. Da Fluor auch das Bakterienwachstum und die Säurebildung beeinflusst, besitzt es grosse Bedeutung für die Kariesprophylaxe [54]). Die Fluoreinwirkung vorwiegend im Vitroversuch mit meist pulverisierten Zahnhartsubstanzen, bearbeiteten *Gross* [19]), *Kovaliv* und *Held* [33]).

Es war daher angezeigt, auf breiter Grundlage in der Schweiz, die, wie von *Brodtbeck* [7]) beschrieben, über Gebiete verschiedener Kariesanfälligkeit verfügt, analytische Untersuchungen über den Fluorgehalt des Zahns einzuleiten. Vorgängig unseren eigenen Vitro- und Vivoversuchen trachteten wir einmal darnach, kartographisch in verschiedenen Gegenden die geographische Verbreitung von Fluor festzuhalten. Wohl streifte *Engelberger* [13]) auf engerm Gebiet das Problem Fluorgehalt des Trinkwassers — Kariesresistenz. Doch auf das Gebiet der ganzen Schweiz bezogen, waren längere Untersuchungen erforderlich.

Optimale Fluorzufuhr, besonders in den wachsenden Zahn, bedeutet nach heutiger Erkenntnis einen wertvollen Beitrag zur Kariesbekämpfung, obgleich daneben noch manche andere Gebiete zu berücksichtigen sind, die sich mehrfach überschneiden, so die Ernährungslehre, speziell Vitaminlehre und Brotfrage, dann die Hormonlehre, Konstitutions- und Vererbungslehre. Wird eines dieser Gebiete zu sehr in den Vordergrund gestellt, so ergeben sich Widersprüche, weil für den Gebisszustand der Bevölkerung ihre Naturverbundenheit und die Gesamtheit der geosomatischen Einflüsse entscheidend sind [40]) [43]).

Fluor ist ein Spurenelement, gleichsam ein anorganisches Vitamin analog dem Jod [38]). Seine wichtige physiologische Bedeutung geht schon daraus hervor, dass es in den Blättern und grünen Gemüsen vorkommt, wovon hier einzig der Winterspinat mit 0,38 mg% der Trockensubstanz und 2,25 mg% der Kartoffelschalen (siehe vorhergehende Arbeit) erwähnt seien. Kartoffeln, das hat schon der Ernährungsphysiologe *Ragnar Berg* gezeigt, werden am besten in der Schale gebraten [9]).

Es ist daher begreiflich, dass einige nordamerikanische und englische Städte auf weite Sicht versuchen, den als fluorarm bekannten Trinkwässern aus zentralen Wasserversorgungen künstlich Fluor zuzusetzen [10]). Diese Massnahme bedeutet angesichts der ungeheuren Verschwendung von Ingredienzien beim Zusatz zu den Brunnenstuben eine unrationelle Art der Verabreichung. *Wespi* [62]) schlägt

Brot und Salz als Träger dieser zusätzlichen Ernährung vor, und er beruft sich auf den mit dem Jodsalz in der Kropfbekämpfung erzielten Erfolg. Er beeinflusst die Schwangeren-Ernährung mit Fluorgaben.

Manche Trinkwässer werden aus industriellen Gründen weitgehend enthärtet, um Kalkansatz in Röhren und Kesseln zu verhüten. Kalkmangel des Wassers kann nun aber für die Zähne verhängnisvoll werden. Es war nach den in der vorhergehenden Arbeit gegebenen Fluorbestimmungen in Trinkwässern naheliegend, nach Zusammenhängen zwischen Fluorgehalt des Wassers und Kariesfrequenz zu suchen.

3. *Kariesstatistisches Vergleichsmaterial*

Unser Ziel, die durch *v. Fellenberg* gefundenen Fluorwerte des Zahns geographisch und morphologisch mit mehr oder weniger ausgeprägter Kariesresistenz in Beziehung zu bringen, liess sich durch Vergleichung mit einzelnen kartographischen Aufnahmen erreichen, die ich persönlich in 14 Rekrutenschulen und als Armeekorps-Zahnarzt an rund 30 000 Mann im Aktivdienst 1939—1945 sammelte. Im weitern wurden herangezogen die Arbeiten von *Brodtbeck* [7][8][13][22]), *Jadassohn* [29]), *Klingele* [31]), *Lauener* [34]) mit den erwähnten Arbeiten *Roggers* und *Walters*, *Ringger* [45]), *Roos* [46]) *Sandoz* [49]), *Scherrer* [50]), *Schmidt* [53]), *Siegfried* [56]) und von *Staub* [59]).

Ich war auch sehr dankbar für persönliche Mitteilungen von in Fluorgebieten praktizierenden Kollegen, vorab den Herren Dr. *Berger* in Laufenburg, *N. A. Gaudenz* in Scuol, Dr. *Gentinetta* in Brig und Dr. *Pünter* in St. Moritz und Poschiavo.

Es ist unerlässlich, kariesstatistisches Vergleichsmaterial zu beschaffen. Die Kariesstatistik ist für den Eingeweihten eine äusserst heikle Angelegenheit, besonders, wenn nicht das ganze Gebiet von demselben Zahnarzt bearbeitet werden kann. Die fortlaufenden Schuluntersuchungen in Zürich seit 17 Jahren und die Ergebnisse der Untersuchung von Orten im Kanton Zürich mit noch relativ hoher Kariesresistenz (Hirzel, Schönenberg, Sternenberg) boten bestmögliche Vergleichsdaten zu den ebenfalls 1943 in Wisconsin aufgezeigten Tabellen [24]).

4. *Analysiertes Untersuchungsmaterial*

Eine genaue Sichtung des ca. 1200 extrahierte Zähne umfassenden Untersuchungsmaterials war unerlässlich. Karies musste ausgebohrt, die die Analysen exorbitant störenden Füllungen entfernt werden, und eine genaue morphologische Beschreibung und Wägung des Gewichts musste erfolgen, weil die Fluorwerte zwischen Zahnkrone und Wurzel differieren.

Der Fluorgehalt der Zähne (F) wird im folgenden stets in mg%, also in mg pro 100 g Material angegeben, und zwar nicht auf den Zahn selbst, sondern auf die Zahnasche bezogen. Auf den Zahn bezogen würde es in der Regel etwa 0,7mal die angegebenen Werte ausmachen, da ein unverletzter Zahn in der Regel etwa 70 % Asche hinterlässt. Da nun aber (siehe *v. Fellenberg*) der Zahnschmelz, somit auch die Krone bedeutend weniger, die Wurzel bedeutend mehr organische Substanz enthält, würden in allen denjenigen Fällen, wo die Asche nicht besonders bestimmt worden ist, bei der Umrechnung auf den Zahn durch Multiplikation mit 0,7 gewisse Fehler entstehen. Man fand in den einzelnen Zahnteilen folgende Aschengehalte:

Aschengehalt der Krone	(Mittel von 14 Bestimmungen)	77,7 %
Aschengehalt des Schmelzes	(Mittel von 5 Bestimmungen)	94,7 %
Aschengehalt der Wurzel	(Mittel von 50 Bestimmungen)	70,3 %

Anhand dieser Zahlen lassen sich nun die Fluorgehalte, die sich nicht auf ganze Zähne beziehen, sondern auf Teile von Zähnen, von der Asche auf die frische Substanz umrechnen.

Der durchschnittliche F-Gehalt in der Asche des analysierten Zahns von Zürich betrug im Mittel von ca. 400 Proben 4 mg%. Plötzlich aufgetretene Werte von 135 und 233 mg% liessen den berechtigten Schluss zu auf das Vorhandensein störender Stoffe. Aufklärung brachte die Analyse der plastischen Füllmassen, die teilweise so enorme F-Gehalte aufweisen (siehe *v. Fellenberg*), dass die kleinste Spur davon im Zahnmaterial die Analyse vollständig fälschen muss. Bei der Entfernung störender Massen ist noch die angrenzende Schmelz- und Dentinschicht zu exkavieren, da sie möglicherweise mit F angereichert ist. Derart verringert sich der Kronenanteil des Zahns gegenüber dem Wurzelanteil. Das führt uns zu einer weitern Fehlerquelle, die im Lauf der Untersuchungen über einige paradoxe Ergebnisse Aufschluss bot. Die Wurzel ist durchschnittlich doppelt so F-haltig wie die Krone. Daher rührt der Anstieg an F im kariösen Zahn, und aus dem gleichen Grund ist der obere, meist dreiwurzlige Stockzahn F-reicher als der untere, nur zweiwurzlige. Bei Nichtbeachtung dieser Fehlerquelle ergaben kariöse Zähne vielfach gegenüber Resistenten nur unwesentliche Unterschiede im F-Gehalt. Eine genaue morphologische Beschreibung, womöglich getrennte Analyse von Krone und Wurzel war daher angezeigt. Noch genauere Ergebnisse ergaben getrennte Schmelz- und Dentinproben.

5. *Organische Substanz des Schmelzes*

Es ist üblich, die organische Substanz aus dem Glühverlust der Trockensubstanz zu berechnen. Es ist aber in gewissen Fällen nicht leicht, zu entscheiden, ob die Gewichtsabnahme beim Glühen wirklich nur von der organischen Substanz herrührt. Um dies abzuklären, wurde die Bestimmung der organischen

Substanz auf 3 verschiedenen Wegen durchgeführt: a) durch Glühverlust, b) durch Chromsäureverbrennung und c) durch Stickstoffbestimmung. Das genauere Verfahren ist durch *Th. v. Fellenberg* (vorhergehende Arbeit) beschrieben.

Man fand in 2 Schmelzproben:	Schmelz 1	Schmelz 2
organische Substanz aus Glühverlust	3,96	4,49
organische Substanz aus Chromsäureverbrennung	1,70	1,79
organische Substanz aus Stickstoffbestimmung	1,38	1,71

Durch Chromsäureverbrennung und Stickstoffbestimmung erhält man besonders bei der 2. Schmelzprobe gut übereinstimmende Werte, während der Glühverlust der Trockensubstanz um 2,26 und 2,7 % höhere Werte liefert.

Es zeigte sich nun, dass pulverisierter Schmelz, ebenso wie Dentinpulver, wenn man ihn vorerst mit etwas Wasser kocht, um allfällige Luftbläschen zwischen den Pulverteilchen zu entfernen, beim Versetzen mit Säure Kohlendioxyd entwickelt, also carbonathaltig ist. Der Mehrwert der organischen Substanzbestimmung durch Glühverlust gegenüber der Chromsäureverbrennung rührt somit von entwichenem CO_2 her, und zwar berechnet sich der Gehalt an Calciumcarbonat zu 5,15 und 6,13 % bei den beiden Schmelzproben.

Bei einem Zahnkeim fanden wir sogar eine Differenz von 6,6 % zwischen den beiden Bestimmungen, was auf 15,0 % Calciumcarbonat schliessen liesse.

Aus dieser Feststellung ergeben sich neue Gesichtspunkte.

6. Der F-Gehalt des Zahns in morphologischer Hinsicht

Die erwähnten Unterschiede im F-Gehalt von Krone und Wurzel gehen aus der Tabelle 2 hervor.

Die Analysen sind stets an einer grössern Anzahl Proben durchgeführt worden. Man sieht, dass Zahnkeime gegenüber bereits durchgebrochenen, seit Jahren im Munde gestandenen Zähnen im Vergleich des F-Gehalts der Krone zu dem der Wurzel nicht wesentlich differieren. Es handelt sich alles um Zähne von Zürich, dessen Trinkwasser gespiesen wird von:

1. Quellwasser aus dem Sihltal mit 0,045 mg F/l
2. filtriertem Seewasser mit 0,070 mg F/l
3. Grundwasser (Hard) mit 0,078 mg F/l.

Schon bei den Milchzähnen ersehen wir höhere Werte bei den Milchmolaren als mehrwurzligen Gebilden gegenüber dem nur einwurzligen Milch-Caninus. Noch drastischer wird das Überwiegen des F-reichen Wurzelanteils bei der Untersuchung kariöser Milchzähne, wo ein Teil der Krone von Karies befreit wurde und der Wert auf 6,2 mg% ansteigt. Das gleiche Bild bieten kariöse Sechsjahrmolaren mit der erwähnten höhern F-Quote im obern Zahn zufolge

Tabelle 2

Morphologische Verteilung von F an relativ F-armen intakten und kariösen Milchzähnen und bleibenden und an Zahnkeimen

Material von Zürich, Gehalt des Trinkwassers an F: 0,07 mg/l
Geologischer Untergrund: Alluvium

Zahngattung	Alter	Anzahl	Befund	F in mg %		
				ganzer Zahn	Krone	Wurzel
Milchzähne	3—10	115	intakt	4,1		
III	8	10	intakt	2,9		
IV und V	8	10	intakt	4,3		
Milchzähne	5—10	30	kariös	6,2		
Milchzähne	7—11	10	int., resorb.	3,5	3,5	
6 — 6	12	10	intakt	3,2	*2,9*	*7,0*
6 + 6	12	10	intakt	4,5	*3,2*	*8,3*
6 — 6	12	10	kariös	5,1	*4,1*	6,0
6 + 6	12	10	kariös	5,9	4,2	7,8
4 + 4	13	10	intakt	5,8	3,6	7,2
4 + 4	8—10	10	*Keime*	4,9	*4,1*	*7,0*
6	16—20	5	kariös	6,8		
Pm	16—20	3	kariös	6,5		
7	16—20	5	kariös	7,0		
Pm	40	4	kariös	7,2		
8	20	3	intakt	*6,8*		
8	55	3	kariös	7,3		

seiner meist dreiwurzligen Gestalt. Zahnkeime von 1. Bicuspidaten, die anlässlich der aus orthodontischen Gründen ausgeführten Germektomie gewonnen wurden und nie in der Mundhöhle gestanden haben, also ihren Gehalt an F nur auf dem Blutweg erhielten, differieren unmerklich gegenüber 5 Jahre später aus dem Kiefer entfernten, die schon so lange im System Speichel-Zahnschmelz gestanden haben. Dies lässt den Schluss zu, dass die Hauptzufuhr von F in die Zahnhartsubstanzen aus dem Blut geschieht. Es ist nicht so, dass sich der Zahn vorwiegend nach dem Durchbruch mit F imbibiert. Die Wurzeln der als Keime entfernten Zähne ergaben die aufgeführten Werte von F schon dann, als sie noch als embryonal knorplige Gebilde vorlagen. Weisheitszähne von Zürich ergaben in höherem Alter wohl einen Anstieg, aber nie in dem Ausmasse, wie dies in Fluorgebieten der Fall ist, wo Zähne betagter Leute bis zu 150 mg% F enthielten. Auch bei Erwachsenenzähnen lässt sich (letzte Linie) nachweisen, dass Karies der Krone trügerisch erhöhten F-Gehalt des Zahns vortäuscht, weil

unter Normalverhältnissen die Wurzel mehr F enthält als die Krone. Beim resorbierten Milchzahn nähert sich der F-Gehalt des ganzen Zahns dem Wert der Krone.

7. *Feinerer morphologischer Aufbau und F-Gehalt des Zahns*

Die Auffassung, dass F in der Hauptsache auf dem Blutweg in den Zahn gelangt, wird erhärtet durch

Tabelle 3

F-Gehalt in mg%, bezogen auf den feinern morphologischen Aufbau je eines F-armen und F-reichen Zahns

Es wiesen mg% F auf:	
Eckzahn von *Kaisten*	59
Dessen Schmelzmantel	13
» koronarer Wurzelanteil	72
» apikaler Wurzelanteil	70
Pulv. Schmelz von verschied. bleibenden Zähnen von *Brig*	8,7
» Schmelz, äussere Partie	9,2
» Schmelz, innere Partie	8,8
» Kronendentin der gleichen Zähne	26,0
» Dentin von den Apices	43,0
Pulv. Schmelz von Sechsjahrmolaren 12jähriger v. *Zürich*	3,1
» Schmelz, äussere Partie	4,9
» Schmelz, innere Partie	3,2
» Dentin der gleichen Zähne, Kronenanteil	7,0
» Wurzeldentin und Dentin von den Apices	je 8,5

Der prozentuale Anteil von F im organischen Teil der Krone mit 2,6 und dem der Wurzel mit 2,4 ist nahezu gleich.

Das Bild der feinern morphologischen Verteilung von F ändert sich stark, je nachdem wir die Hartsubstanzen je eines F-armen Zahns (Zürich) und F-reicher Zähne (Kaisten und Brig) in Tabelle 3 untersuchen.

Zur Vermeidung eventueller F-Spuren aus synthetischem Karborund wurden die Materialien nur mit Diamantschleifern gewonnen und aufs genaueste die Schmelz-Dentingrenze beachtet, die sich makroskopisch abzeichnet neben dem geringern Härtegrad, welcher an der Grenze spürbar wird. Dass von Zürich vorwiegend Sechsjahrmolaren zur Verarbeitung kamen, hat seine Bewandtnis damit, dass wir aus kariesprophylaktischen und orthodontischen Gründen den Jugendlichen zu gegebener Zeit öfters diesen Zahn entfernen.

In hinreichender Menge analysiertes Schmelzpulver, weisslicher als das eher gelblich getönte Dentinpulver, ergab eine F-Quote von 3,1 mg%. Raspelten wir nur den äussern Schmelzmantel ab, so war das Pulver etwas (4,9 mg%) F-haltiger, während die innere Schmelzzone nur 3,2 mg% F enthielt. Es ist der Schluss naheliegend, dass in der innern Schmelzzone gegen die *Tomes*'sche Körnerschicht hin die organischen Bestandteile einen grössern Anteil einnehmen als in der äussern Schmelzpartie, wo das hauchdünne Schmelzoberhäutchen (*Nasmith*'sche Membran) aus organischem Material besteht. Diese Vermutung wird bekräftigt durch die Dentin-Analysen, die im Kronendentin 7,0 mg% und im Wurzeldentin 8,5 mg% F aufdeckten. Die Wurzel besitzt vermehrt organische Kanäle (Markkanäle), und das Bild der Dentinkanälchen der Wurzel weist einen etwas gröbern Bau auf als in der Krone.

Am F-reichen Zahn von Kaisten ergab bei einem Gesamtgehalt an F von 59 mg% ein vom gleichen Patienten stammender Antagonist bei der Untersuchung des pulverisierten Schmelzmantels 13, des koronaren Wurzelanteils (Zement und Dentin) 72 und des apikalen Teils 70 mg% F. Es ist aufschlussreich, zu sehen, wie ein solcher Zahn aus einem F-Gebiet, der sein Leben lang teilhaftig wurde der hohen F-Quote im Trinkwasser von 1,1—1,4 mg/l, im Schmelzmantel wohl auch einen höhern Anteil an F zeigt, aber nie in dem Ausmass, wie es bei der Wurzel bis zu ihrer Spitze der Fall ist. Dies lässt den Schluss zu, dass der Antransport von F vorwiegend auf dem Blutweg geschieht. Untersuchte Zähne aus einem andern Fluorgebiet, von Asp, ergaben bereits kurz nach ihrem Durchbruch gleiche Werte, so dass anzunehmen ist, der mittelhohe Wert von 13 mg% im Schmelzmantel stamme aus der Embryonalzeit. Unsere später erfolgten Vitroversuche erforderten beträchtlich höhere Konzentrationen von Fluoriden, um eine Anreicherung im Schmelz zu erzielen.

Der Zahn von Brig zeigt in proportionalem Verhältnis zu dem von Kaisten nur ca. $^2/_3$ der F-Mengen in Schmelz und Krone. Wiederum ist die äussere Schmelzpartie F-reicher als die innere, und einen um das Doppelte höhern Gehalt gegenüber dem Krondentin weist der Wurzelapex auf.

Der Analyse so ausgeschiedener Zahnhartsubstanzen kommt eine um so bedeutendere Rolle zu, als es bisher nicht gelungen ist, durch eine histologische Färbemethode den F-haltigen Anteil hervortreten zu lassen.

In diesem Zusammenhang möge erwähnt sein, dass ausser den Zähnen auch andere, zwar fast ausschiesslich aus Organischem aufgebaute Materialien nicht unbeträchtliche F-Gehalte aufweisen können, so Haare 0,24, Nägel 0,30 mg%. Alle Hautanhängsel, auch Federn und Schuppen von Fischen und Landtieren (Schuppentieren) sind F-reich.

Organische F-Verbindungen sind einstweilen im Organismus nicht aufgefunden worden. Bei der Analyse des Zahns wird das F im organischen Anteil mit erfasst. Es kommt aber darin nur in 2 % der Gesamtmenge vor und wird immer schnell an die anorganische Substanz abgegeben, gleichgültig, ob es aus dem Blut stammt oder als Fluorid aufgepinselt wird.

Im Blut findet sich sehr wenig Fluorid. Es scheint nach den spärlichen bis jetzt ausgeführten Bestimmungen, dass es keinen starken Schwankungen unterworfen ist und auch bei mässiger F-Aufnahme nicht deutlich ansteigt. *v. Fellenberg* fand in einigen Blutproben, die er der Freundlichkeit von Dr. *Wespi* in Aarau verdankt, folgende Werte:

	Venenblut Gamma % F	Nabelstrangblut Gamma % F
1. Frau bei der Geburt	17,3	14,4
2. Frau bei der Geburt	14,0	10,8
3. Mann	11,1	
4. Frau	16,2	

Der Gehalt beträgt somit 0,011—0,017 mg%.

Die ersten beiden Personen sind Frauen, denen direkt nach der Geburt Venen- und Nabelstrangblut entnommen worden ist, wobei die zweite Frau während der letzten 3 Monate der Schwangerschaft ein Kochsalz mit 100 mg NaF = 45 mg F erhalten hat. Auch die Versuchspersonen 3 und 4 verwenden seit längerer Zeit ein solches Kochsalz in der Haushaltung. Die vermehrte Einnahme von F führt nun nicht etwa zu einem höhern F-Blutspiegel. Dass er sogar niedriger ist als bei der Versuchsperson 1 ohne vermehrte F-Einnahme mag ein Zufall sein und mag auch mit der experimentellen Schwierigkeit zusammenhängen, die bei der F-Bestimmung im Blut auftritt.

Es verhält sich nun offenbar so, dass das mit der Nahrung aufgenommene F nicht lange im Blute kreist, sondern rasch im Hydroxylapatit der Knochen eingebaut wird und von da nach und nach, je nach Bedarf oder nach einem bestimmten Verteilungsgesetz wieder in den Blutkreislauf zurückgeht. So kann der Mensch in fötalem Zustand das Fluor in den Knochen einlagern, welches bei Anlage der Zähne teilweise in den Zahnkeim transportiert wird. Dass das F der Knochen nicht unbedingt für alle Zeiten festgelegt ist, zeigt der Fall einer Arbeiterin in einem Kryolithwerk, welche 3 Jahre nach Austritt aus diesem Betrieb ein Kind gebar, dessen Zähne Fluorosis aufwiesen.

Das F gelangt auch in die Milch und dürfte hier etwas grössere Schwankungen aufweisen als im Blut. So fand man in Kuhmilch von Bern 0,05, in der Milch aus dem F-reichen Kaisten 0,09 mg% F.

8. Das makroskopische Bild des F-haltigen Zahns

Der 80 mg% F-haltige Zahn eines autochthonen Landwirts von Kaisten ist kariesfrei, gelblich bräunlich und zeigt tiefe Abrasionen. An den Kronenhöckern guckt perlmutterartig glänzendes Dentin hervor. An der Oberfläche und auf Schliffen ist ein Schimmer ins Bläuliche erkennbar. Bei der Extraktion fühlt sich der F-haltige Zahn hart, «chrosend» an. Mit zunehmendem Alter ist

er meist mit beträchtlichem Zahnsteinansatz behaftet, der sich weit in die Zahnfleischtasche erstreckt, was bei vernachlässigter Zahnpflege unweigerlich zu Paradentose führt. Der F-haltige Zahn ist ungemein hart zu bohren, und der Patient verspürt zufolge der Bohrwärme in dem harten Material starke Schmerzen. Beim Schleifen verbreitet der F-haltige Zahn einen widerlichen Geruch, dessen Aroma noch denjenigen beim sonstigen Schleifen von Dentin (Verbrennung von Eiweißstoffen) übertrifft.

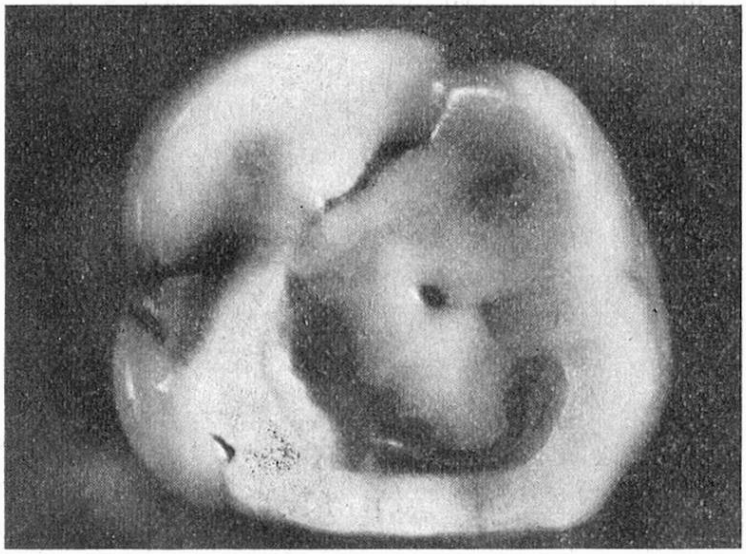


Abbildung 1
80 mg % Fluor enthaltender Zahn 7 +, Kaisten, Landwirt J. A., 55jährig. Vergr. 4 ×

Häufig ist der F-haltige Zahn von einer metallisch glänzenden, dunkelbraunen Pigmentschicht bedeckt, die leicht abschülfert. Das Bild gleicht dem Kuhzahn mit ähnlichen Belägen. Verlust des natürlichen Glanzes, kreidig rauhe Stellen, konnten wir unter der Pigmentschicht von 20 Zähnen verschiedener Patienten nicht feststellen.

Kariesresistente Zähne von Poschiavo, St. Maria i. M. und Scuol boten ein ähnliches Bild der Pigmentablagerung in fast verstrichenen Fissuren, und es erschienen auch an jenen Proben Dentintupfen an den Höckern.

Nur 5 km von Scuol entfernt aber, in Sent, konnten Proben tief kariöser Molaren schon von 12jährigen gesammelt werden mit nur 7 mg% F. Deren Krone war weitgehend von feuchter, galoppierender Karies zerstört. Resistente Zähne von Scuol, mit tief kariösen aus dem nahe gelegenen Sent verglichen, gaben ein drastisches Bild vom Gegensatz der Zahngüte im F-Gebiet Scuol und dem benachbarten F-armen Sent.

Die Feiung des F-haltigen Zahns bleibt aber nur bestehen bei ausreichender Mundhygiene. Wo diese darnieder liegt, sind selbst am F-reichen Zahn kariöse Schäden unausbleiblich. Der chronischen interdentalen und cervicalen Ver-

schmutzung ist auch der F-haltige Zahn nicht gewachsen. Wo immer an den 50 Proben mit hohem F-Gehalt Karies angetroffen wurde, da hatte sie meist in trockener Form (caries sicca) die Zahnhalsgegend an der Schmelz-Zementgrenze befallen. Hier hat der F-haltige Zahn seinen locus minoris resistentiae. Kommt Zahnsteinansatz hinzu, so ist er verantwortlich für das Zurückweichen des Zahnfleischs und die Entblössung des koronaren Wurzelteils (Bild 2).

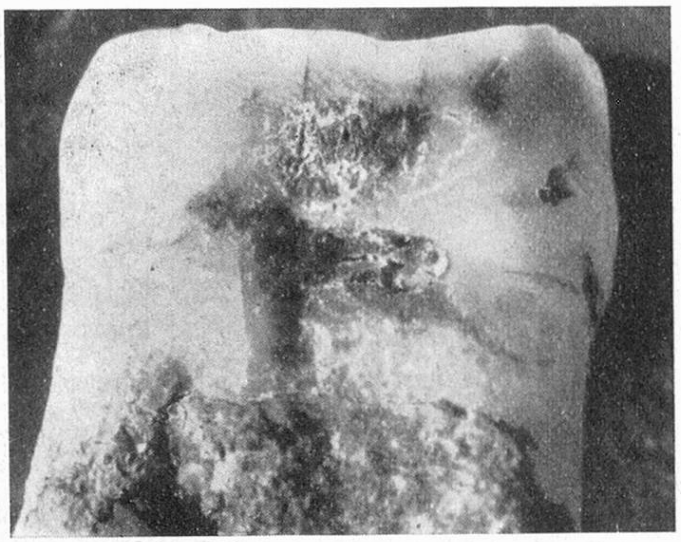


Abbildung 2
Stark fluorhaltiger Zahn von Poschiavo —6, 75 mg % Fluor, Pat. C. D., 60jährig. Zervikal Caries sicca. Starke Pigmentierung und Zahnsteinkonkremente. Paradentose. Vergr. 4 ×

Histologie F-reicher Zähne - Material von Kaisten mit 110 mg% F

Dank dem Entgegenkommen der Ciba und der Mitarbeit der pathologisch-anatomischen Anstalt Basel konnten 7 analytisch als F-reich erkannte Zähne im Schnellverfahren entkalkt und mit Thionin-Pikrinsäure nach *Schmorl* der Betrachtung der histologischen Feinstruktur zugeführt werden.

Die Dentinkanälchen verlaufen in schwach s-förmigen Linien von dem Odontoblastensaum peripherwärts, weisen aber spärlich büschel- oder pinselförmige Ausartung auf. Prägnant erscheinen die *Owen*'schen Wachstumslinien jahrringartig, und im Zement häufen sich die Interglobularräume. Das Pulpalumen ist beträchtlich verengert und kann sich bis zu Nadeldünne verringern.

Gelegentlich zeigten Längsschliffe Vakuolen im Dentingerüst, welche Vorboten von makroskopisch sich auswirkenden Strukturschäden bei noch höherem, toxischen Gehalt an F sind.

Die histologischen Strukturuntersuchungen an Zähnen aus Gebieten mit bis zu 1,4 mg/l F-haltigem Trinkwasser wiesen noch keine Schäden auf, wie

sie *Chaneles,* zitiert in [19]), am Tier aufzeigt als unregelmässige Anordnung der Schmelzprismen, gewellter Verlauf derselben und Bänderung heterogenen Dentins. F in vorsichtshalber nur bis zu 1,0 mg/l im Trinkwasser angesetzter Menge führt nach unsern Untersuchungen weder zu makroskopisch noch mikroskopisch manifesten Noxen.

Mit 10 % NaF-Lösung behandelte, vorher F-arme Zähne wiesen nach vollzogener Anreicherung mit F keine Veränderung im histologischen Feinbild der Zahnhartsubstanz auf. Verengerung des Pulpalumens tritt nicht auf, und der Einbau von F, der sich bei Vitroversuchen auf das bis Mehrhundertfache, bei Vivoversuchen auf Spuren von 3—7 mg% F beläuft, lässt sich weder strukturell noch färbetechnisch nachweisen.

9. Sammelstellen der auf F-Gehalt geprüften Zähne

Die eifrige Mitarbeit der Zahnärzte beim Sammeln von Zähnen in verschiedenen Landesteilen würdigten wir in der Einleitung. Traten am durchschnittlichen Analysenresultat einer mehrfachen Versuchsreihe entweder sehr hohe oder sehr niedrige Werte auf, so verfehlten wir nicht, die Probanden anamnestisch noch genauer dahin zu prüfen, ob sie nicht doch die ersten 10 Lebensjahre anderswo verbracht hätten. In dieser Hinsicht war beim Material von Scuol, das allgemein hohe F-Werte im Zahn von durchschnittlich 70—90 mg% aufwies, der Fall einer vor Jahren eingewanderten Tirolerin S. L., 46jährig, mit nur 7,4 mg% F in den extrahierten obern Lateralen bemerkenswert. Die auf die Analyse gestützte Vermutung, es könnte sich bei der stark Kariesanfälligen um eine ursprünglich Ortsfremde handeln, bestätigte sich. Der Fall beweist aber auch, dass in den Erwachsenenjahren, selbst bei Einwanderung in ein F-Gebiet, eine wesentliche Anreicherung mit F im Zahn nicht mehr stattfindet. Anderseits betrafen mittelhohe Werte von 15—20 mg% F an von Zürcher Schulkindern gewonnenen Zähnen meist Rückwanderer aus Übersee (Curaçao, Sumatra, Ostafrika usw.), wo die Probanden zur Welt gekommen und die ersten 10 Jahre verbracht hatten. Gleich den Amerikanern können wir bestätigen, dass ein in den Jugendjahren gesetztes F-Depot bis ins Erwachsenenalter bestehen bleibt und die Resistenz fördert.

Ursprünglich beabsichtigten wir nur, Milchzähne zu analysieren, untersuchten dann aber 1. und 2. Dentition beider Geschlechter in allen Lebensstufen.

Das Material stammt aus Mittelland, Jura und Alpen, und es umfasst hier die zahngeographisch schon näher untersuchten Talschaften im Wallis, dem Gotthard und Bündnerland. Von Osten nach Westen durchs Mittelland kamen Proben einzelner, manchmal nahe beieinander liegender Ortschaften zur Untersuchung, so z. B. von Frauenfeld, Weinfelden und umliegenden Dörfern, dem ureigensten Wirkungsfeld des schulzahnärztlichen Pioniers *Brodtbeck* sel.[7]). Die

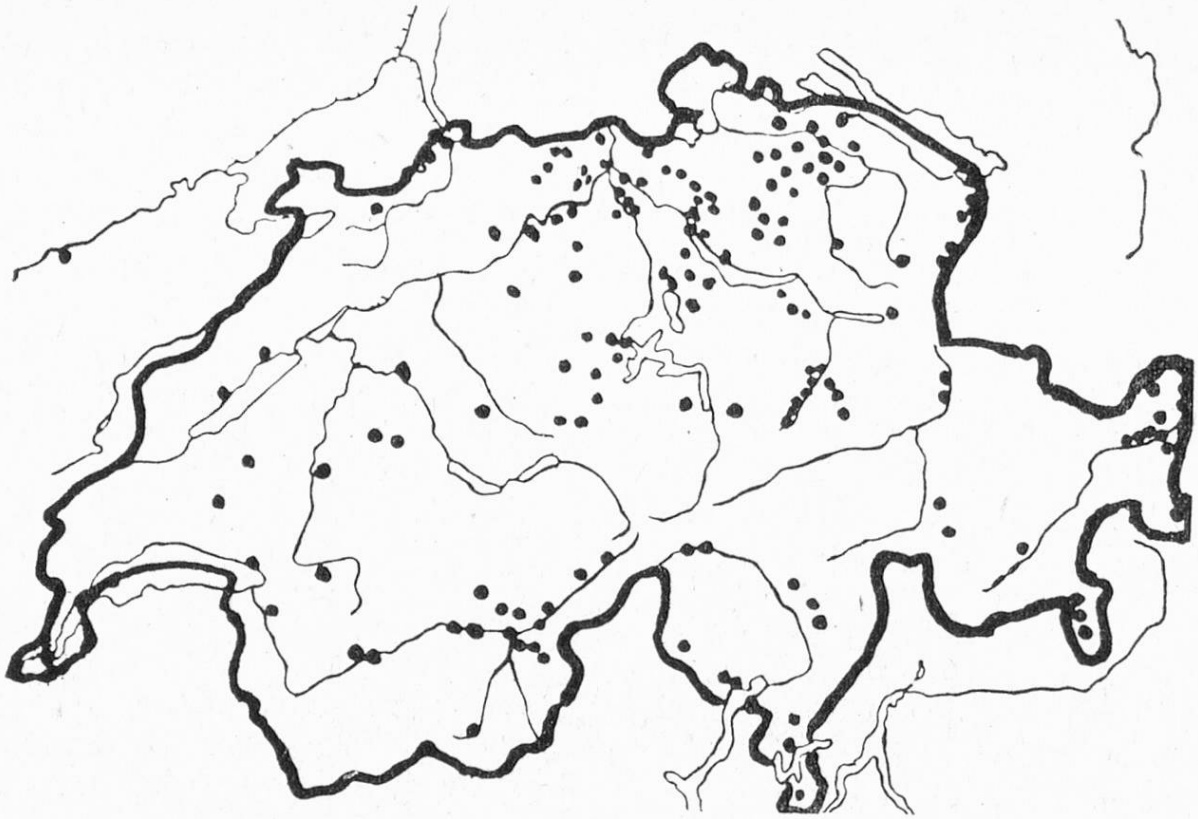


Abbildung 3
Herkunft der auf Fluorgehalt geprütten Zähne. Schweiz.
Maßstab 1 : 2 500 000

Zürcher Vororte konnten denen der Hauptstadt gegenübergestellt werden, die Werte von Dörfern im aargauischen Mittelland denjenigen von Aarau selbst. Im Jura ist die F-Gegend von Kaisten sehr interessant, weiter südlich Asp und Densbüren. In den Alpen konnten wir gemeindeweise im Glarner Gross- und Kleintal Analysen anstellen, im Bündnerland im Unterengadin, Münstertal, Puschlav und Misox. Das Goms erfuhr besondere Bearbeitung, aber auch das Walliser Haupttal mit der Gegend von Sion und Chippis, dann Zermatt, das Lötschen- und Turtmanntal; im Tessin Stabio.

Es kann vorweggenommen werden, dass wir in der Schweiz sowohl in Trinkwässern, Löwenzahnblatt als ökologischem Vergleichsobjekt als auch bei der Zahnanalyse nur ganz wenige Orte fanden, die hohen F-Gehalt aufwiesen. Diese Gebiete treten kartographisch als Inseln oder höchstens strichförmig in Talschaften hervor, und hier manchmal nur auf einer Talseite (Unterengadin).

10. Vorkommen stark F-haltiger Zähne in der Schweiz

Die Abbildung 4 zeigt die Verbreitung des F der Zähne in den verschiedenen Wohngebieten. Es sind nur die F-reicheren Zähne, die mit mehr als 10 mg% F in der Zahnasche, als Kreise angegeben, und zwar bedeutet

1 Kreis = 10—20 mg% F
2 Kreise = 20—30 mg% F
3 Kreise = 30—40 mg% F usf.

Die F-ärmeren Gebiete weisen meist etwa 4—7 mg% F auf (Zürich). Sie figurieren nicht auf der Karte.

Die höchsten F-Gehalte in Zähnen finden wir in Kaisten, Densbüren, Asp im Aargauer Jura, ferner in Poschiavo, Müstair, am rechten Innufer in Scuol, in Stabio, im Goms und weitern Oberwallis, dem Lötschental und der Gegend von Gampel, die unter dem Einfluss der Kryolith verarbeitenden Aluminiumindustrie von Chippis steht.

Die F-Gebiete der Schweiz pflegen eng begrenzt zu sein und können plötzlich aufhören, was verständlich ist, da ja vor allem das Trinkwasser das F liefert. So ist schon die nächste Umgebung des F-reichsten Gebiets, desjenigen

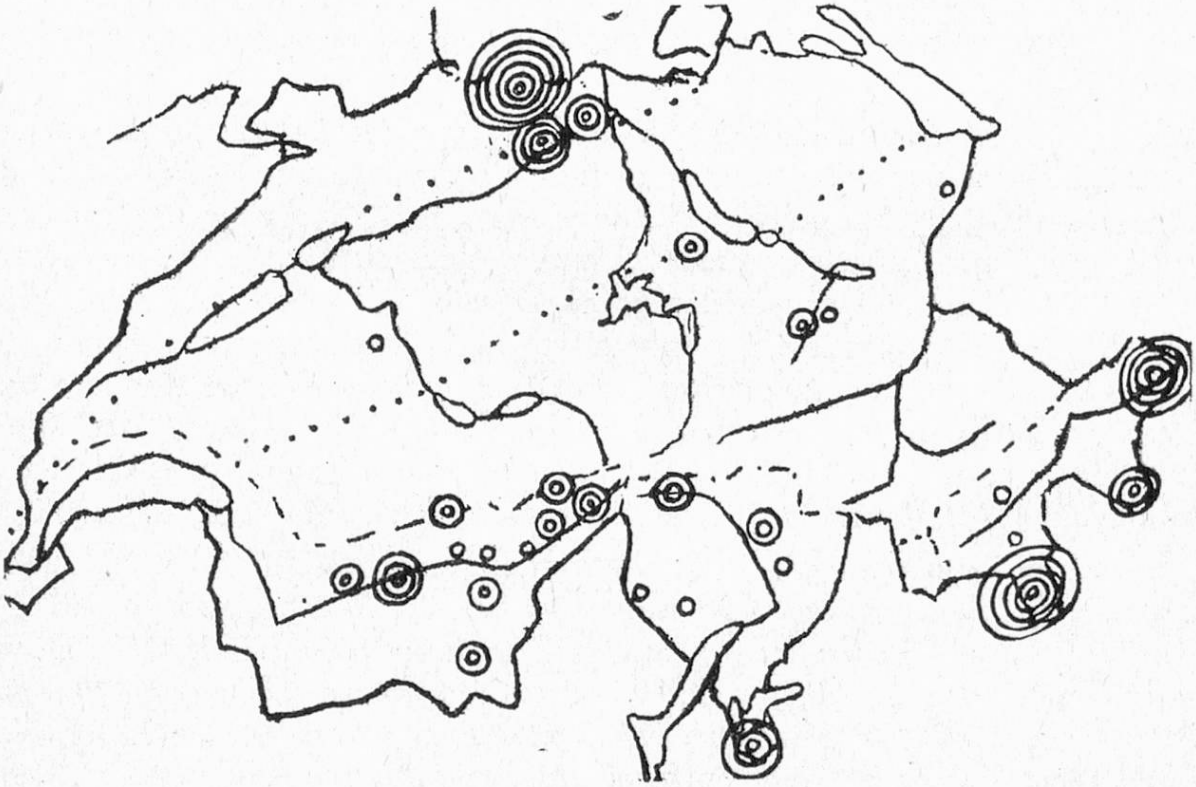


Abbildung 4
Vorkommen von stark fluorhaltigen Zähnen in der Schweiz.
Maßstab 1 : 2 500 000

von Kaisten, nämlich Laufenburg, Ittental, Möhntal wieder F-arm. Ebenso sticht Scuol mit F-reichem Zahnmaterial ab gegen die nahe liegenden Dörfer Sent, Ftan, Ramosch und Strada mit niedrigen Gehalten.

Kaisten ist ein kinderreiches Dorf von ca. 1200 Einwohnern im Bezirk Laufenburg. Das Wasser enthält folgende F-Gehalte:

Quelle Oberdorf	1,42 mg/l
Quelle Tuttigraben	1,42 mg/l
Quelle in der Ei	0,79 mg/l

Die beiden erstern Quellen weisen den höchsten bisher in Trinkwasser der Schweiz gefundenen F-Gehalt auf. Die Quellen stammen aus der Trias, und zwar aus Keuper.

Die Bevölkerung setzt sich zusammen aus Bauersleuten, Industriearbeitern, Kleingewerbetreibenden (auch 5 Steinbrüche), die weitgehend aus den Läden die Erzeugnisse der Nahrungsmittelindustrie beziehen. Die Gebräuche und die Verköstigung sind in diesem Juradorf demnach die gleichen wie in einer ähnlich zusammengesetzten mittelländischen Gemeinde. Kein Wunder, dass ganze Zahnbögen nur ausnahmsweise Kariesresistenz bei Erwachsenen aufweisen. Einzig das Gebiss des Dorfschmieds macht eine hervorstechende Ausnahme. Ein Viertel der Frauen sind Plattenträgerinnen. Zur Vorkriegszeit herrschte die Gepflogenheit, sich zur Zahnbehandlung ins badische Nachbarland zu begeben. Heute besitzt die Gemeinde im Zuge der kantonal-aargauischen Bestrebungen eine Schulzahnpflege.

Bei zwei von mir im Herbst 1946 und Sommer 1947 durchgeführten Untersuchungen wiesen zur Schulferienzeit unter 50 Kindern von 4—6 Jahren deren 10 (20 %) im Milchgebiss kariöse Schäden auf am Lieblingssitz der Karies zwischen dem 1. und 2. Milchmolaren. Da der Vergleichswert von Kleinkindern gleichen Alters im gleichen Zeitraum in Zürich 65 % beträgt, kann, was das Milchgebiss im Kleinkindesalter anbetrifft, in Kaisten von weitgehender Resistenz gesprochen werden. Immerhin handelte es sich in Kaisten stets um Kinder aus grossen Familien, die, wie wir auch im Kanton Zürich feststellen konnten, trotz nicht besonders intensiver Zahnpflege, aber offenbar zufolge der aufgezwungenen Einfachheit der Lebenshaltung besseres Material aufweisen.

Unter 30 Kindern von 6—12 Jahren befanden sich 12 (40 %) gänzlich kariesfreie Wechselgebisse (Zürich nur 15 %), 10 Wechselgebisse (33 %), in denen nur 1—3 kariöse Stellen vorkamen (Zürich 65 %), 6 Kinder (20 %) wiesen lediglich strichförmige Karies der Fissuren an untern Sechsjahrmolaren auf (Zürich 40 %), und bei 2 weitern Kindern waren schon kariöse Milchmolaren bei sonstigem Karies-Freisein entfernt worden (6 %).

Ältere, die Bezirksschule in Laufenburg besuchende Schüler verfügen nach einer persönlichen Mitteilung von Dr. *Berger* in Laufenburg, was bestens verdankt sei, nicht über besonders auffallende Resistenz ganzer Zahnbögen. Die

Karieshäufigkeit schätzen die beiden im Einzugsgebiet tätigen Zahnärzte auf 60—70 %. An einzelnen Zähnen hingegen lässt sich die Resistenz bis ins hohe Alter nachweisen. Gefleckter Schmelz wurde bisher in einem einzigen Fall gefunden, wohl aber 2 Kinder mit Kreideflecken bei ohnehin hypoplastischen Zahngruppen, beruhend auf Verkalkungsstörungen im Gefolge durchgemachter Kinderkrankheiten. Das Ausmass tritt aber weder strukturell noch zahlenmässig deutlicher in Erscheinung, als wir uns in Zürich an Kindergebissen die seit 17 Jahren stets genau registrierten Kreideflecken anzutreffen gewöhnt sind. 1946 und 1947 waren die meisten Kinder in Kaisten von impetigines contaginosae befallen. Die ältere Generation ist beträchtlich verkropft.

Es zeigt sich somit im Milchgebiss auffallende Resistenz, deren Ausmass sich aber im Wechselgebiss und gegen das Erwachsenenalter verschlechtert. Die Zahnpflege liegt leider meistenorts zu brach, als dass die wertvolle Mitgift des F-Reichtums sich in spätern Jahren noch an ganzen Zahnbögen auswirken könnte. Betagte Leute hingegen wiesen oft gänzlich kariesfreie, einzelstehende Zähne oder Zahngruppen auf, die sehr resistenten Eindruck erwecken, aber paradentotisch geworden waren zufolge beträchtlicher Zahnsteinkonkremente. Feuchte, galoppierende Karies kommt selten vor. Auch in den Wechselgebissen handelt es sich um die lange Zeit stationäre caries sicca. Bei Betagten findet sie sich meist an der entblössten Grenze von Schmelz und Wurzelzement. Die zwar schwer abzuschätzenden Gepflogenheiten in der Ernährungsweise müssen neben der vernachlässigten Zahnpflege dafür behaftet werden, dass in diesem Gebiet mit sonst optimal F-haltigem Zahnmaterial die Resistenz nicht eindrucksvoller in Erscheinung tritt.

Der F-Gehalt des Trinkwassers beträgt in Kaisten 1,4 mg/l (Vergleichswert Zürich nur 0,07 mg/l). Einen Gradmesser für den geosomatischen Einfluss, den das Kaistener Trinkwasser ausübt, erhalten wir auch, wenn wir die Zahnanalysen folgender 3 Individuen von 35—40 Jahren, also ungefähr Gleichaltriger, betrachten.

Typus 1, in der F-haltigen Gegend Kaisten im Gebiet der Quelle Oberdorf geboren und dort zeitlebens verblieben, brachte es auf 80,7 mg% F in der Zahnasche.

Typus 2 war in der F-haltigen Gegend im Gebiet der Quelle Oberdorf geboren, aus dieser nach dem 14. Altersjahr ausgewandert und nach einem 15-jährigen Unterbruch wieder dort ansässig: 59,7 mg% F.

Typus 3 war vor dem 10. Altersjahr in die F-haltige Gegend (Quelle in der Ei) gekommen und dort verblieben: 45,6 mg% F.

Von Typus 1 und 2 kann der wichtige Schluss abgeleitet werden, dass die ersten 10 Lebensjahre für die Einverleibung eines bleibenden F-Depots massgebend sind, dass das in der Jugend gesetzte F-Depot in späteren Jahren bestehen bleibt, aber dass der F-Gehalt nicht mehr auf den hohen Durchschnittswert gesteigert werden kann, wenn der Mensch sich erst beim Heranwachsen oder

gar erst im Erwachsenenalter im F-Gebiet niederlässt. Typus 3 war gerade noch von dem F-Angebot teilweise begünstigt. Er genoss das mit 0,79 mg/l etwas schwächer F-haltige Wasser als Typen 1 und 2 (1,42 mg/l).

Nach *Euler* [15]) sollen in Gegenden mit höherem F-Gehalt als 1 mg/l im Trinkwasser bereits Schmelzflecken zu beobachten sein. Hingegen wurden in Argentinien bei F-Gehalt des Trinkwassers unter 2 mg/l nur ausnahmsweises Auftreten, bei 2—3 mg/l starkes Schwanken im Auftreten und der Fleckengrösse, bei 3—6 mg/l sehr häufiges Auftreten in leichterem bis mittleren Grad, bei 6—14 mg/l entsprechend schwerere Erkrankungen beobachtet.

v. Fellenberg hat 5 Zähne mit Kreideflecken, teils symmetrischer Anordnung (Hypoplasien), teils singulären Vorkommens von Zürcher Material, untersucht. Die Analysenwerte mit 3—7 mg% unterschieden sich nicht vom ortsüblichen Durchschnitt von 4—7 mg%.

Jeanneret [30]) konnte keine Anhaltspunkte geben für das Vorkommen von geflecktem Schmelz in Kaisten.

Hingegen kam uns kürzlich das Gebiss des jüdischen Kindes D. F., 16jährig, in Zürich zu Gesicht, das an allen obern Frontzähnen und an Bicuspidaten echten gefleckten Schmelz aufwies. Die genaue Anamnese liess es als ausgeschlossen erscheinen, dass die Strukturschäden von Kinderkrankheiten herrührten. Das Kind stammte aus der von *Pillai* beschriebenen südindischen Gegend Travancore, wo Zahnfluorose endemisch auftritt [42]).

Gestützt auf die durch *v. Fellenberg* neuerdings bestätigten hohen F-Gehalte in Trinkwässern von Densbüren (0,9 mg/l) und Asp (1,1 mg/l) im südlichen Aargauer Jura, erlangten wir bei einer persönlichen Untersuchung in den Gemeinden und dank der freundlichen Vermittlung von Zähnen durch Zahnarzt *Osw. Keller* in Frick Einblick in die F-Verhältnisse der Zähne jener Gegend.

a) *Asp,* 529 m ü.M., zur Gemeinde Densbüren mit 776 Einwohnern gehörig,

2 intakte Milchzähnchen, Wurzeln zur Hälfte resorbiert, 9jähriger Knabe	14,2 mg% F
2 leicht kariöse Milchmolaren, resorbiert, 8jähr. Mädchen	33,8 mg% F
1 unterer Sechsjahrmolar, in die Gegend gezogener Knabe, 10jährig	12,5 mg% F
(Vergleichswert Zürich ca. 3—7 mg%)	

b) *Densbüren.* 1 Milchzähnchen, kariös, 8jähriger Knabe 26,0 mg% F

In Asp besteht eine industriell ausgewertete Gipsgrube. Also auch in diesen aargauischen, etwas südlich Kaisten gelegenen Juradörfern mit F-haltigem Trinkwasser aus der Trias tritt im Zahnmaterial erhöhter F-Gehalt auf.

c) *Stabio*

Unter den Mineralwässern ragen die Quellen von Stabio, ganz besonders dasjenige der Pancrazioquelle durch den hohen F-Gehalt hervor. Es besitzt den höchsten, bei einem Mineralwasser der Schweiz gefundenen Wert: 7,46 mg/l.

Der Wert ist höher als derjenige eines Trinkwassers aus der Arushaebene im Tanganjikagebiet mit 6,1 mg/l, wovon *v. Fellenberg* durch das Entgegenkommen der Narok-Kaffeegesellschaft Gelegenheit hatte, eine Probe zu untersuchen. Dieses afrikanische Wasser verursacht ausgesprochene Zahnfluorose.

Die Pancrazioquelle stammt nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. *Witzig* aus dem Hauptdolomit der obern Trias. Es konnten 11 Zähne von Einwohnern von Stabio durch freundliche Vermittlung der Schulzahnärztin Fräulein Dr. *Camuzzi*, Lugano, untersucht werden. Wir erfuhren, dass das Wasser der Pancrazioquelle, da es frischer ist als das Leitungswasser der Wasserversorgung, im Sommer von den Einwohnern getrunken wird. Zum Kochen dürfte es nicht verwendet werden. Man fand in 3 Zähnen Gehalte unter 10 mg%, in einem Fall 16,0, in 6 Fällen 22,7—32,1, in einem Fall 57,4 mg% F. In 3 Fällen wurden Andeutungen von geflecktem Schmelz gefunden.

Die Werte sind somit recht hoch, erreichen aber nicht die Höhe der Kaistenzähne, was bei dem nicht regelmässigen Genuss des Wassers zu erwarten war.

Zwei in Zürich ansässige Stabiesen, die ihre Jugend in der Heimat verbracht hatten, verfügen über gänzlich kariesfreie Zahnbögen, während deren in Zürich aufgewachsenen Kinder bis zur Schulentlassung je 10—15 Füllungen nötig hatten (Patienten F., M. und D. P.).

Da Wässer mit mittelhohem und hohem F-Gehalt in der Schweiz selten sind, erklärt sich auch das meist nur inselförmige Auftreten von Gebieten mit hohem F-Gehalt im Zahn. Waren es andernorts die Fluornoxen an Mensch und Tier, welche Veranlassung gaben zu Trinkwasseranalysen, so beschritten wir in der Schweiz den umgekehrten Weg und prüften Zahnmaterial aus Gegenden mit erhöhtem F-Gehalt des Trinkwassers auf Anreicherung mit F.

d) *Scuol*

In absteigender Reihe punkto F-Gehalt des Trinkwassers folgt nach Kaisten, Asp und Densbüren jenes von Scuol mit 0,554 mg/l aus Sediment, Gehängeschutt über der Scarldecke. Das benachbarte Sent weist nur 0,068 mg/l F aus Bündnerschiefer auf. Auch der von Löwenzahnblättern aufgenommene Gehalt an F mg% der Trockensubstanz ist in Scuol mit 0,36 höher als in Sent mit 0,29. Die F-Gehalte der Gegend von Scuol belaufen sich in mg% auf:

Scuol	Milchzähnchen	16,6	bleibende Zähne	61—89
Sent			» nur	8—15
Tschlin			» nur	8—10
Ramosch			» nur	6

Die Kariesanfälligkeit ist (freundliche Mitteilung von *N. A. Gaudenz*, Scuol) in Scuol gering, in Sent hoch. Es liegen von Scuol und Sent Trinkwasseranalysen von Prof. *Högl* aus dem Jahr 1935 vor, welche für Scuol 441, für Sent nur 262 mg Glührückstand im l aufweisen. Das offenbar F-reichere Wasser ist auch das härtere.

Der Freundlichkeit von Zahnarzt *N. A. Gaudenz* in Scuol verdanken wir auch die Mitteilung, wonach die Zahnuntersuchung im Aktivdienst an der Grenzschutzkompagnie in Müstair ganz ausgezeichnete Verhältnisse ergab (Zahnanalysen 18—33 mg% F).

Die Zahnverhältnisse des Unterengadins waren mir aus dem Jahr 1927 als Mitarbeiter der anthropologischen Untersuchungen an Stellungspflichtigen bekannt [51]). Ich kann mich noch an einen eingeborenen Mann erinnern, der neben beidseitiger Polymastie (überzählige Brustwarzen) ein gänzlich kariesfreies, resistentes, vollbezahntes Gebiss aufwies. Das Münstertal, Scuol verfügen über hohe Kariesresistenz, die Talschaft Samnaun hingegen über hohe Kariesanfälligkeit (nur 7,6 mg% F im Zahn).

Bei der Bevölkerung von Scuol muss, nach freundlicher Mitteilung von *N. A. Gaudenz*, noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Mineralquellen Bonifacius, Luzius, Emerita und Ursus von der Bevölkerung, auch den Taraspern, selten getrunken werden. Im Dorf sind neben dem gewöhnlichen Wasser, welches vom Lischana herkommt, folgende Mineralquellen, welche oft und viel benützt werden:

Im Unterdorf (Scuol-suot)	1.	Aua forta da Büglgrond	
	2.	» » » Platz	
etwas weniger	3.	» » » Lischana	
Im Oberdorf (Scuol-sura, Vih)	4.	» » » Vih	0,14 mg/l
	5.	» » » de Suotsass	0,07 mg/l
	6.	» » » Clozza	

Starken Einzug hat die Karies auch in der Talgemeinde Tavetsch gehalten (7—12 mg% F im Zahn), deren Zahnverhältnisse 1943 näher beschrieben wurden [22]).

In verdankenswerter Weise lieferte Herr Dr. *Pünter* in St. Moritz und Poschiavo reichliches Zahnmaterial aus dem

e) *Puschlav*

Die F-Gehalte belaufen sich von 16,0 mg% in Milchzähnchen bis zu 112,0 eines intakten, obern Schneidezahns eines 63jährigen Patienten C. R. Das Trinkwasser enthält 0,36 mg/l F. Erstmals treffen wir auf von triasischen Zügen und basischem Eruptivgestein durchsetztem Kristallin ein wenn auch schwächeres F-haltiges Wasser an, als dies in Kaisten der Fall war. Das Auftreten ist aber nur auf Poschiavo beschränkt. Zahnmaterial von dem unterhalb der Alp Grüm gelegenen Weiler Cavaglia enthielt nur 14,5 mg%, in dem näher Poschiavo gelegenen Prada 27 mg% F. Poschiavo besass früher ein Schwefelbad mit heute versickerter Quelle. Der durchschnittliche F-Gehalt im Zahn beläuft sich auf 65 mg%. In Zürich niedergelassene, in Poschiavo aufgewachsene Probanden verfügen über ausgezeichnetes Zahnmaterial. Hingegen ergab die Unter-

suchung der Kinder des erwähnten Ehepaares S.-Z., von denen das eine mit 2 Jahren, das andere mit 1/2 Jahren nach Zürich zog, ein sehr stark kariesanfälliges Gebiss.

Die sehr harten, mit stark pigmentierten und leicht abschülfernden Belägen versehenen, allerdings längere Zeit herumgelegenen und ausgetrockneten Zähne von Poschiavo splitterten beim Anbohren oft in ganzen Stücken an der Schmelz-Dentingrenze ab. Der offensichtlich zufolge des hohen F-Gehalts brüchige Schmelz war ungemein hart. An den reichlichen Proben fanden wir ebenfalls keinen gefleckten Schmelz. Ähnlich dem unter dem Material von Scuol vorgefundenen niederen Wert einer eingewanderten Tirolerin, fanden wir unter den Puschlaver Zähnen einen solchen mit nur 20,4 mg% F von einem Erwachsenen. Der Träger hatte seine Jugend in Schlarigna verbracht. Wiewohl der Zahn mit zunehmendem Alter noch eine Anreicherung an F erfährt, so zeigt auch dieses Beispiel, wie eine höhere Quote nicht mehr erreicht wird, wenn die Einverleibung des F-Depots in der Jugend verpasst wurde. Es erklärt sich daraus auch die Tatsache, dass in Zürich die Kinder von kariesresistenten Eltern aus Fluorgebieten nicht mehr über die elterliche Resistenz verfügen, wenn sie in F-armer Gegend aufwachsen.

Einzelne alpine Landschaften, wo sich die F-Werte im Zahn bis auf 20—40 mg% erheben, sind das Glarner Gross- und Kleintal, das Goms und die Tessinertäler des Gotthard-Zentralmassivs. Das Bild der F-Quoten kann aber sehr buntscheckig sein. Ein eigentliches F-Gebiet erstreckt sich hingegen talauf- und abwärts von Chippis, der Gegend der Aluminiumindustrie unter Mitverwendung von Kryolith. Sie ist ein interessantes Vergleichsobjekt zu den Gegenden mit Kryolithgruben, die gefleckten Schmelz und Osteoropose des Viehs aufweisen.

Ein Blick auf die *v. Fellenberg*'sche Tabelle der F-Gehalte der Trinkwässer (siehe vorhergehende Arbeit) 1948 ergibt, dass das Oberwallis zwar ein F-armes Trinkwasser besitzt, dass sich jedoch der Wert in Chippis auf 0,5 mg/l erhebt, selbst in Raron noch 0,11 mg/l und im Grundwasser der Lonza bei Visp sich noch auf 0,19 mg/l beläuft. Der industrielle Einfluss ist unverkennbar. Bei den vergleichenden Analysen der Löwenzahnblätter auf F ergaben wiederum mit 5,86 der Trockensubstanz Proben von Chippis den höchsten Wert, der aber (offenbar Zerstäubung und Verteilung von Pulver durch den Wind) sich in Turtmann noch auf 2,47 und in Raron auf 1,12 beläuft.

Auch die aus Flysch stammenden Glarnerproben von Netstal, Engi, Glarus haben ziemlich hohe F-Gehalte im Wasser, die sich bis 0,424 mg/l bei dem Bruck- und Bühlbrunnen erheben. Auch der Löwenzahn ist ziemlich F-reich. F-Zahnanalysen erheben sich in Glarus bis auf 68 mg%, liegen aber niedrig in Sool mit 10,6, Mitlödi 4,7, Elm 4,0. Die Interpretation der im Flysch gelegenen höhern F-Werte in Zähnen in einzelnen Gemeinden des Kantons Glarus fällt nicht leicht. Doch dürfen wir persönlichen Mitteilungen des dortigen Schulzahnarztes entnehmen, dass einzelne Dörfer, z. B. Mitlödi und Schwändi, kalk-

reiches Wasser besitzen mit enorm bessern Zahnverhältnissen als z. B. der Gemeinde Schwanden mit 95 % Karieshäufigkeit. Wir neigen auch hier zur Annahme, dass bei härterem Wasser schon eine kleinere Menge F genügt.

Die Tessinertäler weisen gegen die oberitalienischen Seen hin absinkende F-Werte im Zahn auf (Bignasco 10, Bedretto 12, Dongio 12, Lugano 4, Gerra-Gamborogno 5 mg%).

Kingele [31]) fand in Bestätigung der schon von *Staub* [59]) gemachten Feststellung, dass talabwärts eine deutliche Karieszunahme unter überhaupt noch nie zur Behandlung Gelangter auftritt. Wir werden uns noch bei der Besprechung der heutigen Kariesverbreitung über die Tatsache auslassen, dass zwar die Karies auch in den Alpentälern je länger je mehr Einzug hält und auf die weitern zu beachtenden Momente hinweisen. Was aber den rein geosomatischen Einfluss auf die Zahngüte anbetrifft, finden wir talabwärts mit der verminderten Zahngüte ein Absinken des F-Gehalts einhergehend.

11. F-Armut in der Schweiz

Zeigte sich in den Juradörfern Kaisten, Densbüren und Asp, in den Alpen in Scuol, Müstair, Poschiavo inselförmig, im Oberwallis und bei Chippis mehr strichförmig erhöhter F-Gehalt im Zahn, so ist im Mittelland die F-Armut in Trinkwasser, Löwenzahnblatt und dem Zahn gemeinhin ubiquitär. Nur ganz wenige Gegenden (Hirzel, Lorzetal, Rheintal) sind F-reicher. Wahrscheinlich nimmt das Wasser bei der Sickerung durch Sedimente. auch in der Drumlinlandschaft, vorwiegend aus Feldspat und Apatit das F auf (F-Gehalt der Zahnproben von Hirzelhöhe 13—15 mg%). Die Art der Bodendüngung, besonders mit den F-reichen Hyperphosphaten, beeinflusst an einzelnen Orten beträchtlich den F-Gehalt des Wassers und der Pflanzen. Aus dem Lorzetobel stammt übrigens die Quellwasserkomponente des Stadtzürcher-Trinkwassers. Eine Betriebskontrolle des Zürcher Stadtchemikers ergab am 24. 7. 1946:

	Seewasser, filtriert in Wollishofen	Grundwasser Hard	Quellwasser Lorzetal
Glührückstand	90—94	115—201	152
Gesamthärte	14—15	18— 25	26
Kieselsäure	2	2	6

(Gesamtgehalt des Mischwassers an F/l nur 0,07 mg; *v. Fellenberg* 1947).

An ca. 400 Zahnanalysen von Material aus Zürich fanden wir den schon öfters erwähnten Durchschnittswert von 4—7 mg% F in der Zahnasche. Die Werte im F-Gehalt des Zahns sind unmerklich verschieden, ob es sich um sog. Zahnschwache, d.h. stark Kariesanfällige handelt oder um relativ Kariesresistente (100 analysierte Proben von intakten Sechsjahrmolaren ergaben durch-

schnittlich 4,1 mg%, 100 Proben kariöser, aber ausgebohrter Sechsjahrmolaren ergaben durchschnittlich 6,7 mg%. Das paradoxe Ansteigen des F-Gehalts beim schlechteren Zahn rührt vom Überwiegen des Wurzelanteils her).

Auch eine Ausscheidung der Probanden nach ihrem Wohnort in den von sog. Trinkwasserzonen versorgten Wohngebieten (im Talgrund mehr Quellwasseranteil, Mittelzone und obere Zone mit mehr Grund- und filtriertem Seewasser) vermag keine Unterschiede im F-Gehalt oder der Zahngüte aufzuzeigen. Hingegen werden auf dem Gebiet der Stadt Zürich noch mehrere Liegenschaften älterer Bauart mit eigenem Quellwasser versorgt, das den Talabhängen am Zürichberg, der Waid und dem Uto entspringt. In den eingemeindeten, ehemals rein bäurischen Quartieren sind es meist Bauernhäuser. Probanden vom Rütihof bei Höngg ergaben an kariesresistenten Sechsjahrmolaren 3,9—4,1 mg% F, vom Riedhof bei Höngg 3,3—6,1 mg% F. Das die Liegenschaften versorgende Quellwasser (mittlerweile der zentralen Wasserversorgung angeschlossen) war am Ursprungsort stark tuff- und in der Küche stark kesselsteinbildend. Die jugendlichen Bewohner wiesen gegenüber ihren Altersgefährten einen bedeutend besseren Zahnstatus auf. Da die Analysen auf F aber keinen erhöhten Gehalt ergaben, mag die Zahngüte auf die grössere Gesamthärte der ehemals herangezogenen Quellwasser zurückgehen. Sogleich spielen aber bei solchen Überlegungen auch wieder Probleme der übrigen Verköstigung hinein; d.h. die noch bäurisch ernährten Kinder kamen eher in den Genuss von urwüchsiger, aus Feld und Garten gewonnener Nahrung. Die Zähne zeigten häufig Besiedelung mit dem Mycel von Leptothrix, dessen Lebensbedingungen bei steigendem pH (basische, vegetabilische Kost) günstiger liegen. Ältere Liegenschaften werden auch öfters von Italienern bewohnt, so dass auch rassische Gesichtspunkte eine Rolle spielen.

v. Fellenberg hat gezeigt, dass besonders Meerfische, gerade solche, die mit Haut und Gräten wie die Sardinen gegessen werden, in 50 Gramm bereits 500 Gamma F enthalten. Der F-Gehalt von 20 Zähnen verschiedener, in der 1. Generation niedergelassener Italiener lag in Zürich durchschnittlich mit 9—13 mg% höher als der von Zürcher Kindern gleichen Alters mit nur 4—7 mg% F.

Wenn wir die Nuancen in der Zahngüte der vielen, in den einzelnen Trinkwasserzonen jahrelang ansässigen Kinder als zu verschwommen betrachten müssen, um daraus Schlüsse ziehen zu können, so verdient die Tatsache Erwähnung, dass Kinder von Kneipp-Anhängern über auffallend kariesresistentes Material verfügen. Wir hatten Gelegenheit, an Kindern dreier solcher Familien die Gebisse in regelmässigen Abständen zu kontrollieren, doch erwies sich das Material als nicht überdurchschnittlich F-haltig (6,7 mg%). Es geht daraus hervor, dass der gesunde Körper nicht fähig war, aus dem zu kleinen F-Angebot im Laufe der Zeit ein Depot in den Zähnen aufzuspeichern. Zwei Kinder zeigten im Laufe einer Nierenerkrankung (nicht von F-Medikation herrührend) unter festgestellten Insuffizienzverhältnissen und beeinträchtigtem Mineralstoffwechsel eine bis auf das Vierfache höhere Fluorquote von 16—18 mg%.

Besonders mit Vitaminen versorgte Apothekerskinder wiesen lediglich 5 mg% F im Zahn auf, etwas höher (8 mg%) lagen die Werte bei reichlicher Verabreichung von Fischtran.

Das vorgenannte Material aus den Weilern, den Kneipp-Anhängern und Vitaminversorgten wurde bereits von 1939—1941 gesammelt, als der in Zürich anschliessend beobachtete Kariesrückgang zufolge der Kriegseinschränkungen noch nicht manifest war. Wenn auch seit 3—4 Jahren, was auch von den Schulzahnärzten anderer Schweizerstädte berichtet wird, ein Kariesrückgang vorlag, so wäre es abwegig, deswegen schon von Kariesresistenz zu sprechen. Mit der Lockerung der Ernährungslage deuten bereits wieder Anzeichen darauf hin, dass der günstige Einfluss verminderten Kohlehydratgenusses und des Gebrauchs des Kriegsruchbrots wieder im Schwinden begriffen ist.

Die im ganzen mittelländischen Gebietsstreifen, vom Kanton St.Gallen und Thurgau über die Kantone Aargau, Bern, Freiburg, Waadt bis nach Genf, in den durchschnittlichen Grenzen von 3—8 mg% F-Gehalt im Zahn liegenden Werte gehen parallel mit den niedern Werten im Trinkwasser (s. *v. Fellenberg*).

Die angestellten geographischen und noch zu schildernden experimentellen Untersuchungen belegen, dass erst höhere Quoten an F im Zahn von 15 mg% an aufwärts eine optimale Kariesresistenz gewährleisten, aber auch nur dann, wenn sie im Kindesalter einverleibt werden.

12. F-Gehalt und geologischer Untergrund

v. Fellenberg [16]) stellte, was durch die vorstehenden Ausführungen desselben Autors bestätigt wurde, fest, dass in der Schweiz die triasischen Wässer die F-reichsten sind, gefolgt von jenen des basischen Eruptivgesteins, des Kristallins, der Juraformation und des Quartärs. Die hauptsächlichen Gebiete von durch tektonische Bewegungen an die Oberfläche gekommener Trias in der Schweiz decken sich nicht nur weitgehend mit den Gebieten hohen F-Gehalts im Trinkwasser, sondern auch mit den insel- und strichförmigen Gegenden mit höchstem F-Gehalt im Zahn von Bild 4. Es ist eine geologisch bekannte Tatsache, dass längs den Grenzen verschiedener Schichten im sog. Grenzhorizont Quellwasser an die Oberfläche dringen, die besonders mineralreich, in unserem Fall auch besonders F-haltig sind.

Die Urgeschichtsforschung hat auch aufgezeigt, wie der prähistorische Mensch sich mit Vorliebe in der Nähe von Salzvorkommen ansiedelte (Hallstadt im Salzkammergut).

Deutlich sind die Inseln von Kaisten und Schupfart im nördlichen, Asp und Densbüren im südlichen Aargauer Jura erkennbar, triasische Züge bei Stabio (Pancraziomineralquelle), im Puschlav (auch basisches Eruptivgestein), strichförmig im linksufrigen Goms und rechtsufrigen Inntal. Auf der linken Innuferseite im Gebiet von Sent, Martina, Samnaun guckt das geologisch gegenüber

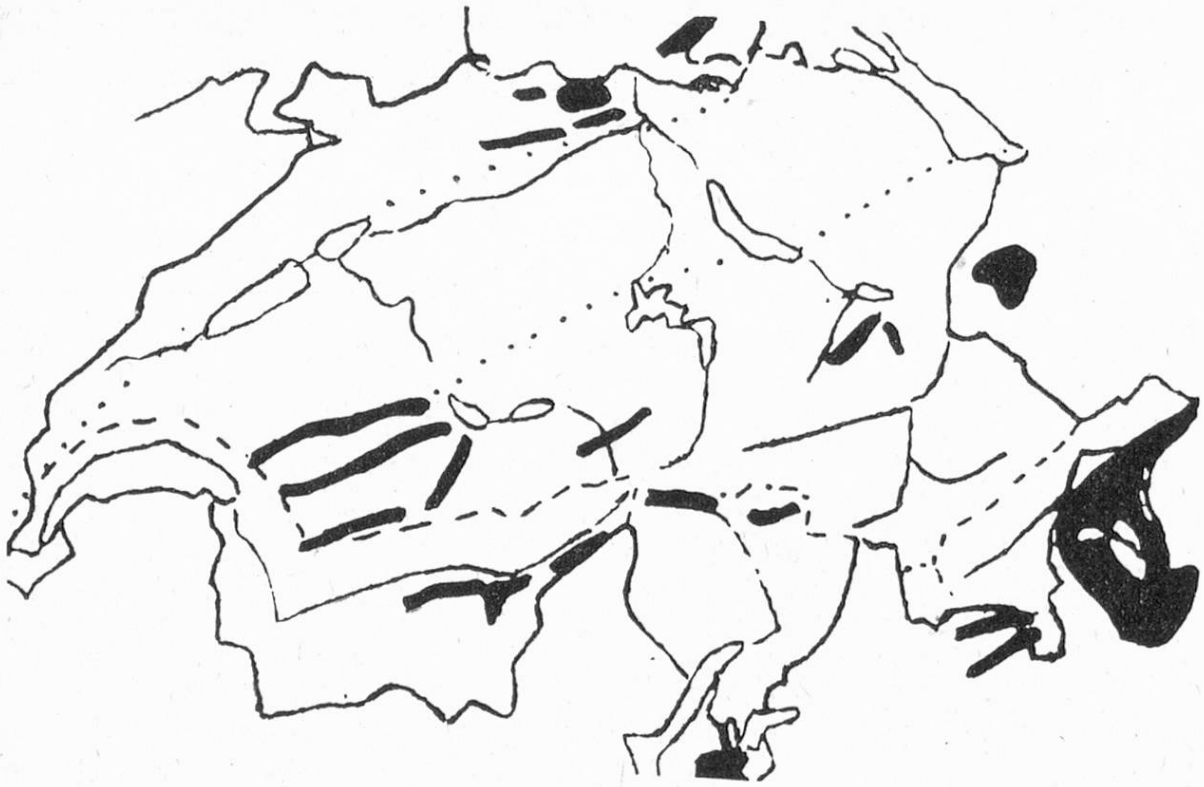


Abbildung 5
Fluorgehalt im Zahn und geologischer Untergrund fluorreicher Zonen (Trias)
Maßstab 1 : 2 500 000

der rechten Talseite grundverschiedene, mesozoische Unterengadinerfenster herein. Die F-Zahnanalysen ergeben linksufrig viel niedrigere Werte und bieten eine Möglichkeit, die Tatsache zu erklären, wieso in Scuol die Kinder weit bessere Zähne aufweisen als in Sent und im Samnaun [8]).

Anderswo ebenfalls nur die Trias mit hohem F-Gehalt der Wässer, des Blattes von Leontodon taraxacum und des Zahns behaften zu wollen, wäre aber ein Trugschluss. Im nördlichen Aargau sind auch nicht alle aus Trias stammenden Wässer F-reich. In Landstrichen noch aktiver Vulkane ist erst geraume Zeit nach der Eruption des Magmas der Boden für Mensch und Vieh bewohnbar. Die Denti di Chiaie der Einwohner Pozzuolis bei Neapel (Vesuv), benannt nach Prof. *Chiaie*, sind ein europäisches Beispiel für die F-Schäden. Die Zähne zeigen einen ungemein brüchigen Schmelz, der in ganzen Splittern von der Schmelz-Dentingrenze abbröckelt, was wir auch bei einigen ausgetrockneten Zähnen von Kaisten und Scuol beobachteten.

Ein dem auf F-Überschuss beruhenden ähnliches, aber durch eher gelbliche und bräunliche Flecken gekennzeichnetes Bild bieten Zähne mit überschüssiger Magnesiumzufuhr. Die als «denti screziati» bezeichnete Sprenkelung kam uns in Zürich an 10 Fällen ebenfalls schon zu Gesicht. Die F-Gehalte lagen bei nur 3—7 mg%. Auch in Utrecht wurden diese Erscheinungen schon beobachtet, obwohl in Holland bisher erst in Sluis ein über 2 mg/l F-haltiges Trinkwasser

Tabelle 4

F-Gehalte von Trinkwasser, des Löwenzahnblattes (Leontodon taraxacum) und der Zahnasche in F-reichen Gebieten und den unmittelbar angrenzenden F-armen Gegenden

Ort	Fluor		
	mg/l Trinkwasser	mg % Trockensubst. d. Löwenzahnblattes	mg % Zahnasche durchschnittlich
Scuol	0,554	0,38	65
Sent	0,068	0,29	8
Kaisten	1,42		72
Etzgen			14
Möhntal			7
Full			3
Densbüren	0,92		26
Asp	1,12		33
Aarau	0,07		4
Baden	0,07	0,40	7
Poschiavo	0,36		65
Prada			27
Cavaglia			14
Bedretto			12
Calanca			12
Dongio			12
Bignasco			11
Mergoscia			10
Gamborogno			8
Lugano, Locarno	0,03—0,04		4
Stabio (Pancrazio-Mineralwasser)	7,46	0,65	30
Chippis	0,503	5,86	31
Raron	0,118	1,12	23
Turtmann	0,051	2,47	18
Visp	0,189	0,77	12
Visperterminen	0,079	0,24	13
Brig	0,068	0,85	15
Reckingen	0,042	0,48	32
Münster	0,048	0,23	21
Lötschental	0,06		28
Zermatt			47
Eischoll			25

gefunden wurde [58]). *Ricci* konnte in Italien zwei solcher Zentren feststellen, wobei die Erscheinung auf einzelne Stadttteile beschränkt sein kann. Stets ergab die Trinkwasseruntersuchung, dass sehr viel Magnesium, aber auffallend wenig Kalksalze vorhanden waren. Die Deutung *Gasperrinis,* zitiert nach [15]), wonach es der Kalkmangel sein soll, der dabei die Flecken macht, sie aber nur manifest werden lässt, weil ein Mg-Überschuss vorliegt, ist die wahrscheinlichste.

Wie die triasischen Gebiete oberflächlich plötzlich aufhören, so verlaufen die F-Analysenwerte (Tabelle 4).

13. Diskussion der Resultate

Inselförmig weisen Kaisten, Densbüren und Asp im Jura, Scuol im Unterengadin erhöhte F-Werte im Trinkwasser und der Zahnasche gegenüber der nähern Umgebung auf.

Die nach Süden auslaufenden Tessinertäler weisen gegen die oberitalienischen Seen hin abnehmende F-Werte auf. In Stabio erhebt sich der Wert des zur Sommerszeit getrunkenen Mineralwassers der Pancrazioquelle auf 7,46 mg/l und 30 mg% in der Zahnasche. Es macht den Anschein, dass, je weiter eine Ortschaft vom Gotthard-Zentralmassiv entfernt liegt, der F-Gehalt um so mehr absinkt. In den Voralpen liegen die Werte nur noch wenig über dem mittelländischen Durchschnitt von 3—7 mg% F:

	mg % F in der Zahnasche		mg % F in der Zahnasche
Reams	12	Giswil	10
Ebnat	9	Bürglen	7
Altendorf	8	Isenthal	5
Ägeri	4		

Die Ergebnisse decken sich mit der schon 1922 von *Staub* gemachten Feststellung [59]), wonach wir ganz allgemein gesprochen talabwärts eine Karieszunahme finden. Er fand z. B. eine bessere Qualität bei den Schächentalern als den Reusstalern. Selbst in nahe beieinanderliegenden Tälern fand aber auch er punkto Kariesfrequenz stark auseinandergehende Ergebnisse.

Klingele schildert [31]), wie die Gebirgler von Natur aus über bessere Zähne verfügen als die Flachlandbewohner. Doch macht auch er die Einschränkung, dass sich diese Tatsache mit der fortschreitenden Zivilisierung verwischt. In den 20er Jahren sind die kariesfreien Zähne häufiger als von 1930—1934.

Die hochgelegenen Walliser Orte, Zermatt bis 47 mg%, Lötschental bis 28 mg% und Eischoll bis 25 mg%, weisen mehr F auf als z.B. das im Talgrund gelegene Visp mit durchschnittlich 12 mg% F. Im Unterwallis sinken die Werte bis auf 5 mg%, vergesellschaftet mit schlechter Kariesresistenz.

Talauf- und abwärts von Chippis, dem Ort der Aluminiumindustrie, unter Mitverwendung von Kryolith, erstreckt sich ein F-Gebiet, dessen Auswirkungen zahlenmässig im Trinkwasser, dem Löwenzahnblatt als ökologischem Vergleichsobjekt und der Zahnasche erkennbar sind. Die Pflanze besitzt nämlich auch für Spuren- oder Hochleistungselemente ein qualitatives Wahlunvermögen [61]). Ein genauer Bestimmungsschlüssel ist aber bisher nur von der Tabakpflanze vorhanden.

Ausländische Werte F mg%:

Paris	9	Pfalz	8
Belfast	12	Linz	4
Clydebank	17	Wien	8
Zara	15	Graz	4
Budapest	13	New York	5
Berlin	8	San Salvador	6
Freiburg	9	Curaçao	10
Halle	16	Sumatra	18

Von den europäischen Werten liegen die Zähne aus deutschen Städten etwas über dem schweizerischen Durchschnitt des F-Gehalts im Mittelland. Möglicherweise, weil in den ersten Kriegsjahren die Ernährungseinschränkungen nicht so manifest waren. Vom Steinmetz Vollkornschrot schreibt *Bircher* [9]), dass der Roggenzusatz das für die Bildung des Zahnschmelzes wichtige F liefere. Es ergaben sich zwar (siehe *v. Fellenberg*) die nicht sonderlich hohen Werte für F mg% der frischen Substanz von:

Weizen	0,070	*Hirse*	*0,080*
Weizenkeime	0,088	Reis, ungeschält	0,067
Roggen	*0,061*	Mais	0,062
Hafer	0,025		

Den höchsten Wert erreicht demnach die Hirse (Vergleichswerte: Petersilie 0,104, Kartoffelhaut 0,64).

Höhere Werte fanden wir in der Zahnasche von schottischen Ferienkindern aus Industriegebieten (Clydebank), wo auch der atmosphärische F-Anteil zufolge der Verbrennung von Steinkohlen eine zusätzliche Rolle spielen dürfte (siehe *v. Fellenberg*'sche Ausführungen).

Reichliches Material von New York vermittelt den niedrigen F-Wert des dortigen Zahnmaterials, so dass begreiflich ist, wie in den USA F-Zusatz zu großstädtischen Wasserversorgungen geprüft wird [10]).

Besonderes Interesse erheischen die 2 Werte von Curaçao und Sumatra. Es handelt sich um 2 Brüder, Kinder eines Schweizer Geologen, der von holländisch Curaçao nach Sumatra übersiedelte. Der ältere, auf Curaçao geborene Knabe mit 10 mg% F im Zahn, verlebte dort 10 Jahre vor der Auswanderung nach Sumatra, wo er weitere 6 Jahre verblieb vor der Rückkehr in die Schweiz. Er konnte nach dem 10. Altersjahr den F-Gehalt nicht mehr auf den Wert seines Bruders mit 18 mg% steigern, welcher auf Sumatra geboren wurde. Da sonst im gleichen Milieu aufgewachsene Geschwister, auch Zwillinge kamen in dieser Hinsicht zur Untersuchung, annähernd gleiche Werte im Zahn aufweisen, bietet der Fall einen Beweis mehr dafür, dass die ersten 10 Jahre für die Anlage eines F-Depots massgebend sind.

14. Die Karte der Kariesverbreitung in der Schweiz von Brodtbeck 1917

Dr. med. dent. h. c. *Brodtbeck* [7]) kam 1917 zum Abschluss seiner zahngeographischen Schweizerkarte, worauf er die berüchtigte bis zu 100%ige Kariesverbreitung bei der Jugend darstellte. Die Karte war neben der unermüdlichen Aufklärungstätigkeit in Wort und Schrift die eindruckvollste Waffe, welche dieser Pionier gegen die Zahnverderbnis wirkungsvoll anwandte. Die Ostschweiz tritt als besonders von der Karies befallene Gegend hervor. Nur 2—3 % besser stellen sich die Resultate in der Zentral- und Westschweiz. Relativ, aber immer nur relativ besser erscheinen punkto Kariesanfälligkeit die Alpen. Aber auch hier hat die Karies Einzug gehalten. Unter 90 % kariesanfällige Gebisse konnte schon *Brodtbeck* nur noch im Goms, Walliser Seitentälern, Tessiner- und Bündnertälern feststellen. Gewiss ist die Karte, die Bedeutendes beigetragen hat zur Einführung der Schulzahnpflege, heute weitgehend überholt. Die Gründe dafür sind die vermehrte Wertschätzung, welche heute die Zahnbehandlung zu Stadt und Land erfährt, die vermehrte Behandlungsmöglichkeit durch die Vergrösserung der Zahl der Zahnärzte, die rege Werbung für den Zahnpflegegedanken, auch von seiten der Industrie. Bringen wir alle Gebisse in Abzug, die in Schulzahnpflege und späterem Leben eine Sanierung erfahren haben, und betrachten wir noch die stark kariesanfälligen Unbehandelten kartenbildlich, so müssen wir an der *Brodtbeck*'schen Karte heute beträchtliche Abzüge vornehmen [45]).

Wir gelangen dann zu einer gegenwärtig eher gültigen Karte (Bild 7). Sie bringt den Stand der Sanierung, die Resistenten eingeschlossen, aus den Jahren 1939—1945 zur Darstellung, als ich reichlich Gelegenheit zu zahngeographischen Studien im Aktivdienst hatte.

Es sind heute, das sehen wir bei jeder grossangelegten zahnärztlichen Truppenuntersuchung, nicht mehr die städtischen Wehrmänner mit stark zerstörten Gebissen, auch auf dem Land ist die Sanierung zwar unterschiedlich im Gange, wie *Ringger* [45]) zeigte, aber ganz schlimme Verhältnisse herrschen in

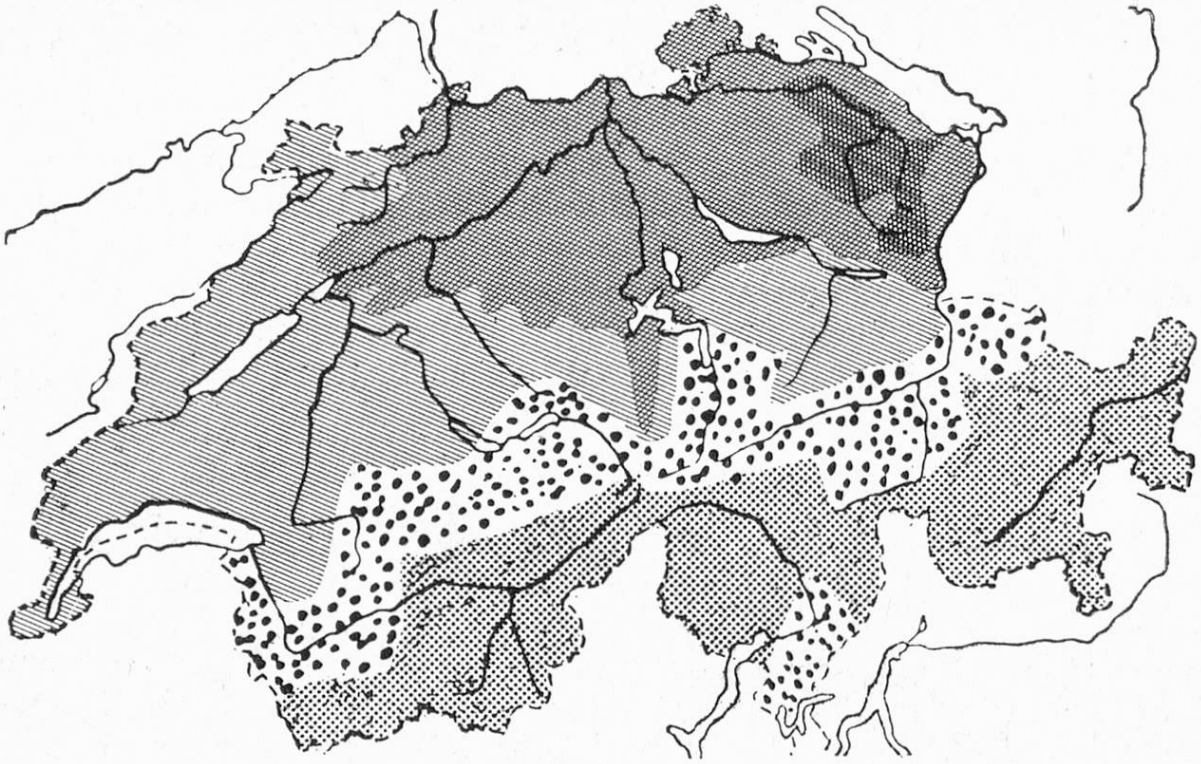


Abbildung 6

Brodtbecks Karte der Verbreitung der Zahnfäule 1917

Tiefes Schwarz:	100 %	kranke Gebisse
Etwas heller:	98—100 %	kranke Gebisse
Getupft:	95— 98 %	kranke Gebisse
Schwaches Dunkel:	90— 95 %	kranke Gebisse
Weiss:	85— 90 %	kranke Gebisse

Maßstab 1 : 2 500 000

den ins Mittelland ausmündenden Alpen- und Voralpentälern. Diese Feststellungen decken sich mit den frühern Arbeiten von *Engelberger* [13]), *Hägler* [22]), *Klingele* [31]) und *Staub* [59]).

Auf der *Brodtbeck*'schen wie auf meiner neueren Karte verbleiben als spärliche Gebiete verhältnismässig hoher Kariesfeiung einige Alpentäler im Wallis, dem Bündnerland und Tessin.

Diese Gegenden decken sich, nur sind sie mehr auf einzelne Orte beschränkt, mit den Plätzen erhöhten F-Gehalts im Zahn (Poschiavo, Scuol). Es wurde aber, was hier ausdrücklich wiederholt sei, schon eingangs dargelegt, dass der höhere F-Gehalt des Zahns gegenüber dem Mittelland keineswegs nur auf erhöhtem F-Gehalt des Trink- oder Mineralwassers beruht, sondern die vergleichend-ökologischen Studien mit dem Löwenzahnblatt ergaben auch die Abhängigkeit von den Böden, ihrer Düngart und den Bodenprodukten. Ferner ist von grosser Bedeutung die Erschlossenheit vom Verkehr und die damit ermöglichte Änderung in der angestammten Kost.

Abbildung 7
Stand der Sanierung, inklusive Resistente 1939—45.
Maßstab 1 : 2 500 000

Punktiert: Bessere Sanierung (Mittelland, Städte) und natürliche Resistenz (Alpen)
Dunkel: Starker Kariesbefall, auch in den Voralpen

Es mag auf alle Fälle eindrucksvoll in die Augen stechen, wie das enorm von Karies befallene Mittelland die nur niedrige F-Quote von 3—7 mg% im Zahn aufweist. Hier ist die F-Armut gemeinhin ubiquitär. Der F-Gehalt erhebt sich im Jura und den Alpen vereinzelt insel- oder strichförmig zu höheren Werten.

Es sind daher kartographische und zahngeographische Studien auf engerem Gebiet erforderlich. Schon *Roos* [46]) zeichnete die unterschiedlichen Kariessektoren in dem von ihm untersuchten Goms. Auch er konnte die Behauptung, wonach gesetzmässig die talwärtigen Orte kariesanfälliger seien, nicht auf der ganzen Linie aufrecht erhalten. Wenn auch bis auf 150 mg% steigender F-Gehalt im Zahn (Kaisten, Scuol) nicht immer völlige Kariesresistenz zu gewährleisten vermag, so bedeutet er doch einen Beitrag zur so vielgestaltigen Kariesfrage.

15. *Kariesbefall und F-Gehalt des Zahns, an kleinern Gebieten betrachtet*

a) *Das Goms*

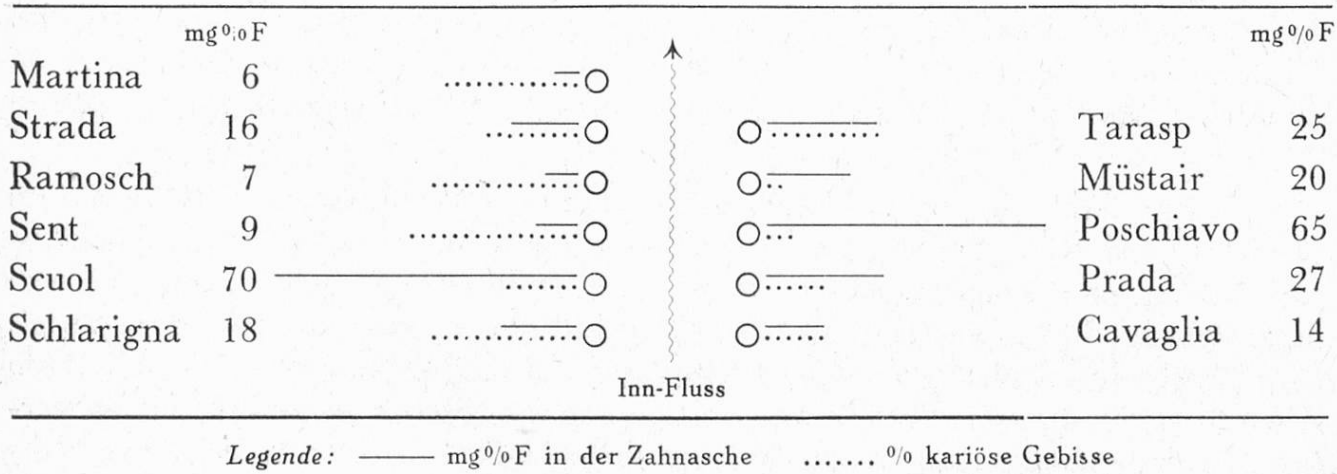
An reichlichem Material, das wir der Freundlichkeit von Herrn Dr. *Gentinetta* in Brig verdanken, fanden wir im mittleren Goms, wo die Ortschaft Rekkingen durch den schwachen Kariessektor von nur 35 Grad in der *Roos*'schen Arbeit [46]) hervorsticht gegenüber dem Wert von 41 Grad im bergwärts gelegenen Nachbardorf Münster und dem Wert von 67 Grad im talwärts gelegenen Gluringen, die hohe F-Quote von 32 mg% im Zahn. In Fieschertal fand *Roos* merkwürdigerweise den hohen Kariessektor von 62 Grad. Der F-Gehalt beträgt im Zahn nur 15 mg%. Er ist wieder doppelt so hoch in Naters, 30 mg%, und sinkt im Talgrund bei Brig auf 15 mg% (*Roos* zeichnete die Kariesanfälligkeit in einem Kreis, also von total 360 Grad auf und nannte jeweils vom Kariessektor den Gradwert).

b) *Das Unterengadin und das Puschlav*

Die am linken Innufer gelegenen Ortschaften (Ausnahme Scuol) weisen hohe bis sehr hohe Kariesanfälligkeit auf (Samnaun bis Ftan). Es ist die Gegend des geologischen Unterengadinerfensters. In Scuol und Tarasp niedrige Kariesziffern, hoher F-Wert (in Tarasp die Bonifazius-Mineralquelle mit 0,844 mg F/l). Im Münstertal zeigte die einheimische Grenzschutzkompagnie ganz ausgezeichnete Zähne (hoher F-Gehalt von 25 mg% in der Zahnasche). Hohe Säulen von Kariesbefall sind vergesellschaftet mit nur niedrigen F-Quoten, hohe Säulen des F-Gehalts mit hoher Kariesresistenz (Tabelle 5).

Tabelle 5

Kariesbefall und F-Gehalt des Zahns im Unterengadin, Müstair und Poschiavo



Begeben wir uns nochmals aus den Alpen heraus ins Zürcher Mittelland, das 1943 durch *Ringger* [45]), andern und mir eine erneute Befundesaufnahme erfuhr, so ersehen wir in den alluvialen Gebieten die Ergebnisse der Tabelle 6.

Ringger fand:

Anzahl der untersuchten Schüler	1 826	
» » untersuchten Milchzähne	10 861	
» » erkrankten Milchzähne	5 181	
» » untersuchten bleibenden Zähne	33 138	
» » bleibenden kranken Zähne	6 630	= 20 %
» » sanierten Gebisse	68	
» » gesunden Gebisse	25	

(Gemeinden, die bis 1942 keinen schulzahnärztlichen Dienst besassen).

Tabelle 6

F-Gehalte in mg% der Asche von kariösen und intakten Milch- und bleibenden Zähnen im Kanton Zürich und in mg/l des Trinkwassers

Ort	Zahngattung	Alter	Anzahl	Befund	F mg % des Zahns	F mg/l des Trinkwassers
Umgebung v. Zürich:						
Riedhof	Mz. u. 6er	4—12	6	kariesres.	4,9	0,086
Rütihof	Mz. u. 6er	4—12	4	kariesres.	4,7	0,083
Buchenegg, Albis	—6—	21	2	st. kar.	7,8	
Zumikon	—7—	20	2	st. kar.	6,9	
Hirzel	Mz. u. 6er	4—19	8	resistent	15,8	0,04—0,07
Schönenberg	Mz. u. 6er	4—19	3	resistent	11,0	
Zimikon	6	13	22	st. kar.	8,3	
Sternenberg	Mz.	4—10	5	resistent	9,7	
Erlenbach Zürich	6	12	2	gefüllt	135–233*	0,080
Affoltern Zürich	Mz.	7	3	kariös	4,3	
Affoltern a. Albis	6	12	3	kariös	4,6	
Engstringen	Mz.	7	8	kariös	5,2	
Hinwil	6	12	2	kariös	4,6	
Pfäffikon Zürich	6	12	3	kariös	3,8	0,063
Rümlang	Mz. u. 6er	5—12	10	intakt	3,6	
Oberweningen	Mz. u. 6er	5—12	10	intakt	3,4	
Weiach	Mz. u. 6er	5—12	6	intakt	5,2	

*) Fehlresultat

Diskussion der Ergebnisse: Ried- und Rütihof sind Weiler vor den Toren Zürichs. Die Zähne stammen von mit hartem Quellwasser versorgten Bauerskindern. Der F-Gehalt des Trinkwassers liegt mit 0,086 und 0,083 etwas höher als der des Zürcher Mischwassers mit 0,07 mg/l. Die Kinder der Höfe weisen auffallend resistente Gebisse auf, wiewohl der F-Gehalt des Zahns mit 4,9 und 4,7 unwesentlich über dem stadtzürcherischen Durchschnitt von 4 mg% liegt. Etwas höher sind auch die Werte weiterer Höfe, die nicht einer zentralen

Wasserversorgung angeschlossen sind und auf den Bergzügen liegen: Buchenegg auf dem Albis mit 7,8 und ein Einzelgehöft in Zumikon auf der Forch mit 6,9. Die Fehlresultate von Erlenbach *) (silikatgefüllt) fanden früher Erwähnung. Bis auf 3,4 mg% F sinken die Gehalte im Wehntal, einer sehr kariesanfälligen Gegend, woher uns in freundlicher Weise die Schulzahnärztin Frau Dr. *Margrit Schmid* reichlich Material sandte.

Bemerkenswert sind die mit 15,8 und 9,7 mg% mittelhoch liegenden F-Zahnwerte der höchsten Schulgemeinden des Kantons Zürich, in Hirzel-Höhe und Sternenberg. Es handelt sich meist um Hofsiedelungen.

Die von mir 1943 durchgeführte kariesstatistische Aufnahme in Hirzel und Sternenberg lässt sich auf Grund der beim kantonalen Jugendamt Zürich vorliegenden Befunde exakt in Vergleich setzen mit den gleichzeitig erfolgten Untersuchungen in Wisconsin [24]). In Hirzel-Höhe (Drumlin-Moränenlandschaft) wie in Sternenberg, der höchstgelegenen Schulgemeinde des Kantons Zürich, trafen wir auffallend viele kariesresistente, noch nie behandelte, jugendliche Gebisse an.

Zwei Beispiele für die im Mittelland sonst ubiquitäre F-Armut liefern die Gegenden von Weinfelden und Aarau.

	mg% F in Zahnasche		mg% F in Zahnasche
Weinfelden	3,8	Aarau	4,7
Bürglen	4,1	Rohr	4,6
Amlikon	2,7	Reinach	2,9
Birwinken	4,2		
Hugelshofen	3,5		
Märstetten	2,6		
Wertbühl	3,9		

Die mittelländischen Gebiete mit den tiefsten F-Gehalten im Zahn und Trinkwasser, Weinfelden, Wehntal, Reinach, sind ausgerechnet die Gegenden, in denen eine hauptamtliche Schulzahnpflege auf dem Land schon seit Jahren eingeführt ist. Der Zusammenhang zwischen den niedern F-Gehalten und dem Bedürfnis nach systematischer schulzahnärztlicher Betreuung ist offensichtlich. Da das Material teilweise auch von Privatzahnärzten geliefert wurde, fällt der Einwand dahin, dieser Schluss sei rückläufig gezogen worden. Das Wagnis, die Zahl der Zahnärzte, die Patienten-Versorgungszahl und den F-Gehalt des Trinkwassers miteinander zu vergleichen, unternahm übrigens in Kansas auch *Bellinger* [2]). Er fand:

Kansas:	westliches	mittleres	östliches Drittel
F-Gehalt des Trinkwassers mg/l	0,90	0,41	0,35
Versorgungszahl	2881	2071	2269
Vorschul- und schulpflichtige Kinder pro Zahnarzt	900	493	537
Zahl der Zahnärzte	50	365	393

16. F-Gehalt von Zähnen und Trinkwässern aus grössern Schweizerorten

Die in erheblichem und auf alle Fälle die Zuverlässigkeit der Durchschnittswerte gewährleistenden Mass untersuchten Proben aus den grössern Schweizerorten ergeben fast auf der ganzen Linie niedrige F-Werte im Zahn. Etwas erhöht liegt der Gehalt mit 9,2 mg% bei Bern, dessen Mischtrinkwasser aber (z.T. aus der Gegend von Schwarzenburg, z.T. aus der Gegend von Signau) als F-arm zu bezeichnen ist. Glarus mit mittelhohen Trinkwasserwerten an F

Tabelle 7

F-Gehalte von Zähnen und Trinkwässern aus grössern Schweizerorten

Ort	Zahngattung	Alter	Anzahl	F mg% der Zahnasche	F mg/l Trinkwasser
Basel	6	12	20	5,3	0,08—0,17
Bern	Mz. u. Bl.	4—60	80	9,2	0,05—0,11
Luzern	Mz. u. Bl.	4—20	10	5,0	0,03
Genf	Mz. u. Bl.	4—20	35	4,9	0,09—0,11
Aarau	Mz. u. Bl.	4—20	12	4,6	0,07
Lugano	Mz. u. Bl.	4—20	30	4,4	0,039
Weinfelden	Mz. u. Bl.	4—20	20	3,7	0,07
Glarus	Mz. u. Bl.	4—60	30	9,3—15,8	0,21—0,42
Balgach	Mz. u. Bl.	4—50	10	7,5	
Rothrist	Mz. u. Bl.	4—50	25	4,9	
La Tour	Mz.	5—12	10	5,2	
Roche	Mz. u. Bl.	5—13	5	7,0	
Reinach	Mz.	8—11	15	2,9	
Poschiavo	Mz. u. Bl.	5—68	20	73,7	0,08—0,362
Kaisten	Bl.	12—79	10	82,3	1,4

zeigt im Zahn starke Schwankungen von 9,3—15,8 mg% F. Die Resistenz ist in Kaisten auf einzelne Zähne und Zahngruppen beschränkt. Sie lässt sich aber an ganzen Zahnbögen in Poschiavo nachweisen.

Aus dem F-Gebiet von Asp kam eine Hausschwein-Mandibel mit durchgebrochenen und noch embryonalen Zahnanlagen zur Analyse. Am hervorstechendsten und von grösster praktischer Bedeutung war, dass auch am Tier die weichen embryonalen Zahngebilde annähernd die gleichen Werte aufwiesen wie die schon durchgebrochenen. Es bedeutet das auch am Tier eine Bestätigung dafür, dass die Hauptzufuhr von F auf dem Blutweg geschieht und dass sich der Zahn nach der Eruption nur noch in ganz geringem Mass mit F imbibiert. Diese Tatsache steht im Widerspruch zu der Behauptung, wonach sich der Zahn

vorwiegend nach dem Durchbruch mit F anreichert. Das Hausschwein frisst viel mit Wasser angerührte Kartoffelklösse mit der Schale.

Hardgrove und *Bull* [24]) stellten die beiden Städte Green Bay und Sheboygan in Wisconsin einander gegenüber, ersteres mit dem stark F-haltigen Trinkwasser von 2,3 mg/l und das praktisch F-freie von Sheboygan aus dem Michigansee

Tabelle 8

F-Gehalt des Trinkwassers, des Zahns und Kariesbefall, verglichen je 1943—1945 in Wisconsin, Hirzel, Sternenberg und Zürich

Von hundert 5—6jährigen Kindern wiesen kariöse Defekte in folgender Zahl auf:						
Ort	keine	1	2	mehr als 2	F mg % im Zahn	F mg/l Trinkwasser
Green Bay Wisc. 1945	58	12	12	18	nicht bestimmt	2,3
Sheboygan Wisc. 1945	20	7	6	67	nicht bestimmt	0,05
Poschiavo 1945	97	1	1	1	20—30	0,36
Hirzel-Höhe 1943	55	5	10	30	14	0,07
Sternenberg 1943	40	10	12	38	9—10	Hofsiedelung
Zürich 1945	25	10	17	48	4,4	0,07
und von hundert 12—14jährigen Kindern						
Ort	keine	1	2	mehr als 2	F mg % im Zahn	F mg/l Trinkwasser
Green Bay Wisc. 1943	30	11	15	44	nicht bestimmt	2,3
Sheboygan Wisc. 1943	3	2	3	92	nicht bestimmt	0,05
Poschiavo 1943	85	4	3	8	30 – 40	0,36
Hirzel-Höhe 1943	20	—	22	58	16	0,07
Sternenberg 1943	10	5	25	60	9 – 10	Hofsiedelung
Zürich 1947 (Schulzahnpflege!)	18	19	17	54	4,4	0,07

mit nur 0,05 mg/l. Sie kamen zum Schluss, dass das F-Gebiet erhöhte Kariesresistenz gewährleistet, gaben aber zu, dass sich die Zahlen etwas verschlechtern im 12.—14. Altersjahr gegenüber denen aus dem 5.—6. Jahr. Analysen der Zähne führen sie nicht auf.

Unsere genau auf die Anordnung der Amerikaner bezogenen Werte des Kariesbefalls von Poschiavo bestätigen auf Grund des hohen, im Zahn gefundenen F-Gehalts den Zusammenhang F-Gehalt — Kariesresistenz. In Hirzel und Sternenberg werden die Ergebnisse gleich denen der Amerikaner verschwommener bei den ältern Schülern (Alpweide).

Trotz des niedern F-Gehalts im Trinkwasser und Zahn steht, derart tabellarisch aufgezeichnet, die Stadt Zürich relativ vorteilhaft da. Die Gründe sind zu suchen in der ausgebauten Schulzahnpflege und den von ihr gehandhabten besondern kariesprophylaktischen Massnahmen, worunter ganz besonders die symmetrische Extraktion ihre Früchte zeitigt.

Deatherage [11]) fand folgenden, auf 100 Individuen bezogenen Unterschied in der Zahngüte selbst in den Erwachsenenjahren zwischen Soldaten aus F-armen und F-reichen Gebieten:

Zähne	Gebiet mit weniger als 0,1	mit mehr als 1 mg/l F im Trinkwasser	
		Kindheit	Erwachsenenalter
Kariös oder extrahiert	1079	838	621
Gesund	1721	1962	2279
% gesunder Zähne	61,5 %	70,1 %	81,4 %
Durchschnittliches Alter der Untersuchten	23 1/3 Jahre	25 1/2 Jahre	25 1/4 Jahre

Dieser Autor stellt demnach bessere Zahngüte auch dann noch fest, wenn das Individuum erst im Erwachsenenalter in den Genuss stark F-haltigen Wassers kommt.

Hardgrove und andere fordern den künstlichen F-Zusatz zu F-armen Trinkwässern. Auch wir bringen den Wunsch zum Ausdruck, es möchte hierzulande in einer vorerst kleinern Ortschaft ohne regen Bevölkerungswechsel der skizzierte Versuch unternommen werden.

Dass von *Wespi* [62]) noch weitere gangbare Wege für die Verabreichung von F gewünscht und auf dem Medikationsweg an der gynäkologischen Abteilung des aargauischen Kantonsspitals schon in die Wege geleitet wurden, fand eingangs Erwähnung.

Tabelle 9

F-Gehalt der Zahnasche in mg% und Alter des Patienten

Alter	F mg % in Zahnasche aus		
	1. Gegend mit F-Gehalt im Trinkwasser unter 0,1 mg/l	2. Gegend mit F-Gehalt im Trinkwasser von 0,1—0,3 mg/l	3. Gegend mit F-Gehalt im Trinkwasser über 0,3 mg/l
4 jährig	2	12	15
6 »	3	12	25
10 »	5	14	30
16 »	7	16	40
20 »	8	18	45—62
40 »	9	20	55—110
60 »	11	24	135

Es erhellt aus den derart eingeordneten Durchschnittswerten unseres gesamten analysierten Zahnmaterials, bei dem Altersangaben vorlagen, dass in F-armen Gegenden wohl ein schwacher Anstieg mit dem Alter erfolgt, der aber nicht einmal die Werte erreicht, welche schon Kinderzähne aus Gebieten mit nur ziemlich F-armem Trinkwasser und denen mit F-Reichtum aufweisen. Das Vermögen, aus den angebotenen, nur kleinen F-Dosen grössere Mengen zu speichern, kommt also dem Zahnorgan in Gebieten mit F-Armut nicht zu.

In Gebieten mit F-Werten im Trinkwasser über 0,1 mg/l und den F-reichen mit über 0,3 mg/l hebt sich der F-Gehalt im Zahn beträchtlich mit dem Alter, verbunden mit starker Dentinablagerung, Verengerung des Pulpalumens und Erhöhung des Härtegrades der Zahnhartteile.

Auch aus dieser Altersaufstellung ergibt sich, dass dem Trinkwasser und öfters getrunkenen F-haltigen Mineralwässern (Stabio) als den hauptsächlichsten Trägern von F Bedeutung für die F-Anreicherung direkt oder indirekt über die vom Menschen genossenen F-haltigen Nahrungsmittel zukommt.

17. F-Medikation

Dr. *H. J. Wespi,* Chefarzt an der gynäkologischen Klinik des Kantonsspitals Aarau führt zur Zeit Versuche mit fluorisiertem Salz an Schwangeren, Wöchnerinnen und Kindern durch, die Gegenstand einer im Druck befindlichen Arbeit sein werden [62]). Es war möglich, drei Milchzähnchen zu analysieren, deren Träger während 1 Jahr im Haushalt fluorisiertes Kochsalz erhalten hatten. Die gefundenen Analysenwerte von bis 8,7 mg% F lagen über dem ortsüblichen Durchschnitt. Diese Zähne haben, schon vor Beginn des stomachalen Angebots voll ausgebildet, noch bis 4 mg% F aufgenommen. Auch wenn das F sonst wohl eher in die Knochen eingelagert worden ist, so bildet es hier ein Depot, welches u.U. wieder verwertet werden kann.

Richtig ist, dass auch bei F-Armut erhebliche Zahngüte erreicht werden kann durch Verabreichung von Vitaminen des A-D-Komplexes (*Schmuziger* [54])), [63]). Doch zeigt auch da *Roos* Widersprüche auf [47]). Er findet die Frage noch als unentschieden, ob dem Vitamin D wirklich eine nennenswerte Rolle als schützender Faktor vor Kariesbefall zukommt. Im Zuge der in Schweden geübten Rachitisprophylaxe fand er auf Grund genauer statistischer Unterlagen bei Verwendung der Wegleitung von *H. J. Schmidt* [53]) bessern Erfolg bei den Kindern Gutsituierter gegenüber andern Sozialgruppen. Aus der zur Verfügung stehenden Literatur können noch folgende Hinweise auf F-haltige Medikamente gegeben werden [57]) und aus *Heinrich* [36]), biochemische Apatit- und Flußspatdosen. Es wird in diesem Zusammenhang [36]) betont, wie F in der anthroposophischen Lehre grosse Bedeutung für das menschliche Geistesleben beigemessen wird.

Zur peroralen Verabreichung bringt in den USA die Atlantic MFG. Co. Inc. 255 Warwick, Brooklyn 7, N.Y., sog. Strean-Tabletten in den Handel, deren Gebrauch bei über 0,5 mg/l F-haltigem Trinkwasser strikte kontra-indiziert ist. Ein weiteres Produkt, Enziflur, der Ayerst McKenna & Harrison, Rouses Point, N.J. & Montreal, Canada, ist unter ärztlicher Überwachung nur bei einem F-Gehalt des Trinkwassers unter 0,3 mg/l angezeigt. *v. Fellenberg* fand in den Strean-Tabs:

1,22 mg CaF_2 pro Tablette und 33,2 mg Ascorbinsäure, und im Enziflur
1,51 mg CaF_2 pro Tablette und 24,5 mg Ascorbinsäure
(1 mg CaF_2 enthält 0,49 mg F).

Zur Erleichterung der ärztlichen Überwachung ist es von grösstem Wert, dass *v. Fellenberg* (siehe vorhergehende Arbeit) die F-Gehalte der Schweizertrinkwässer bearbeitet hat.

Frühere Versuche mit Zahnmaterial und F-Lösungen

Die Möglichkeit, durch Behandlung der Zahnhartsubstanzen von der Schmelzoberfläche her eine Anreicherung mit F im Schmelz und Zahnbein zu erzielen, steht und fällt mit der Frage, ob es gelingt, durch die Oberfläche F-Lösungen zum Diffundieren ins Zahninnere zu bringen. Dieser Frage gingen 1930 *Gysi* und *Ehrensberger* [12]) nach. Sie fanden einerseits, dass F-haltige Kalksalze in Lösung osmotisch durch die Schmelzoberhaut in den Schmelz hinein diffundieren können. Um eine dauernd remineralisierende Wirkung auf teilweise entkalkten Schmelz zu erzielen, verwendeten sie ein auf der Oberfläche haftendes Zementpflaster wie *Andresen* [1]) aus künstlich hergestellten Ca-Verbindungen. *Andresen* verwendete:

Rp.	Zinc. oxyd. pond.	5,0
	Apatit pulv.	10,0
	Ac. phosph. (90 %)	100,0
	Glycerini	(5,0).

Das während Monaten auf dem Schmelz belassene Zementpflaster soll wie ein Schwamm den Speichel aufsaugen, und die dabei entstehende, schwach saure Minerallösung diffundiert durch das Schmelzoberhäutchen in den teilweise entkalkten Schmelz und wird dort adsorbiert.

Anderseits gelang es *Gysi* und *Ehrensberger* auch bei Zähnen, die noch nicht in die Mundhöhle durchgebrochen waren, in vitro die physiologische Mineralisation durch künstliche Nachhärtung nachzuahmen.

18. Behandlung pulverisierten Schmelzes mit F-Lösung

Mit Diamantschleifern schliffen wir 100 g Schmelzpulver von intakten, bleibenden Zähnen (Sechsjahrmolaren) 12jähriger von Zürich ab und teilten die Menge in 3 Portionen.

Die 1. Portion wurde tale quale analysiert und ergab	3,7 mg% F
Die 2. Portion wurde während 1 Tag im Brutschrank mit 10 % NaF-Lösung bei 37 Grad Celsius zusammengebracht. Die Lösung trocknete ein, und das trockene Pulver wurde 3 Stunden in fliessendem Leitungswasser gespült, worauf es enthielt	1530,0 mg% F
Die 3. Portion gelangte vorerst für 1/2 Stunde in 5 % KCNS-Lösung, dann ohne Auswaschen in 10 % NaF-Lösung im Brutschrank, wo sie ebenfalls austrocknete. Nach 3stündigem Auswaschen enthielt die Probe	1880,0 mg% F

Die mit 5 % KCNS-Lösung vorbehandelte Schmelzpulverprobe nahm demnach ca. 20 % mehr F auf als die nur mit 10 % NaF-Lösung zusammengebrachte.

Das Schmelzproteid besteht wohl grösstenteils aus Keratin. Daneben dürfte Collagen vorhanden sein, welches beim Erhitzen im Autoklaven löslich wird. Bei einem Zahnkeim samt apikalem Gewebe sind bei 1stündigem Erhitzen auf 2 Atm. Überdruck 20,4 % organische Substanz von im ganzen 31,8 % in Lösung gegangen, also nahezu 2/3.

KCNS übt eine quellende und lösende Wirkung auf Keratin aus. Darüber wurden folgende Versuche gemacht. Als Ausgangsmaterial dienten Hornspäne, welche ausgesiebt, durch eine Laboratoriumsmühle gelassen und wieder durch ein feines Haarsieb gesiebt wurden.

Man verglich zunächst NaF und KCNS in 5 %iger Lösung mit 6,9 %iger (mit der 5 %igen NaF-Lösung isotonischer) und mit 0,85 %iger NaCl-Lösung und fand nach 4stündigem Schütteln von je 0,25 g Hornmehl mit 10 cm³ Flüssigkeit, Fällen des Filtrates mit Phosphorwolframsäure und Verbrennen der Fällungen nach *Kjeldahl* folgende Keratinwerte in mg pro 100 cm³ Flüssigkeit:

0,85 %ige NaCl-Lösung	24,0
6,9 %ige NaCl-Lösung	43,0
5 %ige NaF-Lösung	41,0
5 %ige KCNS-Lösung	76,5

Eine gewisse lösende Wirkung auf unser Ausgangsmaterial hat schon physiologische Kochsalzlösung. NaF wirkt ungefähr gleich wie NaCl in isotonischer Lösung; KCNS hingegen wirkt ungefähr doppelt so stark. Seine lösende Wirkung ist somit deutlich.

In einer weitern Versuchsreihe reinigte man das Hornmehl weiter, indem man die durch die Mühle gegangenen gröbern Späne nochmals mahlte und siebte. Man wählte steigende KCNS-Mengen, diesmal nicht in wässriger, sondern in physiologischer Kochsalzlösung und fand folgende Werte:

0,85 %ige NaCl ohne KCNS	7,4 mg	auf 100 cm^3
0,01 % KCNS	15,0 mg	»
0,1 % KCNS	13,2 mg	»
1 % KCNS	21,0 mg	»
3 % KCNS	21,0 mg	»

Bereits sehr geringe Konzentrationen wirken deutlich lösend. Die 0,01%ige Lösung löst doppelt soviel Keratin wie die physiologische NaCl-Lösung, und die 0,1%ige praktisch ebensoviel, während die 1- und 3%ige Lösung den 3fachen Betrag lösen. Man kann somit die gewünschte Quellung oder Lösung bereits mit sehr kleinen Mengen Kaliumrhodanid erreichen. Selbstverständlich wirkt Alkohol der Quellung entgegen.

Organische, am ausgewachsenen Zahn grösstenteils aus Keratin bestehende Schmelzkomponenten sind das Schmelzoberhäutchen und die interprismatische Substanz, deren Anteil am Gesamtschmelz nach *Herold Hodge* (zitiert in [25])) zwar nur 1,7 % beträgt. Der gleiche Autor gibt 2,3 % Wassergehalt und 96,0 % Aschengehalt an.

Diese letztere Einschränkung trat auch bei unsern Versuchen zutage und erklärte, weshalb vorgängig in Alkohol aufbewahrtes Untersuchungsmaterial das sonst dem KCNS zukommende Permeabilitäts-Steigerungsvermögen vermissen liess. Der Versuch mit pulverisiertem Schmelz, in erhöhtem Mass derjenige mit dem durch KCNS-Vorbehandlung in seinen organischen Bestandteilen gequollenen Schmelzpulver zeigt die Abhängigkeit der F-Aufnahme von der Oberflächengrösse und dem Verteilungsgrad.

Trotz 3stündigem Auswaschen blieb die aufgenommene F-Menge fixiert.

19. Das mengenmässige Aufnahmevermögen der Zahnhartsubstanzen für F

Im Hydroxylapatit sind 3 Moleküle Tricalciumphosphat von der Formel $Ca_3(PO_4)_3$ mit 1 Molekül $Ca(OH)_2$, beim Fluorapatit mit 1 Molekül CaF_2 verbunden. Fluor ist ein häufiger Begleiter der geologischen Phosphorvorkommen, da sich eben sehr leicht Fluorapatit bildet. Nach *Brandenberger* [6]) können im Hydroxylapatit Ca, F und OH durch andere Elemente ersetzt werden, und zwar

Ca durch Cd, Sr, Ba, Pb:	2 +	Valenzen	durch	2 +
Na, K:	2 +	»	»	1 +
Y, Ce:	2 +	»	»	3 +
Th:	2 +	»	»	4 +
P durch As, V:	5 +	»	»	5 +
S:	5 +	»	»	6 +
Si, (C?):	5 +	»	»	4 +
Al:	5 +	»	»	3 +
(OH) durch F, Cl:	1 —	Valenz	»	1 —
O:	1 —	»	»	2 —
O durch (OH):	2 —	Valenzen	»	1 —

Es kann ein einfacher Ersatz an einer oder mehreren Stellen, ein gekoppelter Ersatz an einer oder mehreren Stellen oder über mehrere Stellen erfolgen. Die Mannigfaltigkeit wird noch erhöht durch Einlagerung zusätzlicher Kationen und durch das Auftreten von Leerstellen, da die Valenzen bei dem Ionenaustausch nicht in allen Fällen ausgeglichen sind.

Die Einbaumöglichkeit anderer Elemente in den Hydroxylapatit dürfte damit zusammenhängen, dass er nicht als einfaches Molekül nach der gegebenen Formel vorliegt, sondern dass er, wie das *Brandenberger* klar auseinandersetzt, im Zahnschmelz und den übrigen organischen, aus Hydroxylapatit aufgebauten Gebilden nicht isoliert dasteht, dass vielmehr die Einzelmoleküle gleichsam zu einem Riesenmolekül verwachsen sind. Wenn nun auch nur wenige (OH)-Gruppen des Riesenmoleküls durch andere Elemente ersetzt sind, so kann das den Charakter des Apatits bereits so ändern, dass seine Löslichkeit in Säure stark abnimmt. In Zähnen aus Kariesgebieten mit 3—4 mg% Fluor ist nur etwa $^1/_{1000}$ des theoretisch möglichen Fluors in den Apatit eingebaut, in Zähnen von Kaisten sind es bis etwa 4 %.

Wie die Zähne mit geflecktem Schmelz bereits als solche durchbrechen, so bringt auch der Zahn mit niedrigem Fluorgehalt diesen gleich bei seinem Durchbruch mit. Die Annahme, dass der Zahn erst im Mund allmählich Fluor aufnehme und dass das Reifen des Zahns mit darauf beruhe, ist experimentell widerlegt. Hingegen mag es wohl sein, dass die weitere Annahme, dass sich mittels des Rhodans des Speichels Schwefelbrücken zwischen den Nebenketten der Hauptpolypeptidketten bilden und dass dadurch eine Reifung, ein Härter werden des Zahnschmelzes nach dem Durchbruch erfolge, zutrifft. Wir sehen aber keine Anhaltspunkte dafür, dass bei diesem Vorgang das Fluor eine katalytische Rolle spielt.

Da Kaliumrhodanid bereits in sehr niedrigen Konzentrationen quellend wirkt, war es interessant, zu untersuchen, ob auch Natriumfluorid schon in kleinen Konzentrationen den Fluorgehalt des Schmelzes erheblich erhöht und

ob darin ein Unterschied besteht, je nachdem Kaliumrhodanid, ebenfalls in kleiner Menge, zugesetzt wird oder nicht.

Man behandelte das Schmelzpulver während 39 Stunden unter öfterem Umschwenken mit der 100fachen Menge einer 0,01%igen NaF-Lösung und daneben mit einer Lösung, welche neben 0,01 % NaF noch ebensoviel KCNS enthielt. Dann wurde der feinere Anteil des Pulvers, ungefähr die Hälfte, abgeschlemmt und untersucht, während der Rest nun mit 0,1%igen Lösungen in ähnlicher Weise behandelt wurde. Man fand folgende Fluorgehalte:

Behandelt mit	0,01 % F	0,01 % Na F+0,01 % KCNS	0,1 % Na F	0,1 % Na F—0,1 % KCNS
mg% F im Schmelz	501	532	4170	4200

Bereits durch die 0,01%ige NaF-Lösung ist eine erhebliche Aufnahme von Fluor erreicht, durch die nachträgliche Behandlung mit 0,1%iger Lösung ist sie sehr hoch geworden, obgleich das so behandelte Material den gröbern Anteil repräsentierte. Nach 39 Stunden erscheint die vermehrende Wirkung des Kaliumrhodanids bei der 0,01%igen Lösung gering, und sie ist bei der 0,1%igen nicht mehr wahrzunehmen.

Der theoretische Fluorgehalt des Fluorapatits beträgt 3,77 %. Der Höchstwert, den wir erreicht haben, 4,20 %, macht 109 % des Theoretischen aus. Es hat somit ausser der chemischen Bindung noch eine Adsorption von Fluor stattgefunden. Es muss gesagt werden, dass hier das Auswaschen nach der Fluorbehandlung durch 3maliges Aufschwemmen und Zentrifugieren im Reagensglas erfolgte.

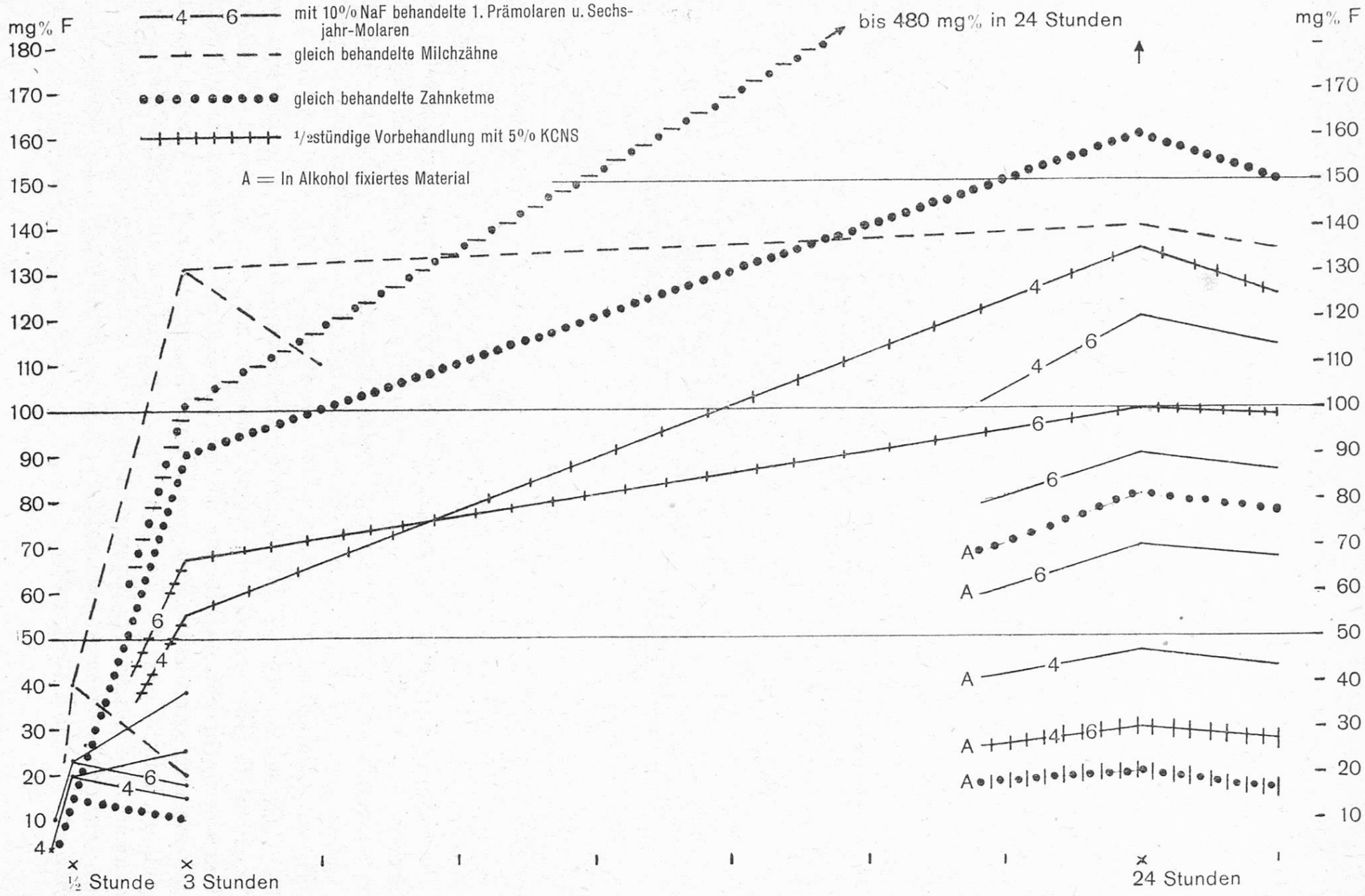
20. Vitroversuche mit Zähnen nur in NaF-Lösung und in vorgängiger KCNS-Lösung mit anschliessender NaF-Lösung

Physiologisch tritt uns nun aber keine Pulverkonsistenz der Hartsubstanzen entgegen. Wir haben es mit dem am gesunden Zahn kompakten Schmelzmantel mit mengenmässig spärlichen organischen Bestandteilen zu tun. Es liegt also trotz der von *Chase* (zitiert nach [25]) auf 12 Millionen geschätzten Zahl Schmelzprismen eine viel kleinere äussere Oberfläche vor als bei Schmelzpulver.

Um den physiologischen Verhältnissen bestmöglich nahe zu kommen, verbrachten wir frisch extrahierte Milchzähne, Zahnkeime von obern, 1. Prämolaren und durchgebrochene bleibende Zähne, vorwiegend 1. Prämolaren und Sechsjahrmolaren sofort in körperwarme Ringerlösung, nachdem die Wurzel, womöglich noch mit ihrem Periodont versehen, hermetisch mit einem Wachs- und Lacküberzug isoliert worden war, so dass beim Aufhängen an einem Faden nur der gesunde Kronenschmelzmantel in die Reagenzien tauchte. Die Proben kamen hernach in den Brutschrank.

Tabelle 10

In Vitro-Versuche mit in NaF-Lösung und in NaF- und vorgängiger KCNS-Lösung behandelten Zähnen



Die abfallenden Kurven geben das durch dreistündiges Auswaschen verlorene F mg% an

Die Resultate der Analysen der ganzen behandelten Zähne sind aus Tabelle 10 ersichtlich.

Der Milchzahn nahm schon in der ersten halben Stunde bis 40 mg% F auf, wovon während 3stündigem Spülen im Leitungswasser allerdings die Hälfte wieder ausgeschwemmt werden konnte. Nach 3 Stunden Einwirkung der 10-%igen NaF-Lösung stieg der Wert auf 130 mg% und veränderte sich nicht mehr stark bis zum Ablauf von 24 Stunden, und die Auswaschbarkeit betrug noch 20 mg% F (abfallender Teil der Kurve).

Der erste Prämolar nahm in der ersten halben Stunde aus 10 % NaF-Lösung 20 mg% F, der Sechsjahrmolar deren 23 auf. Auswaschbar waren je 5 mg% F. Nach 24 Stunden fanden wir im ganzen 1. Bicuspidaten 120 mg% F und auch in einem Teil der untersuchten Sechsjahrmolaren. Auswaschbar während 3stündigem Spülen im Leitungswasser waren je 5 mg% F. Ein Teil der Sechsjahrmolaren brachte es nur auf 90 mg% F nach 24 Stunden, zeigte aber etwas verringerte Auswaschbarkeit der aufgenommenen F-Menge, nämlich nur 3 mg%. Die Unterschiede im 24stündigen Aufnahmevermögen beruhen auf der gerade beim Sechsjahrmolaren häufigen Verschiedenheit in der Struktur. Zahnkeime nahmen in der ersten halben Stunde weniger F auf als die durchgebrochenen Zähne, nämlich nur 15 mg% F. Der Wert stieg aber nach 3stündigem Bad in 10 % NaF-Lösung bis auf 90 mg% und erhöhte sich nach 1 Tag auf 160 mg% F. Auswaschbar waren in der ersten halben Stunde 6 mg% F und nach einem Tag deren 10.

Erste Bicuspidaten, die 1 Woche in 76 % Alkohol gelegen hatten, nahmen selbst in eintägigem Bad von 10 % NaF-Lösung nur 48, Sechsjahrmolaren nur 70 mg% F auf, die in Alkohol fixierten Zahnkeime nur 81, wovon wie bei den vorerwähnten fixierten Proben 2 mg% auswaschbar waren.

In einer zweiten Versuchsreihe, die ebenfalls auf Tabelle 10 enthalten ist, schickten wir am gleichen Untersuchungsmaterial vorerst während einer halben Stunde eine 5 % KCNS-Lösung voraus und verbrachten die gleichgearteten Materialien anschliessend in ein 10 % NaF-Bad.

Nach 3 Stunden nahmen nunmehr im ganzen Zahn auf: der 1. Prämolar 55 mg% F, der Sechsjahrmolar 68 und der Zahnkeim sogar bis 100, welche Mengen sich in 1 Tag beim 1. Prämolaren bis auf 135, beim Sechsjahrmolaren jetzt tiefer als beim 1. Prämolaren, nämlich auf 100 beliefen. Der Zahnkeim steigerte seinen F-Gehalt nach Vorbehandlung mit 5 % KCNS-Lösung sogar bis auf 480 mg%. Die Auswaschbarkeit betrug beim Vierer 10 mg%, beim Sechser nur deren 2 mg% F.

In Alkohol fixierte Zahnkeime brachten es selbst nach einem Tag nur auf 20, bleibende Zähne auf 30 mg% F mit nur 2 mg%iger Auswaschbarkeit.

Diskussion der Resultate.

Einerseits ist die Abhängigkeit von der Oberflächengrösse erkennbar. Anderseits bildet die organische Schmelzoberhaut in der ersten Phase der Einwirkung der NaF-Lösung eine Barriere. Deren Wirkung ist beim Prämolaren, dessen Durchbruch erst 3 Jahre nach dem Sechsjahrmolaren erfolgt, noch stärker, weil die Membran zwar noch weniger verhornt, doch aber noch dicker ist als beim Sechsjahrmolaren.

Der erste Versuch ohne KCNS zeigt jedoch, dass eine Durchlässigkeit auch nur für NaF besteht. Es ist gleichgültig, ob wir eine 10- oder nur 5%ige Lösung zur Anwendung bringen.

Die Anreicherung beschränkt sich nicht nur auf den Schmelzmantel. Aus Tabelle 11 ergibt sich, dass sich im schmelzwärtigen Dentin die Werte beim Molaren auf 18, im pulpanähern auf 8 beim Molaren, auf 15 resp. 7 mg% F beim Prämolaren beliefen. Es erhellt somit, dass die interprismatische, grösstenteils organische Substanz die Permeabilität für NaF-Lösung nicht verunmöglicht, sie aber doch hemmt, und zwar im Ausmass ihres Vorkommens und Verhornungsgrades.

Der jüngere Zahn, besonders der Prämolarenkeim, lässt bei Vorbehandlung mit KCNS-Lösung bis zu 100 mg% F in den Schmelz eindringen. Der Zahnkeim, besonders wenn er aus noch tiefer Lage im Kiefer ausgeschält wird, zeigt, ver-

Tabelle 11

F-Gehalte nach ½stündiger Vorbehandlung mit 5% KCNS-Lösung und 3stündigem Bad in 10% NaF-Lösung

Bei Einwirkungsmöglichkeit nur durch den Schmelz des gesunden Zahns (Wurzel isoliert) fanden sich folgende mg% F vor:					
Frisch extrahierten	natürlicher Gehalt	Schmelz	äusseres Dentin	inneres Dentin	Wurzel
Sechsjahrmolaren	4	53—92	18	6—8	77
1. Prämolaren	4	78	15	7	120
Hochgelegenen Keimen	3	86	18	9	—480
Keimen am Durchbruch	4	100	37	15	123
Trocken konservierten Molaren von Kaisten	55	65	60	30	60
In Alkohol fixierten					
Sechsjahrmolaren	4	79	10	6	13
1. Prämolaren	4	125	15	7	8
Hochgelegenen Keimen	3	160	14	9	8
Keimen am Durchbruch	4	69	18	9	8

sehen mit dem Embryonalbalg, grosse Autonomie. So hat *Hess* [26]) einen von mir reponierten Zahnkeim mit nahezu vollständigem Auswachsen der Wurzel histologisch überprüft. Mit Sicherheit leben diese Keime, sofort in Ringerlösung verbracht, noch einige Zeit nach. Im Tierversuch gelang es *Laptochinsky-Malinovsky* an der Moskauer Akademie der Wissenschaften, Zahnkeime von jungen Ratten in die Femura ausgewachsener Tiere einzupflanzen, wo sie gut mineralisierten. Exstirpierte Zahnkeime zeigen im Vitroversuch auch den Weg auf, welchen das F beim Hineindiffundieren in den Zahn einschlägt.

Mit 5 % KCNS-Lösung vorbehandelte Zahnkeime nehmen (Tabelle 10) in den ersten 3 Stunden ihres Verweilens im 10 % NaF-Bad nur 10 mg% mehr F auf als nicht mit KCNS vorbehandelte. Die Einwirkung von KCNS macht sich anfänglich nicht stark bemerkbar. Dieser Vitroversuch kann mit der Eruption des Zahnkeimes verglichen werden, denn dannzumal kommt der Keim in Berührung mit den nach *Fosdick* 0—30 mg Rhodan in 100 cm^3 Speichel [17]) [18]).

Aus der graphischen Darstellung von Tabelle 10 ergibt sich für alle Zahngattungen eine vorerst primäre Adsorptionsphase, während welcher die Ionen am Adsorptionskomplex der Schmelzoberfläche angelagert werden. Der zweite Akt des Aufnahmemechanismus ist die eigentliche Akkumulierungsphase. Der Vorgang verläuft ähnlich der von *Wanner* [61]) beschriebenen Nährsalzaufnahme der Pflanze, wobei aber die Diffusion an der lebenden Pflanze durch Salzatmung, also Arbeitsleistung der Zelle erklärt werden kann. Zu deren Gewährleistung fordert *Wanner:* genügend hohe O_2-Versorgung und einen Wasserfilm (von aus experimentell ermittelter kritischer O_2-Konzentration) berechneter Maximaldichte.

Tabelle 11 ergibt nun aber, was ungemein überrascht, dass der Antransport des F nicht in zentripetaler Richtung ins Dentin geschieht, sondern speziell am jungen Zahn vorwiegend wurzelspitzenwärts. Im Dentin ist eine verhältnismässig geringe Anreicherung mit F festzustellen, und sie verringert sich auf nahezu physiologische Normalwerte.

An in Alkohol fixiert gelegenen Zähnen ist aber selbst nach Vorbehandlung mit 5 % KCNS-Lösung auch die wurzelwärts gerichtete Aufnahmebahn gedrosselt. Die organischen Bestandteile konnten nicht mehr aus ihrem gehärteten und geschrumpften Zustand gelöst werden. Hingegen scheint der Alkohol die keratinöseren Bestandteile des Schmelzes eher zu Mehraufnahme für F zu befähigen.

Wir stellten auch F-haltige Schmelzoberflächen von Kaisten unter Einfluss 5 %iger KCNS- und 10 %iger NaF-Lösung. Sie zeigten gegenüber natürlichen Verhältnissen mit 13 mg% F noch eine Mehraufnahme bis 65 mg%, doch konnten Dentin und Wurzel nicht mehr mit F angereichert werden.

Die hauptsächlich wurzelwärts gerichtete Aufnahmetendenz lässt sich erklären, wenn wir die neuern histologischen Ergebnisse, besonders der Schmelzstruktur-Forschung betrachten. Es fiel uns schon an den natürlich F-haltigen Zähnen die öfters knollenförmig verdickte Wurzelspitze auf.

21. *Das histologische Bild der ontogenetischen Mineralisationsbahnen*

Es ist bis heute nicht gelungen, ein einziges Schmelzprisma, von dem man annimmt, dass es sich von der Schmelzoberfläche bis zur Dentingrenze erstreckt, auf seinem ganzen Verlauf zu verfolgen. Weiter erwecken Abbildungen von Schmelzpräparaten, in denen die interprismatische Substanz längs getroffen nur als dünne Fäden, quer geschnitten als ein eindimensionales Wabengerüst imponiert, ein falsches Bild von der, räumlich gesehen in beträchtlicherem Ausmass, nämlich als eigentlichem Gitter vorliegenden interprismatischen Substanz.

Subtile Erforschung der Schmelzprismen und der interprismatischen Substanz [25]) ergaben, dass die *Retzius*'schen Streifen Bändern entsprechen, wo die interprismatische Substanz Ausbuchtungen zeigt. Auch die bei sehr starker Vergrösserung hervortretenden Querstreifen der Schmelzprismen fallen an den Stellen, wo sie ausgeprägte Dichte aufweisen, zusammen mit den *Retzius*'schen Querstreifen des Schmelzes. Von diesen letzteren wissen wir, dass sie sich experimentell durch Veränderungen des Mineralstoffwechsels beeinflussen lassen (Vitamin D, ganz speziell des Parathyreoidea-Hormons).

Je jünger der Zahn ist, um so ausgeprägter ist in ihm die Wanderrichtung des Fluors auf den ontogenetischen Mineralisationsbahnen, welche im Kronteil morphologisch durch die *Retzius*'schen Streifen gezeichnet sind. Diese, an der Schmelzoberfläche beginnend, bilden haubenförmige, auf Längsschnitten inäquidistante Kurven und zeigen noch am ausgewachsenen Zahn den ehemaligen Verlauf des Adamantoblasten-Saums an. Der ontogenetisch ältere Schmelz liegt näher am Dentin, der jüngere an der Zahnoberfläche. Die interprismatische Substanz des jüngern Schmelzes enthält weniger organische Elemente als die dentinnähere und ist widerstandsfähiger gegen Karies als diese. Diese histologischen und klinischen Ergebnisse decken sich mit unsern früher aufgezeigten Resultaten, wonach der äussere Schmelz sowohl an natürlich fluorarmen als natürlich fluorreichen Zähnen mehr Fluor enthält.

Die *Retzius*'schen Streifen kommen bei hypoplastischen Zähnen besonders dicht vor. Bei ältern Zähnen verläuft die Diffusionsrichtung des experimentell einverleibten Fluors immer mehr zentripetal und pulpawärts. Es kann für uns gleichgültig sein, ob die klassische Auffassung des Schmelzaufbaus aus Prismen und interprismatischer Substanz richtig ist oder die Version *Walkhoffs*, wonach die Prismen aus einem stark mineralisierten Kern bestünden und aus einer mineralarmen Rinde, welche bislang als das organische Gerüst angeschaut wurde. Tatsache ist, dass wir an jugendlichen Zähnen mit reichlichem radikulärem und besonders apikalem organischen Anteil die experimentelle Fluorzufuhr in wurzelwärtiger Richtung drosseln können, wenn die organischen Bestandteile des Untersuchungsmaterials vorerst durch Einlegen in 10 % Formalinlösung oder 76 % Alkohol fixiert wurden. Derart behandelte Proben wiesen trotz angeschlos-

sener Vorbehandlung mit KCNS am Apex keine Erhöhung des Fluorgehalts gegenüber unbehandelten Zähnen auf (nur 8 mg%). Alkohol mit KCNS zusammen wirkt entquellend und härtend. Aus der Drosselung der Zufuhrbahn kann geschlossen werden, dass die Härtung das organische Gitter betraf. Dieses grösstenteils organische Gitter ist je kronenwärtiger, um so keratinöser, fand doch auch *v. Fellenberg*, dass sich im äussern Kronenanteil am wenigsten Schmelzprotein löste. Unter der Fixation litten besonders die apikal gelegenen organischen Bestandteile. Kürzlich vertrat *Lebet* [35]) die Auffassung, dass die Zementdentingrenze je näher dem Apex, um so unregelmässiger wird. Dieser Verflechtung zweier Gewebe misst er eine biologische Bedeutung für den Stoffwechsel zwischen Zement und Dentin bei.

Auch nach *Gysi* und *Nishimura* [20]) ist die Menge der organischen Substanz im lebenden Schmelz offenbar bedeutend grösser als nur bis 4 %, die man anhin am trockenen Schmelz feststellte. Auf die lebendige, gequollene Substanz muss es volumenmässig bedeutend mehr ausmachen. Die organische Prismenhülle reicht bis an den Schmelz. Das Schmelzprisma besteht aus körniger, an organischer Substanz reicherer Querstreifung und der homogeneren Zwischenscheibe. Es steht, wie wir das für KCNS und NaF annehmen, fest, dass Gärungssäuren via dunkler Querstreifung seitlich ins dort an organischer Substanz reichere Prisma eindringen, ehe wir an der Oberfläche eine Kavität vorfinden. KCNS wirkt als Schrittmacher auf den jüngern, noch nicht stark verhornten organischen Bestandteilen der Zahnhartsubstanz für NaF. Die an durchgebrochenen, bleibenden Zähnen aufgefundenen Schwankungen im F-Gehalt nach Vitrobehandlung beruhen auf den natürlichen morphologischen Verschiedenheiten einzelner Zähne punkto Verhältnis organische Substanz — Kristallaufbau von Schmelz und Dentin. Die morphologische Verkalkung beginnt an der Zahnkuppe und schreitet gegen den Zahnhals zu fort. Die Bildung der Wurzel hängt ab von der Gegenwart epithelialen Gewebes (*Hertwig*'sche Scheide). Die Schmelzbildung vollzieht sich rhythmisch, woraus sich die transversale Querstreifung erklärt. Die Mineralisation des Dentins vollzieht sich nicht regelmässig. Es zeigen sich daher senkrecht zu den Dentinkanälchen die von *Ebner* beschriebenen Linien. Pro Tag beträgt die Mineralisation nur 4—8 Mikron. In der verkalkten Grundsubstanz des Dentins sind im allgemeinen senkrecht zu den Dentinkanälchen verlaufende kollagene Fasern eingeschlossen *(v. Korff)*. Bei jungen Untersuchungsobjekten umschliesst die mineralisierte Grundsubstanz die kollagenen Fasern. Je weiter aber die Mineralisation der Grundsubstanz fortschreitet, um so mehr lagern sich in die kollagenen Fasern selbst mineralische Ablagerungen ein.

Die *von Owen*'schen Linien im Dentin sind Zonen verminderter Verkalkung und können gleich den *Retzius*-Streifen des Schmelzes experimentell hervorgerufen werden durch Entzug und Zufuhr von Mineralstoffen. Der natürliche fluorhaltige Zahn weist diese Linien markant auf.

Die morphologischen Vorbedingungen, die, wie wir sehen, eine beträchtliche Rolle spielen, sind nun aber schon präeruptiv geregelt. Wir wissen das vor allem

vom Verhältnis interprismatische Substanz — Schmelzprismen, das abhängig ist von den Beziehungen der Mineralzufuhr, den Vitaminkomplexen und parathyreoidalen Hormoneinfluss. Zwar lässt sich in der sog. *Orban*'schen Linie histologisch deutlich am Milchzahn der Übergang des vor der Geburt und nachher gebildeten Schmelzes nachweisen. Diese neonatale Linie ist nichts anderes als ein besonders ausgeprägter *Retzius*'scher Streifen. Milchzähne imbibieren sich schon nach 1/2 St. 5 % NaF-Lösungsbad ohne KCNS auf bis 40 mg% Fluorgehalt, der allerdings bis auf 15 mg% hinunter, also ganz beträchtlich wieder auswaschbar ist. Durch die neonatale Linie wird sogar der kontinuierliche Verlauf der Schmelzprismen durch organische Substanz von schwachem Verhornungsgrad unterbrochen, so dass die starke Permeabilitätsfähigkeit des Milchzahnschmelzes, aber auch die Wiederauswaschbarkeit erklärlich sind.

22. *Klinische Erfahrungen mit der örtlichen Anwendung von F-Lösungen*

Verschiedene amerikanische Kliniker [3] [32]) berichten eine bis zu 50 % verminderte Kariesanfälligkeit in mit Fluorlösungen behandelten Gebissen. *Bibby* betont, dass die Fluorlösungen besonders bei Pufferung auf ein pH 4 und darunter die Löslichkeit von Schmelz- und Dentinpulver in organischen Säuren stark vermindern. Die Verminderung des Auflösungsvermögen kann aber nach *Bibby* auch auf der Wirkung anderer als nur des F-Ions beruhen. *L. S. Fosdick* [17]) betrachtet unter den Methoden zur Kariesverhütung das Fluorion als den wirkungsvollsten Enzym-Inhibitor neben Silbernitrat und Vitamin K.

In naher Fühlungnahme mit den Laboratoriumsversuchen am zahnärztlichen Institut der Universität Genf [19]) nahm die Genfer Schulzahnklinik an einer grossen Zahl Kinder seit 1946 die systematische Bepinselung der Zahnreihen mit Fluorlösung auf [41]).

An der Zürcher Schulzahnklinik Unterstrass habe ich im Laufe des zweiten Halbjahrs 1946—1948 1000 verschiedene Kinder einer 7—8maligen örtlichen Anwendung von 2 %Natriumfluoridlösung unterzogen, der eine 1/2% KCNS-Lösung vorausgeschickt worden war. Das Alter der Kinder betrug 4 — 16 Jahre. Es kamen auch 30 Zwillingspaare zur Beobachtung, wobei nur der eine Zwilling der Fluoranwendung unterzogen wurde. Um nicht einer Täuschung in der günstigen Auswirkung in karieshemmendem Sinn zu unterliegen, fand die Methode sowohl auf Zahnschwache als schwach Kariesanfällige Anwendung. Da unsere Vitroversuche ergeben hatten, dass auch schwächere NaF-Lösungen als die dort verwendeten 5- und 10%igen von annähernd gleicher Wirkung waren und um eine Läsion der organischen Schmelzbestandteile zu verhindern, wurde die NaF-Lösung nur 2-, die KCNS-Lösung nur halbprozentig gewählt. Immerhin brachten wir in 100 Fällen die hohen Konzentrationen der

Vitroversuche doch zur Anwendung, speziell, wenn es sich um zur Extraktion vorgesehene Zähne handelte aus orthodontischen Gründen. Solche Zähne, durch *v. Fellenberg* analysiert, ergaben gegenüber den Vitroversuchen ein beträchtlich niedrigeres Resultat an Fluoranreicherung des ganzen Zahns, nämlich nur 3—4 mg% Anstieg, d. h. 7—11 mg% Fluor in der Zahnasche, bei einem sonstigen natürlichen Gehalt von 3—7 mg%. Eine Anreicherung im Dentin der Krone oder der Wurzel liess sich in vivo nicht nachweisen, hingegen war die durch den Schmelz aufgenommene Mehrmenge unauswaschbar fixiert.

NaF-Lösung lässt sich ohne Gelbildung nicht über 10 % herstellen. Es ist wie KCNS eine farb-, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit ohne Ätzerscheinungen. Beide Lösungen nehmen Saffranin oder Methylenblau als Farbstoff auf. Doch besteht die Gefahr, dass die Farben in den Schmelz hineindiffundieren und den Zahn verfärben. Verfärbung des Schmelzes wurde bei Anwendung der farblosen Lösungen in keinem einzigen Fall festgestellt, lediglich eine ganz leichte Gelbtönung bei anfänglich kreidigweissen Zähnen. Kreideflecken ohne Niveauveränderungen, die wir seit 15 Jahren genau registrieren, konnten durch die Anwendung der beiden Lösungen nach 10—12 Monaten zu einem leichten Nachdunkeln gebracht werden.

Hypoplastische Kreideflecken, die ätiologisch auf Mineralisationsstörungen zufolge durchgemachter Entzündungsprozesse zurückgehen, meist asymmetrisch auftreten und mit Niveauveränderungen einhergehen, sind von einer solchen nachträglichen Mineralisationsbehandlung auszuschliessen. Verhängnisvoll wirkt NaF-Lösung auf Silikatfüllungen. Diese zerbröckeln im Anschluss an die Anwendung, und sie müssen daher vorgängig durch Lack isoliert werden.

In einem Fünftel der Fälle legten wir die ganze obere Front bis zum 2. Bicuspidaten unter Cofferdam, trockneten die Oberflächen nur mit Warmluft ohne Alkohol, wuschen den Schmelz mit Wasserstoffsuperoxyd 30 % (leicht sauer) ab, trockneten wieder und brachten mittels Pinzette und Wattebausch während 20 Minuten fortlaufend die ½ % KCNS-Lösung auf die Zahnoberfläche, mittels Durchziehen von Watteträngen besonders auch interdental. Anschliessend kam fortlaufend die 2 % NaF-Lösung zur Anwendung, und die letzten weitern 20 Minuten liessen wir die NaF-Lösung eintrocknen. Die Prozedur wurde in 14tägigen Abständen 7—8mal wiederholt. An den gleichen Fällen imprägnierten wir die Kauflächen der Molaren, besonders des Sechsjahrmolaren mit einer bis 50 % $AgNO_3$-Lösung, die einen bräunlich-schwärzlichen Niederschlag in den Fissuren, aber auch auf dem Schmelzüberzug bewirkt. In zwei weitern Fünfteln brachten wir nach der KCNS-Lösung eine Kaolin-Glycerinpaste mit 2 % NaF mittels rotierenden Gummikegeln auf die Schmelzoberfläche.

Dem Rest der insgesamt behandelten 1000 Fälle legten wir ohne Cofferdam mittels Watterollen den obern Zahnbogen bis zum 2. Prämolaren trocken und brachten in kleinen Abdrucklöffeln die NaF-haltige Kaolinmasse als Manschette um den Zahn. Derart liess sich erreichen, dass der Schmelz in einer kontinuierlich, während einer halben Stunde an Ort und Stelle verbliebenen fluorhaltigen

Packung verblieb. Diese Methode verteuert zufolge des Verschleisses die Prozedur beträchtlich (das Kaolin muss aus Sauberkeitsgründen weggeworfen und kann nicht für den nächsten Patienten verwendet werden), wiewohl sonst sowohl KCNS- als NaF-Lösung wohlfeil sind. Eine Ätzung der Gingiva braucht wegen der Manschette nicht befürchtet zu werden im Gegensatz zu der hochprozentigen $AgNO_3$-Anwendung an Molaren, welche stark eiweissfällend wirkt und die Wäsche stark verschmutzt.

Die statistische Darstellung des derart erzielten kariesprophylaktischen Erfolgs an natürlich fluorarmen Zähnen hat gleichermassen ohnehin relativ kariesresistente, stark kariesanfällige, mineralisch gute und hypoplastische Zähne zu umfassen. Würden wir nur eine Auswahl der relativ Kariesresistenten zusammenstellen, besonders auch im Gefolge der schulzahnärztlich weiteren kariesprophylaktischen Massnahmen (symmetrische Extraktion) in der Kariesanfälligkeit Gesenkter, so könnten wir natürlich noch ungleich bessere Resultate berichten. Im weitern ist der erhebliche Rückgang der Karies an der städtischen Jugend im Zuge der Kriegseinschränkungen in Rechnung zu ziehen. Aus den Jahren 1944—1947 habe ich für die journées dentaires franco-belges, Paris [54]), angeben können, wieviele Füllungen je 100 Fälle erforderten mit in den Jahren 1944—1945 ausgeführter und unterbliebener Extraktion. Da die Anzahl der Füllungen derjenigen der aufgetretenen kariösen Defekte entspricht, bieten diese Unterlagen ein Vergleichsobjekt zu je 100 der Fluorbehandlung unterzogenen Fällen. Es ist vorauszuschicken, dass die nicht symmetrisch Extrahierten im grossen ganzen die relativ natürlich resistenteren Gebisse betrafen.

Aus der Tabelle 12 ergibt sich, dass bei Kombination der symmetrischen Extraktion mit Fluorbehandlung der Frontzähne und Silbernitrat-Imprägnierung der Zwölfjahrmolaren die Zahl der gänzlich kariesfrei gebliebenen von 22 auf 31 % gesteigert werden konnte. Auf den Occlusalflächen verringerte sich die Zahl der notwendig gewordenen Füllungen ($AgNO_3$!) von 224 auf 173, die durch meist nur strichförmige Kariesdefekte nötig wurden. Weniger stark tritt die Verminderung für die Approximalfüllungen zutage, hingegen ganz beträchtlich, mehr als 50 % waren weniger Silikatfüllungen an den Frontzähnen erforderlich, wo wir die Fluorapplikation ausgeführt hatten. Die nicht symmetrisch extrahierten Fälle, welche a priori die eher resistenteren Fälle betrafen, boten ein nicht so deutliches Bild der Senkung der Kariesanfälligkeit, die immerhin auch feststellbar war.

Wenn die vorstehenden Zahlen von ältern Schülern von 11—16 Jahren stammen, so stellten wir bei den jüngern eine noch etwas höhere Verminderung an den obern Frontzähnen bei Fluorapplikation fest. Zusammen mit der günstigen Auswirkung, welche die $AgNO_3$-Imprägnierung des Kauflächenreliefs des Sechsjahrmolaren zeigte, können wir von einer 50%igen Verminderung sprechen. Besonders wertvoll ist, wenn vom Moment des Durchbruchs an der einzelne bleibende Zahn mehrfach gepinselt werden kann.

Tabelle 12

Verminderung des Kariesbefalls bei örtlicher F-Anwendung

100 Fälle, ausgeführt in den Jahren 1944—1945 in der städtischen Schulzahnklinik Zürich-Unterstrass, erforderten von 1944 bis 1947 folgende Zahl Füllungen:

		∅	W	O	mo und do	mod	s
a)	Nach durchgeführter symmetrischer Extraktion der 1. Prämolaren und der Sechsjahr-Molaren						
	Ohne örtliche F-Anwendung	22	0	224	60	14	150
	Bei örtlicher F-Anwendung	31	0	173	58	12	70
b)	Ohne Extraktionstherapie	(die natürlich Resistenteren)					
	Ohne örtliche F-Anwendung	2	23	155	90	65	85
	Bei örtlicher F-Anwendung	5	23	120	85	50	60

Auf die Zahl der je 100 Schüler bezogen (von total je 1000 Behandelten) benötigten von 1944 bis 1947:

		∅ Füllungen	1—3 Füllungen	5—8 Füllungen	mehr
a)	Nach durchgeführter symmetrischer Extraktion, aber ohne örtliche F-Anwendung Zahl der Schüler in %	22	15	10	53
	Bei örtlicher F-Anwendung Zahl der Schüler in %	31	41	10	18
b)	Ohne Extraktionstherapie und ohne örtliche F-Anwendung Zahl der Schüler in %	2	18	30	60
	Ohne Extraktionstherapie bei örtlicher F-Anwendung Zahl der Schüler in %	5	28	22	45

Legende:
∅ = keine Füllungen nötig
W = Wurzelbehandlungen nötig
O = nur Füllung der Kaufläche nötig
mo und do = Füllung der einen Berührungs- und Kaufläche nötig
mod = Sattelfüllungen nötig
s = Frontzahn-Silkatfüllungen nötig

In den Fällen, da trotzdem neue kariöse Schäden auftraten, betrafen sie nur ganz ausnahmsweise die feuchte Form der Karies, sondern boten selbst am Jugendlichen ein eher der caries sicca ähnliches Bild.

Es ist zwar auch nicht zu verleugnen, dass die vom Kind natürlich auch beobachteten zahnärztlichen Anstrengungen zur Hebung seiner Zahngüte dieses auch zu vermehrter häuslicher Zahnpflege anspornen. So mag ein unkontrollierbarer Teil der erfolgreich Kariesgesenkten die verminderte Anfälligkeit der intensivierten Zahnpflege verdanken.

Untersuchungen an Zwillingen bestätigten die geschilderten günstigen Ergebnisse.

Mit fluorhaltigen Zahnpasten gepflegte Zähne wiesen bei der Analyse keinen erhöhten Fluorgehalt im Zahn auf.

Es entspricht dies der Feststellung von *Bibby* [3]), wonach der Gebrauch F-haltiger Zahnpasten keinerlei Kariesrückgang bewirkte.

Die nur einmalig und nicht 7—8mal wiederholte Pinselung mit KCNS und NaF kommt eher einer Zahnreinigung gleich als einer ernsthaften Anwendung.

23. F-Lösung als Dentineinlage

Von *Hill* [27]) wurde eine Methode angegeben zur Behandlung der Dentinhypersensibilität mit einer 3 Minuten in der Kavität belassenen 4 % NaF-Lösung, nach deren Trocknung eine Paste folgender Zusammensetzung während weiterer 3 Minuten kräftig auf dem Kavitätengrund eingerieben wird: NaF, Kaolin aa 10 g, Glycerin 10 cm^3. Da wir in zirka der Hälfte der Fälle bei diesem Verfahren heftige Schmerzen beobachteten, senkten wir die Dosierung bis auf 1/2 %, worauf Komplikationen ausblieben. Das Dentin nimmt in den Vitroversuchen längs den Kavitäten-Vertikalwandungen bis zum Hundertfachen, vom Kavitätengrund aus etwas weniger, gierig das angebotene F auf.

24. Forensische Bedeutung des F-Gehalts des Zahns

Bei der Identifizierung von Leichen kommt den Zähnen grosse Bedeutung zu. Es kann, gestützt auf die F-Analysen des Zahns, dahingehend aufschlussreich sein, ob das Individuum aus einer F-armen Gegend oder aus einem Gebiet mit erhöhtem F-Gehalt stammt.

Zusammenfassung

1. In Zusammenarbeit mit Herrn Dr. *Th. von Fellenberg* vom Eidg. Gesundheitsamt wurden 1946—1948 ca. 1200 gesunde und kariöse Zähne verschiedener Gattung und Alters Autochthoner aus fast allen Gegenden der Schweiz und einigen ausländischen Gebieten auf den Gehalt am Spuren-Element *Fluor* analytisch untersucht und die Beziehungen dargestellt, welche sich aus dem F-Gehalt des Trinkwassers, der Böden, den darauf gewachsenen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln und dem Fluorgehalt des Zahns einerseits und der Kariesresistenz anderseits ergeben.

2. Die durchwegs niedrigen Fluorgehalte der Zahnasche von durchschnittlich 3—7 mg% im gesamten Mittelland (Landschaft und Städte) werden mit der Karte der Kariesverbreitung bei der schweizerischen Schuljugend von *Brodtbeck* (1917), einer 1939—1945 erstellten neuern Karte und mit dem Material weiterer kariesstatistischer Arbeiten auf Schweizergebiet verglichen, und es wird festgestellt, dass das Mittelland trotz Förderung des Zahnpflegegedankens, der Vermehrung der Zahl der Zahnärzte und Einführung der Schulzahnpflege noch stark kariesbefallen ist. Es zeigte sich auch, dass das Mittelland meist über fluorarmes Trinkwasser von selten über 0,1 mg im l verfügt. — In den Voralpentälern, wo die Karies je länger je mehr Einzug hält, sinken die F-Gehalte des Zahns talabwärts ab, während die Kariesanfälligkeit steigt. Mit dem Alter findet in F-armen Gebieten ein langsamer Anstieg des F-Gehalts im Zahn statt, der aber nicht einmal die Werte erreicht, welche Zähne aus F-reichen Gegenden schon in der Kindheit aufweisen (12—15 mg%). Niedrige F-Gehalte im Zahn gehen auch einher mit solchen des Blattes von Leontodon taraxacum als ökologischem Vergleichsobjekt.

3. F-reiche Gebiete mit hohem F-Gehalt im Zahn und Trinkwasser sind in der Schweiz selten. Bis heute konnten wir feststellen: Kaisten, Asp, Densbüren im Aargauer Jura, Scuol, Müstair und Poschiavo in den Alpen. In Stabio im Tessin ist das 7,4 mg/l F-haltige Mineralwasser der Pancrazioquelle für den aufgefundenen höhern F-Gehalt der Zähne von bis 57 mg% verantwortlich zu machen. In den erwähnten, mit F-haltigem Trinkwasser gespiesenen Ortschaften kann der Fluorgehalt des Zahns bis auf 150 mg% und darüber ansteigen. Der F-haltige Zahn reichert sich von einem Gehalt in der Kindheit von 10—30 mg% bis auf 150 mg% und darüber mit dem Alter an. Ein fluorreicher Streifen erstreckt sich talauf- und abwärts von Chippis im Wallis zufolge der Aluminiumindustrie unter Mitverwendung von Kryolith. Ortschaften im Goms mit höherer Kariesanfälligkeit weisen geringere F-Gehalte im Zahn auf. Im Unterengadin ist die Kariesanfälligkeit, verbunden mit bis zu 80 mg%igem F-Gehalt des Zahns in Scuol gering, im nahe gelegenen Sent mit F-ärmerem Trinkwasser und niederem F-Gehalt des Zahns ist die Kariesanfälligkeit beträchtlich.

4. Orte mit F-Reichtum des Zahns sind ausser der Gegend von Chippis eng begrenzt. Das gleiche gilt vom Trinkwasser und dem Blatt des Löwenzahns. Sie sind geologisch meist an Trias gebunden, wie auch die hierzulande F-reichste Pancrazio-Mineralquelle von Stabio, oder an basisches Eruptivgestein.

5. Der F-haltige Zahn ist ungemein hart, zeigt gelblich-bläuliche Farbe. Er ist besonders in der Jugend kariesresistent. Die Resultate sind bei Erwachsenen in Kaisten schlechter, da Ernährungseinflüsse mit eine Rolle spielen. Die Resistenz ist besser gewährleistet bei guter Zahnpflege. In Kaisten und Stabio kamen ganz vereinzelte Fälle mit Andeutungen von geflecktem Schmelz zur Beobachtung.

6. Die Hauptzufuhr von F in den Zahn geschieht auf dem Blutweg, denn germektomierte Zähne zeigen annähernd den gleichen F-Gehalt wie schon durchgebrochene. Die Wurzel ist durchschnittlich doppelt so F-reich wie die Krone, deren äusserer Schmelzmantel F-reicher ist als die innern Schmelzanteile. Dentin und Zement sind F-reicher als Schmelz. Daher erhöht sich paradoxerweise der F-Gehalt eines veraschten Zahns bei Karies. Aus niederen angebotenen F-Mengen kann der Zahn keine grösseren Depots speichern, hingegen bleibt ein in der Jugend gesetztes höheres F-Depot zeitlebens bestehen und fördert die Resistenz. Für die forensische Identifizierung kann der F-Gehalt des Zahns einen Hinweis auf die Herkunft bieten. Das Fluor, welches in die organische Schmelzsubstanz einwandert, wird immer schnell an die anorganische Substanz weitergegeben und bleibt dort grösstenteils fixiert. F-reiche Nahrungsmittel, die bei häufigem Genuss den F-Gehalt des Zahns auch in F-armen Gegenden erhöhen, sind z. B. die Fische, der Lebertran, Rippenmangold, Petersilie, Kartoffeln in der Schale. Getreide sind nicht besonders F-haltig. Den höchsten Wert erreicht die Hirse.

7. Histologisch zeigt der F-haltige Zahn starke Dentinablagerung, verengertes Pulpalumen und bei den älteren Exemplaren Obliteration des foramen apicale.

8. Durch stomachales F-Angebot auf medikamentösem Weg kann in der Jugend der F-Gehalt des Zahns gesteigert werden, besonders wenn die Verabreichung zusammen mit gekoppelten Calcium- und Vitamingaben geschieht.

9. In vitro nimmt besonders pulverisierter Schmelz gierig F aus einer NaF-Lösung auf. Eine noch höhere Aufnahmefähigkeit lässt sich durch Vorbehandlung mit KCNS-Lösung erzielen. Die anfängliche Adsorption geht schon nach einer halben Stunde in eine chemische Verbindung über (F-Apatit). An ganzen Zähnen und Zahnkeimen, deren Wurzel durch Wachs und Lack isoliert waren, reichert sich F in wurzelwärtiger Richtung, besonders an den noch jungen Wurzelspitzen bis zu ca. 500 mg% an. Zentripetal ins Dentin wandert nur ein kleinerer Teil. Durch Vorbehandlung mit 1/2 % KCNS-Lösung lässt sich, da KCNS quellend und enthärtend auf die organische Substanz des Schmelzes wirkt,

die Aufnahme für F aus einer 2 %igen Lösung erhöhen. Die Permeabilitätserhöhung durch KCNS wird hinfällig, wenn organische Substanz durch Fixation mit Alkohol oder Formalin gefällt worden war.

10. Die Wanderrichtung des F am jugendlichen Zahn verläuft längs der ontogenetisch durch die Querstreifung der Schmelzprismen und der *Retzius*'schen Streifen gezeichneten Mineralisationsbahn. Am jugendlichen Zahn ist die organische Substanz in ihrer gitterförmigen Anordnung volumenmässig in grösserem Ausmass vorhanden, als bisher angenommen wurde.

11. Die klinische Anwendung von 7—8mal wiederholten Pinselungen mit 1/2 % KCNS-Lösung während 20 Minuten und angeschlossener gleich langer mit 2 % NaF-Lösung zeigt keine Verfärbung des Schmelzes, bringt aber hypoplastische Kreideflecken ohne Niveauänderung nach einiger Zeit zum Nachdunkeln. Der F-Analysenwert hebt sich nach Pinselung um 1—5 mg%. Beim Gebrauch F-haltiger Pasten fanden wir keine messbare Vermehrung.

12. Der kariesvermindernde Effekt der Pinselungen beläuft sich an mehr als 1000 überprüften Fällen auf ca. 30 %. Auf dem Kauflächenrelief durchgebrochener Molaren ist die Imprägnierung mit bis 50 %iger Silbernitratlösung der F-Applikation vorzuziehen.

13. Bestimmungen der organischen Substanz des Schmelzes ergaben je nach dem angewendeten Verfahren verschiedene Werte. Während der Glühverlust 4—4,5 % betrug, ergab die Chromsäureverbrennung 1,7—1,8 und die Stickstoffbestimmung 1,4—1,7 %. Die Unterschiede rühren von einem Gehalt des Zahnschmelzes an Calciumcarbonat von 5—6 % her. Auch Dentin ist $CaCO_3$-haltig.

14. Die kariesverhütende Wirkung einer bis zu einem gewissen Optimum geführten Mehraufnahme an Fluor steht fest. Wir sind auch darüber orientiert, wo die toxische Grenze liegt. Wir machen daher auch den Vorschlag, aus dieser Erkenntnis die praktische Folgerung einer Kariesprophylaxe zu ziehen. Da dem F als Spuren-Element für die Zahngüte und den Knochenbau bei unserer im Mittelland ubiquitären F-Armut grosse Bedeutung zukommt und die praktische Anwendung überprüft werden muss, ist die nahe Zusammenarbeit von Chemiker, Pädiater und Gynäkologe, Zahnarzt und Gesundheitsbehörden Erfordernis.

Résumé

1° En collaboration avec M. le Dr. *Th. de Fellenberg*, du Service fédéral de l'hygiène publique, environ 1200 dents, saines et cariées, d'espèces et d'âge différents, provenant d'autochtones originaires de presque toutes les régions de la Suisse, y compris quelques régions étrangères, ont été examinées au point de vue analytique, en 1946—1948, pour y déterminer leur teneur en fluor, un élément-trace. Nous avons exposé les relations qui se déduisent de la teneur

en fluor de l'eau potable, des sols et des aliments d'origine végétale ou animale qui y ont poussé ou s'y sont développé, et la teneur en fluor de la dent, d'une part, avec la résistance à la carie, d'autre part.

2⁰ La teneur en fluor de la cendre des dents sur tout le Plateau (campagne et villes), qui est généralement faible (3—7 mg⁰/₀), est comparée avec la carte de répartition de la carie chez la jeunesse scolaire suisse, établie par *Brodtbeck* en 1917, également avec une carte plus récente (1939—1945), et enfin avec des travaux ultérieurs de statistique sur la carie en Suisse. L'on a établi que la carie est encore très fréquente sur le Plateau, malgré le développement de la notion de l'hygiène dentaire, l'augmentation du nombre des dentistes et l'introduction des soins dentaires à l'école. On a aussi trouvé que le Plateau ne dispose le plus souvent que d'eau potable pauvre en fluor (rarement plus de 0,1 mg. par l.). Dans les vallées des Préalpes, où avec le temps la carie s'est développée, on note qu'en descendant les vallées la teneur des dents en fluor s'abaisse alors que les cas de carie augmentent. Dans les régions pauvres en fluor on note que la teneur des dents en fluor augmente lentement avec l'âge mais qu'elle n'atteint même pas les valeurs que l'on observe dans les jeunes dents (enfance: 12—15 mg⁰/₀) des régions riches en fluor. Les basses teneurs en fluor de la dent marchent de pair avec celles de la feuille du Leontodon taraxacum, utilisé comme objet de comparaison écologique.

3⁰ Les régions riches en fluor, où l'on trouve une teneur élevée en cet élément dans les dents et l'eau potable, sont rares en Suisse. Celles que nous avons pu trouver jusqu'à aujourd'hui sont Kaisten, Asp, Densbüren, dans le Jura argovien, Scuol, Müstair et Poschiavo, dans les Alpes. A Stabio, au Tessin, se trouve la source Pancrace dont l'eau minérale, qui contient 7,4 mg. de Fluor par litre, est responsable pour la teneur en Fluor plus élevée des dents de cette localité, teneur qui va jusqu'à 57 mg⁰/₀. Dans les localités mentionnées à-dessus, qui s'alimentent en eau potable contenant du fluor, la teneur des dents en cet élément peut s'élever jusqu'à 150 mg⁰/₀ et plus. Avec l'âge la teneur en fluor de la dent augmente et passe de 10—30 mg⁰/₀ dans l'enfance à 150 mg⁰/₀ et au-delà. Une zone riche en fluor s'étend en amont et en aval de Chippis, dans le Valais, par suite de la présence d'une industrie de l'aluminium basée sur l'emploi de cryolithe. Des localités de la vallée de Conches, qui présentent une plus grande fréquence de carie, montrent de plus faibles teneurs de la dent en fluor. Dans la Basse-Engadine, à Scuol, où les dents ont une teneur en fluor qui va jusqu'à 80 mg⁰/₀, la fréquence de la carie est faible, alors que à Sent, une localité voisine, où l'eau potable est plus pauvre en fluor et où l'on trouve moins de fluor dans les dents, le nombre de cas de carie est considérable.

4⁰ A part la région de Chippis il n'y a qu'un nombre extrêmement limité d'endroits où l'on rencontre des dents riches en fluor. Il en est de même pour l'eau potable et la pour la feuille de la dent de lion (Leontodon taraxacum). Ces

endroits se rattachent pour la plupart, géologiquement parlant, au Trias; ceci est aussi le cas de la source d'eau minérale la plus riche en fluor de notre pays, la source Pancrace, à Stabio. Très rarement on a trouvé l'émail tacheté.

5⁰ La dent qui contient du fluor est extrêmement dure et sa couleur est jaune-bleuâtre. Elle est, tout particulièrement dans la jeunesse, résistante à la carie. Chez les adultes, à Kaisten, les résultats sont moins bons car l'influence de la nourriture se fait sentir. La résistance est le mieux garantie par de bons soins dentaires.

6⁰ L'introduction principale du fluor dans la dent se fait par la voie sanguine, car les dents extraites à l'état de germe contiennent environ autant de fluor que des dents entièrement formées. La racine contient en moyenne le double de fluor de la couronne. La partie externe de l'émail est plus riche en fluor que sa partie interne. La dentine et le ciment sont plus riches en fluor que l'émail, d'où découle le fait paradoxal que l'on trouve dans des cendres d'une dent cariée une teneur en fluor plus élevée. A partir de faibles quantités de fluor qui lui sont fournies la dent ne réussit pas à accumuler de gros dépôts en cet élément. Par contre une quantité élevée en fluor, accumulée pendant la jeunesse, reste pour toute la vie et encourage la résistance à la carie. En médecine légale la teneur des dents en fluor peut donner une indication sur le lieu d'origine de leur porteur. Le fluor q ui est venu se fixer dans la partie organique de l'émail passe toujours rapidement dans sa partie inorganique où, pour la plus grande partie, il reste fixé. Parmi les aliments riches en fluor qui, consommés fréquemment, peuvent élever la teneur des dents en cet élément, et ceci aussi dans des régions pauvres en fluor, il y a par exemple les poissons, les bettes (côtes), le persil et les pommes de terre non pelées. Les céréales ne contiennent que peu de fluor; c'est le millet qui en contient le plus.

7⁰ Du point de vue histologique la dent qui contient du fluor présente un fort dépôt de dentine, une cavité pulpaire rétrécie et chez des exemplaires plus âgés une oblitération du foramen apicale.

8⁰ La teneur en fluor des dents peut être augmentée dans la jeunesse par ingestion (donc par la voie stomachale) de médicaments appropriés, dont l'effet peut être particulièrement renforcé par ingestion simultanée de calcium et de vitamines.

9⁰ Pulvérisé, l'émail absorbe avidement le fluor d'une solution de fluorure de sodium, in vitro. Une absorption encore plus grande peut être obtenue par traitement préalable avec une solution de sulfocyanure de potassium. Déjà au bout d'une demi-heure l'absorption fait place à une combinaison chimique (fluor-apatite). Sur des dents entières et des germes de dents, dont la racine a été isolée par de la cire ou un vernis, l'enrichissement en fluor se fait dans la direction de la racine, tout particulièrement dans les extrêmités des jeunes racines, et celà jusqu'à environ 500 mg⁰/₀. Une plus petite partie du fluor se

déplace dans la dentine. L'absorption du fluor par l'émail, à partir d'une solution à 2 % de fluorure de sodium, est facilitée si l'on traite ce dernier par une solution de sulfocyanure de potassium à 0,5 %. Le KCNS fait gonfler d'une part, et diminue la dureté de la substance organique de l'émail, d'autre part. Si la substance organique a été fixée à l'alcool ou à la formaline, l'accroissement de la perméabilité dû au KCNS n'a plus lieu.

10° La marche du fluor dans une dent jeune se fait le long de la route de minéralisation ontogénétique marquée par les bandes transversales des prismes de l'émail et les bandes de *Retzius*. La quantité de matière organique, de la dent jeune, arrangée en forme de grille, a été rencontrée en quantités plus considérables qu'on ne l'avait considéré jusqu'ici.

11° L'emploi clinique de badigeonnages, répétés 7 à 8 fois, avec une solution KCNS à 0,5 %, pendant 20 minutes, suivis aussitôt de badigeonnages, de durée égale, avec une solution de NaF à 2 % ne produit pas de coloration de l'émail. Les taches crayeuses jaunissent après quelque temps. Après badigeonnage la teneur en fluor monte de 1 à 5 mg%. Nous n'avons trouvé aucune augmentation mesurable après emploi de pâtes dentifrices contenant du fluor.

12° L'action favorable de ces badigeonnages, quant à la réduction des cas de carie, a été constatée dans le 30 % des 1000 cas examinés. Lorsqu'il s'agit de la surface masticatoire de molaires brisées l'imprégnation par une solution de nitrate d'argent, de concentration allant jusqu'à 50 %, est à préférer au traitement par le fluor.

13° Les dosages de la substance organique de l'émail ont donné des valeurs différentes suivant la méthode utilisée. La calcination indique 4—4,5 % de substance organique, alors que la destruction par l'acide chromique en donne 1,7—1,8 % et le dosage de l'azote 1,4—1,7 %. Ces différences proviennent de ce que la dent contient 5—6 % de carbonate de calcium. La dentine contient également de $CaCO_3$.

14° Il est prouvé qu'une certaine quantité de fluor, allant jusqu'à un optimum, empêche ou réduit la carie. Nous savons également où se trouve la limite toxique. Il en découle que nous proposons de tirer la conséquence pratique de nos connaissances, en vue d'une prophylaxie de la carie. Considérant la grande importance de l'élément-trace fluor pour la qualité des dents et pour l'édification des os, d'une part, et la pauvreté générale en fluor sur notre Plateau, d'autre part, une application du fluor dans la pratique doit être examinée. Cette question requiert, pour sa solution, la collaboration intime du chimiste, du pédiâtre, du gynécologue, du dentiste et des autorités sanitaires.

Literatur

1) *U. Andresen:* Über Mineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes. DMfZ. 1921, 4/14.
2) *W. Bellinger:* The dental implications of fluorine. A review of the literature. J.A.D.A. 1947, 34, 11, 719.
3) *B. Bibby:* Use of fluorine in prevention of dental caries. J.A.D.A. 1947, 34, 1, 26.
4) *B. Bibby:* Fluorine in oral Hygiene. Dental items of interest, 1946, 7.
Le fluor dans les dentifrices; Médecine et Hygiène 1947, 90, 14, zitiert nach Dental items of interest 1946, 7.
5) *J. Bodingbauer:* Vergl. Betrachtung über das Vorkommen der Karies beim Menschen und beim Hunde. Z. f. Stom. 1947, 8, 333.
6) *E. Brandenberger:* Der Aufbau pflanzlicher, tierischer und menschlicher Verkalkungen im Lichte der röntgenographischen Kristalluntersuchungen. Vjschr. der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, 1945, 50, 4, 250.
7) *A. Brodtbeck:* Die Verbreitung der Zahnfäule bei der schweizerischen Schuljugend und ihre Bekämpfung. Mitt. der thurg. naturforsch. Ges., 1917, 22.
8) *U. Brunner:* Über Zähne und Kiefer von Zwergen. SMfZ. 1946, 56, 8, 763.
9) *Brupbacher-Bircher:* Wendepunkt-Kochbuch, 8. Aufl. 1930, Zürich.
10) *H. Dean:* Domestic water and dental caries. Publ. Health Rep. 1942, 57, 1155.
11) *C. Deatherage:* Fluorid domestic waters and dental caries experience in 2026 white Illinois selective service men. J. Dent. Res. 1946, 25, 207.
12) *Ehrensberger* und *Gysi:* Über künstlich erzeugte car. inc. des Schmelzes und die Remineralisationsmöglichk. der natürlich entstandenen car. inc. SMfZ. 1930, 40, 3, 113.
13) *A. Engelberger:* Unters. über Zahnkaries und Kropf unter der Schuljugend des Kantons Nidwalden. Diss. 1944, Basel.
14) *H. Eskola:* Kristalle und Gesteine. 1946, Springer, Wien.
15) *H. Euler:* Die Anomalien, Fehlbildungen und Verstümmelungen der menschlichen Zähne. 1939, I. F. Lehmann, München.
16) *Th. v. Fellenberg:* Besteht ein Zusammenhang zwischen Fluorgehalt des Trinkwassers und Kropf ? Mitt. aus dem Gebiet der Lebensmittelunters. und Hygiene, veröffentlicht vom Eidg. Gesundheitsamt. 1938, 29, 4/5, 276; Bestimmung organischer Stoffe durch Chromsäureoxydation, Mitt. Le. Hyg. **18**, 290 (1927).
17) *L. Fosdick:* A correlation of some facts concerning the etiology and control of dental caries. J. Canadian D. A. 1943, 9, 8, 359.
18) *T. Graber:* Local factors in dental caries. A critical review of the literature. J.A.D.A. 1947, 35, 2, 92.
19) *M. Gross:* Observations sur l'absorption in vitro du fluor par les dents. SMfZ. 1946, 56, 9, 809.
20) *Gysi-Nishimura:* Histologische Untersuchungen über die Anfänge der Zahnkaries, speziell des Schmelzes. SMfZ. 1926, 36, 8.
21) *E. Hager:* Handbuch der pharmazeutischen Praxis. I, 1930, Springer, Berlin.
22) *C. Hägler:* Zahnuntersuchungen in der Talgemeinde Tavetsch. Arch. der Jul. Klausstiftung, 1943, 28, 710.
23) Handbook of nutrition, American medical association, 1943, 23, Chicago.
24) *Hardgrove* und *Bull:* Fluorine and the decidious teeth. J.A.D.A. 1947, 34, 11, 32.
25) *A. Held:* Structure microscopique de l'organe dentaire. 1947, Roth, Lausanne.

[26]) *W. Hess:* Zur Frage der Replantation von Zahnkeimen. SMfZ. 1943, 53, 7, 672.
[27]) *R. Hill:* Fluorine and hyperest. of dentine. Dental survey, 1946, 10.
[28]) *R. Hotz:* Probleme und Problematik der Zahnheilkunde, Praxis, 1947, 11, 2.
[29]) *W. Jadassohn:* Zahnkaries und Pubertät. SMfZ. 1945, 55, 8, 703.
[30]) *R. Jeanneret:* Über den gefleckten Schmelz. SMfZ. 1941, 51, 6, 456.
[31]) *B. Klingele:* Zustand und Behandlung der Zähne bei den Schweizer Rekruten in den Jahren 1925—34. SMfZ. 1944, 54, 10, 741.
[32]) *J. Knutson:* Effect of topically applied fluoride in dental caries. Publ. Health Rep. 1946, 61, 47, 1683.
[33]) *Kovaliv* und *Held:* Influence du fluor sur la résistance de l'émail dentaire. SMfZ. 1947, 57, 205.
[34]) *C. Lauener:* Über die Beziehungen der Kariesfrequenz zum Erdsalzgehalt des Trinkwassers. SMfZ. 1930, 40, 8, 441.
[35]) *L. Lebet:* Variations des relations alvéolo-cémentaires. SMfZ. 1947, 57, 12, 955.
[36]) *Lenhossek* und *Mummery*, zitiert nach E. Heinrich: Biologische Therapie in der Zahnheilkunde, 1935, Berlin.
[37]) *C. Leimgruber:* Kariesprophylaxe. Das Schmelzprisma. SMfZ. 1945, 55, 12, 1003, 1054.
Der Mechanismus der normalen Schmelzreifung. SMfZ. 1946, 56, 6, 584.
Weiteres über den Mechanismus der Fluorwirkung: SMfZ. 6948, 58, 1, 16.
[38]) *F. Leuthardt:* Das Problem der Spurenelemente. Ärztl. Mh. 1945, 26.
[39]) *G. Mahé:* Un tournant dans la question du fluor. Inf. dent. 1947, 2, 6, 138.
[40]) *E. Neumann:* Dental caries. Lancet. 1947, 6, 806.
[41]) *F. Piguet:* Dents et fluor. Méd. et Hyg. 1947, 101, 226.
[42]) *S. Pillai:* The mottled condition of human teeth endemic in a certain locality of Nagercoil in Travancore, S. India. Ind. med. Gaz. 1938, 408. Chem. Abstr. 1938, 32, 9244.
[43]) *W. Proell:* Klima und Zivilisation in ihrer Auswirkung auf Körper und Zähne. 1934, Berlin.
[44]) *M. Pünter:* Über das Rhodan, das Ptyalin und die Wasserstoffionenkonz. bei Gesunden und Kranken. 1933, Diss. Zürich.
[45]) *H. Ringger:* Statistische Angaben über die zahnärztlichen Untersuchungen zürcherischer Schulkinder in Gemeinden, die bis 1942 keinen schulzahnärztlichen Dienst eingeführt hatten. Publ. der Schw. Zentr. für soz. Schul- und Volkszahnpflege. 1947, 10.
[46]) *A. Roos:* Die Zahnkaries der Gomserkinder. SMfZ. 1937, 47, 4.
[47]) *B. Roos:* Über die Karies des Milchgebisses bei Kleinkindern. Acta paed. 1944, 31, 296, Lund.
[48]) *J. Roseberry:* About organic component in human teeth. 1931, 90, 395.
[49]) *L. Sandoz:* Disc. de la ration alimentaire en temps de guerre. SMfZ. 1941, 51, 7, 548.
[50]) *H. Scherrer:* Die Verbreitung der Zahnkaries der Schulkinder von Appenzell A. Rh., 1940, Diss., Basel.
[51]) *O. Schlaginhaufen:* Aus den Ergebnissen der anthrop. Untersuchungen an den schweiz. Stellungspflichtigen. Arch. der Jul. Klausstiftung. 1946, 21, 3/4, 411.
[52]) *H. Schmid:* Fluorgehalt des menschlichen Zahns — Kariesresistenz. SMfZ. 1947, 57, 8, 649.

[53]) *H. J. Schmidt:* Die Notwendigkeit, zahnärztlich-statistisch sichere Aussagen zu gewinnen und ihre Mittel. SMfZ. 1938, 48, 12, 1300.
[54]) *P. Schmuziger:* Die normale und gestörte Zahnentwicklung. Ärztl. Mh. 1945, 1, 71.
Schmuziger, Hotz und *Schmid:* La thérapie par extration. La Revue Odontologique, 1948, 70, 4.
[55]) *R. Schwarz:* Veränd. der Kiefer bei Gefangenschaftstieren. SMfZ. 1945, 55, 3, 232.
[56]) *M. Siegfried:* Unters. über die Zahnkaries im Freiamt. SMfZ. 1939, 49, 11.
[57]) *R. Söllner:* Index thérap. de méd. dent. Lausanne, 1940.
[58]) *Staf, Koojmans, van Ijssel:* Onderzoek naar de aanwezigheid van fluor in het water in Nederland. Water, 1937, 21, 102.
[59]) *H. Staub:* Aus den Akten eines Militärzahnarztes. SMfZ. 1922, 32, 1, 24.
[60]) *H. Truttwin:* Grundriss der kosm. Chemie. 1930, Braunschweig.
[61]) *H. Wanner:* Die Nährsalzaufnahme der Pflanze. 1947, 12. Sitzungsbericht der Zürch. naturforsch. Gesellschaft.
[62]) *J. H. Wespi:* Salz und Brot als Träger zusätzlicher Nahrungsstoffe. Schw. med. Wschr. 1948, 78, 7, 153.
[63]) *H. Westin:* C-Hypovitaminose. Odont. Tidskr. 1938, 3, 175.

A propos de l'analyse bactériologique quantitative des eaux et des coefficients d'incubation

par *Emile Novel*
Chef du Service cantonal d'analyses bactériologiques
Institut d'Hygiène (Genève)

Selon les données actuelles du «Manuel suisse des denrées alimentaires» la numération des germes, en vue du dénombrement total des microorganismes présents dans une eau, se fait dans la règle, le cinquième jour. «Cependant, peut-on lire (p. 220), lorsqu'il s'agit d'une culture sur gélatine, il est nécessaire de faire la numération des germes dans un laps de temps plus court. Dans tous les cas, on mentionnera dans le rapport le temps de séjour à l'étuve.»

Or, on le conçoit, il n'est pas indifférent quant à l'exactitude des résultats, d'effectuer le dénombrement des germes, le troisième, le quatrième ou le cinquième jour. Il s'en faut de beaucoup.

On sait, et nous l'avons montré expérimentalement dans une de nos publications antérieures, que pour un matériel polymicrobien tel que l'eau, il faut une incubation de 13—15 jours pour que tous les germes forment une colonie macroscopiquement visible.