ETH zürich

ETH Library

Experimentelle Untersuchungen über die antiseptische Wirkung von Zahnzementen

Doctoral Thesis

Author(s):
Müller, Fritz

Publication date:
1931

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000099031

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Experimentelle Untersuchungen
über die
antiseptische Wirkung von Zahnzementen.

Von der

Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

zur Erlangung der

Würde eines Doktors der Naturwissenschaften

genehmigte

Promotionsarbeit

vorgelegt von

FRITZ MÜLLER, dipl. Apotheker
aus **Kreuzlingen**

Referent: Herr Prof. Dr. v. Gonzenbach
Korreferent: Herr Prof. Dr. Eder

No. 660

ZÜRICH ∞ 1931
Buchdruckerei Müller & Menzi

Leer - Vide - Empty

MEINEN LIEBEN ELTERN
UND
MEINER LIEBEN FRAU
GEWIDMET

Leer - Vide - Empty

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Einleitung	7
Experimenteller Teil	15
1) Vorversuche	16
2) Hauptversuche	19
a) plastische Zemente	24
b) harte Zemente	26
c) polierte und abgeschliffene Zemente	46
d) gewässerte Zemente	56
3) Versuche mit Agar von verschiedenem p_H	57
4) Versuche mit Speichelagar	67
5) Desinfektionsversuche	69
6) Einfluß des Auswaschens einiger Silikatzemente bezw. ihrer Antiseptica	80
7) Prüfung der Veränderlichkeit der Silikatzemente	81
8) Nachprüfung der antiseptischen Wirksamkeit von gelagerten Zementen	83
9) Anhang	89

Leer - Vide - Empty

Einleitung.

Im Jahre 1893 machte der Zürcher Biologe Naegeli [1]) die Beobachtung, daß Mikroorganismen durch Wasser, welches in silbernen oder kupfernen Gefäßen einige Zeit aufbewahrt worden war, abgetötet wurden. Eine Erklärung hiefür konnte Naegeli nicht geben, da er in solchem Wasser kein gelöstes Metall nachweisen konnte. Er belegte dieses Phänomen mit dem Namen Oligodynamie. Auf Grund zahlreicher Forschungsarbeiten hinsichtlich oligodynamischer Wirksamkeit von Metallen, die nach Naegeli ausgeführt wurden, ist heute wohl als sicher anzunehmen, daß kleinste Mengen dieser Metalle in Lösung gehen und als Metallsalze bezw. Metallionen auf Bakterien wirken. Daß tatsächlich Metall in Lösung geht, bewies Krause, [2]) der in Wasser, welches er durch Silber oligodynamisch gemacht hatte, solches mittelst des Pregl'schen Mikroverfahrens nachweisen konnte. Die von ihm nachgewiesene Menge Silber betrug 15 γ per Liter. Auch für Kupfer*) und Quecksilber,**) welche für praktisch unlöslich gelten, konnte gezeigt werden, daß sie in Wasser in solchem Maße löslich sind, daß sie chemisch nachgewiesen werden können und daß allgemein die oligodynamische Wirksamkeit von Metallen ihren Löslichkeitsverhältnissen parallel geht. Auch Dörr [27]) konnte für Silber zeigen, daß die bakteriziden Kräfte des durch Silber aktivierten Wassers der Löslichkeit des Metalles parallel gehen. Solches oligodynamisches Wasser konnte er durch Cyankalium unwirksam machen, wobei die zellschädigenden Ag-Jonen in unwirksames $Ag(CN)_2''$ übergeführt wurden.

Aehnliche Befunde in Bezug auf Größenordnung von gelösten, wirksamen Substanzen machte man auch gerade an biologischen Objekten, wobei man fand, daß z. B. Aminosäuren in der Menge von $12\,^1/_2$—$13\,^1/_2$ γ pro Liter die Protoplasmaströmung in pflanzlichen Zellen noch deutlich hemmen, ferner die Wirkung von Vitaminen in minimalsten Mengen, oder die Wirksamkeit von

*) Kupfer kann mittelst der Pagenstecher-Reaktion (Oxydase Reagens.) leicht nachgewiesen werden. (Biochem Z. 166).

**) Quecksilber ist nach der Stock'schen Bestimmungsmethode leicht nachweisbar. (Zeitschrift für angew. Chemie Nr. 15, 1926).

Adrenalin in einer Verdünnung 1 : 10 [18]. Durch viele ähnliche Beobachtungen hat man sich auch die oligodynamische Wirkung von eben nachweisbaren Mengen von Metallen erklären können.

Daß aus dem Metalle allerfeinste Teilchen in Lösung gehen, geht auch daraus hervor, daß metallene Kupferplättchen, wenn sie auf Agar gelegt werden, diesen nach einiger Zeit verfärben und allmählich ihre Wirksamkeit einbüßen.

Während man bis anhin die oligodynamische Wirkung als reine Ionenwirkung aufgefaßt hatte, schrieb Herzberg [3]) die Wachstumshemmung bezw. Abtötung dem an den Ionen verdichteten Sauerstoff zu. Die oligodynamische Wirkung von Metallen zerlegte er in zwei Teilvorgänge, nämlich in eine Metallgift- und in eine Sauerstoffwirkung. Die Oligodynamie kommt nach erfolgter Adsorption der Metallionen an die Zellwand nur bei Sauerstoffgegenwart zustande, wobei die Metallionen die Wirkung nur vermitteln. Je nach Metall ist das Sauerstoffverdichtungsvermögen verschieden und ist z. B. für Silber ein starkes, für Quecksilber und Kupfer ein schwaches. Die durch Sauerstoffverdichtung ausgelösten Prozesse beruhen nach Herzberg auf direkten Oxydationen oder Dehydrierungen.

Die oligodynamische Wirksamkeit der Metalle bezw. Metallsalze hat in der Praxis verschiedene Anwendungen gefunden. Erwähnt sei nur die Sterilisation von Wasser, von Lebensmitteln, welche z. B. roh genossen werden (Gemüse), ferner die Verwendung zu Medikamenten, vor allem des von Krause hergestellten Katadynsilbers. Als weitere Anwendungsmöglichkeit wäre zu nennen die Verwendung zu Zahnfüllmaterialien, wo eine antiseptische Dauerwirkung (Depôt) gewünscht wird. Als Metall kommt hier vor allem Kupfer in Form von Oxyd, Oxydul, Jodid, Silikat etc. in Frage, da diese Verbindungen den Zahnzementen (Phosphatzemente) nebst einer gewissen bakteriziden Eigenschaft auch eine gute Klebkraft verleihen. Auch Silber in Form von Silberphosphat findet hiezu Verwendung. In neuerer Zeit werden auch Silikatzemente antiseptisch gemacht durch Zugabe von Quecksilberverbindungen sowohl in anorganischer als auch in organischer Form. Solche antiseptische Zemente haben vor andern den Vorteil, daß sie Keime, die vielleicht in der Kavität zurückgeblieben sind, (das Operationsgebiet ist durch Speichel, durch Exspiration bezw. Inspiration etc. stets gefährdet) abtöten oder im

Wachstum hemmen. Antiseptische Zemente verdienen daher gerade beim Befestigen von Kronen, Brücken und Facetten als auch zum Füllen von Milchzähnen und Zähnen von Erwachsenen den Vorzug, da sie auch bei fehlender Asepsis, kraft der oligodynamischen Wirkung die Gefahr einer Infektion und der durch sie bedingten sekundären Karies ausschalten. Die Wahl von Quecksilberverbindungen als antiseptische Zusätze gibt vom Giftgefährdungsstandpunkt aus zu keiner Befürchtung Anlaß. 1926 hat zwar Stock[4]) auf die Gefahr einer Quecksilbervergiftung hingewiesen, welcher alle Träger von Amalgamfüllungen durch die stete Abgabe von Quecksilber ausgesetzt seien. Daraufhin wurde hauptsächlich durch Zahnärzte hervorgehoben, daß gerade in Städten, wo ein großer Teil der Bevölkerung Amalgamfüllungen trägt, Quecksilbervergiftungszustände kaum je beobachtet werden.

Demgegenüber wies in neuester Zeit Zangger[5]) daraufhin, daß vielfach übersehen werde, daß gerade bei empfindlichen Personen mit fein differenzierten nervösen Reaktionen sich störende Vorsymptome bemerkbar machen, ohne die groben und typischen Symptome einer Quecksilbervergiftung überhaupt einmal zu zeigen.

Auch Stock berichtet von einigen schleichenden Quecksilbervergiftungen durch Amalgamfüllungen, nach deren Entfernung langsame Genesung eintrat.

Betrachten wir die Quecksilbermengen, die sich in unsern antiseptischen Silikatzementen befinden, mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Vergiftung, so kommen wir zum Schluß, daß diese Mengen, auch wenn wir an eine weitgehende Auslaugung dieser Antiseptica denken, ganz außerordentlich viel geringer sind, wie die den Amalgamfüllungen zur Last gelegten Quantitäten, von den häufig therapeutisch verwendeten Quecksilbersalzen gar nicht zu reden.

In vorliegender Arbeit haben wir die Bakterizidie von Phosphat- und Silikatzementen untersucht. In der Literatur sind diesbezüglich nur wenige Angaben zu finden. Miller,[6]) der sich wohl als erster näher mit den Zahnfüllmitteln beschäftigte, verlangte von einem idealen Zahnfüllungsmaterial wenigstens im frischen Zustande eine leichte antiseptische Wirkung. Er fand Kupferamalgam als das einzige Füllungsmaterial, das eine anhaltend antiseptische Wirkung besitzt. Selbst jahrelang im Munde gelegene Kupferamalgamfüllungen und auch Zahnstücke, welche einmal

Kupferamalgam getragen hatten, zeigten gegenüber Bakterien entwicklungshemmende Wirkung. Zinkoxychloridzemente zeigten nach Miller nur in frischem Zustand eine antiseptische Wirkung. Erhärtete Zinkoxychloridzemente zeigten keine antiseptische Kraft. Frische Phosphatzemente waren nur schwach, alte Füllungen hingegen gar nicht wirksam. Hattyasy [7]) machte Versuche am Zahn selbst. Er füllte Zahnkavitäten mit verschiedenen Füllungsmaterialien. Nach sechs Monaten entfernte er die Füllungen aus den Zähnen, entnahm dem Boden der Kavität einige Dentinschabsel und untersuchte diese bakteriologisch. In einer Reihe von Versuchen kam er zum Schluß, daß kein Füllungsmaterial imstande war, sterile Verhältnisse in der Kavität zu schaffen außer Kupferamalgam. Aehnliche Versuche machten Hove und Hatsch [8]), um die Notwendigkeit der antiseptischen Zemente zu zeigen in Fällen, wo das kariöse Dentin aus den Kavitäten nicht entfernt wird. Sie füllten Zahnkavitäten mit sog. trägen und leicht antiseptischen Füllungsmaterialien. Nach 6 Wochen bis 3 Monaten wurden die Füllungen entfernt und das unterliegende kariöse Dentin bakteriologisch geprüft. In ungefähr 27 Fällen, bei welchen sog. träge Füllungen verwendet wurden, fanden sie, daß 10 Fälle unter aeroben Bedingungen kein Bakterienwachstum ergaben. In allen Fällen fanden sie Wachstum unter anaeroben Verhältnissen. Rohrer [9]) prüfte ebenfalls einige Füllungsmaterialien auf ihre Desinfektionskraft, indem er als Testmaterial eine Aufschwemmung des Inhaltes von putriden Wurzelkanälen und putriden Wurzeln verwendete. Je nach der Desinfektionskraft des Zementes fiel die Breite des sog. „sterilen“ Hofes auf den Agarplatten aus. Rohrer fand folgende Werte:

1. Silikat (Havardid, Ascher)	10 mm
2. Fletschers Dentinersatz	3 mm
3. Phosphatzement (Harvard)	2—3 mm
4. Zinkoxydeugenol	1—2 mm
5. Guttapercha	nicht bakterizid
6. Kupferamalgam	6—7 mm
7. Gold kohäsiv	2 mm
8. Gold non kohäsiv	2 mm
9. Silberamalgam	1 mm

Eisfeld [10]) prüfte Kupferzemente, dann auch gewöhnliche Phosphatzemente, welchen er das einemal Antiseptica wie Eucupinbihydrochlorium, Eucupinotoxin-hydrochloricum, Vuzin-bihydrochloricum, Vuzinotoxinhydrochloricum der Bindeflüssigkeit, das anderemal in Substanz dem Pulver zusetzte. In spätern Versuchen verwendete er auch Trypaflavin und Rivanol. Hinsichtlich bakterizider Wirksamkeit stand Trypaflavin stets an erster Stelle, dann folgte Eucupinzement, Vuzin- und Rivanolzement. Poetschke, welcher einige Kupferzemente untersuchte, fand für diese „sterile" Randzonen von 6 bis 8 mm Breite. In eingehenden Untersuchungen machte Poetschke [18]) den Versuch, die Desinfektionskraft einiger Zemente quantitativ zu bestimmen. Er kam zu folgenden Resultaten, die nach seinen eigenen Tabellen wiedergegeben sein mögen.

Tabelle (siehe nächste Seite).

Mit diesen aufgeführten Autoren ist die Literatur hinsichtlich Versuche über Desinfektionswirkung von Zahnfüllmaterialien erschöpft. Eine Uebereinstimmung der Prüfungsergebnisse zeigte sich jedoch nicht, da die Prüfungsmethoden sehr verschieden waren und auch die verschiedene chemische Beschaffenheit der verwendeten Zemente stets Unterschiede in der Desinfektionswirkung zur Folge hatte.

Zunehmende Löslichkeit eines Zementes hat eine Zunahme der antiseptischen Wirkung zur Folge. Daraus ergibt sich, daß von zwei Zementen, welche dasselbe Antisepticum enthalten, der leichter löslichere Zement die größere antiseptische Wirkung zeigen wird. Umgekehrt wird von zwei Zementen von der gleichen Löslichkeit derjenige die größere antiseptische Wirkung haben, welcher das stärkere Antisepticum enthält. Für die Praxis wird also der beste Zement derjenige sein, welcher das Maximum an antiseptischer Kraft und das Minimum an Löslichkeit zeigt.

Nach Analysen von Apfelstaedt [12]), Bruck [13]), Fenchel [14]), Dubois [15]) etc. bestehen die Phosphatzementpulver vorwiegend aus Zinkoxyd, und enthalten event. als Beimischung Magnesiumoxyd (MgO), Bi_2O_3, CaO, Al_2O_3, SiO_2; die Zementflüssigkeiten enthalten als wesentlichen Bestandteil H_3PO_4, als sekundäre Bestandteile $H_4P_2O_7$, Al_2O_3, ZnO, MgO; als seltene Bestandteile werden angegeben CaO und SiO_2. — Für die Silikatzementpulver ergab die Analyse als wesentliche Bestandteile Sili-

Prüfung der antiseptischen Wirksamkeit von verschiedenen Zementen nach verschieden langen Kontaktzeiten.

Serie 6:

	Zahl der lebenden Bakterien pro cm³				Antisept. wirkung in % nach einer Kontaktzeit von		
	Unmittelbar vor der Zugabe von 1 gr. Zement	Nach Kontakt von 5 Minten	15 Minuten	1 Stunde	5 Min.	15 Min.	1 Std.
Smith's White Copper Cement	9000000	11000000	3000000	1500000	0	66,6	83,3
Caulk's White Copper Cement	10000000	360000	100	0	96,3	99,9	100
Caulk's Red Copper Cement	7000000	200000	0	0	97,1	100	100
Ames' New Process Oxyphosphate of Copper Cement	10000000	400000	0	0	96,0	100	100
Decido Copper Cement	10000000	9000000	400000	200000	10,0	96,0	98,0
Fellowship Oxyphosphate of Copper Cement	7000000	7000000	250000	200000	0	96,4	97,1

kate von Aluminium, Kalzium, Beryllium, Magnesium. Die Flüssigkeit besteht im wesentlichen wiederum aus Orthophosphorsäure, welcher sehr oft Meta- und Pyrophosphorsäure zugesetzt ist. In wechselnden Mengen sind in der Flüssigkeit gelöst Aluminiumoxyd oder Aluminiumphosphat, event. auch Kieselsäure in kolloidaler Form.

Den Erstarrungsvorgang, der sofort nach dem Vermischen von Zementpulver und Flüssigkeit eintritt, erklärt sich Steenbock [16]) für die Phosphatzemente wie folgt: „Das Gemenge von Oxyden, vorwiegend Zinkoxyd, geht beim Vermischen mit einer Lösung der Phosphorsäure und ihrer sauren Salze zum Teil in Lösung unter Bildung von Phosphaten (ob basische vorliegen ist nicht erwiesen aber wahrscheinlich) die sich wasserhaltig abscheidend, die Reste der Pulverkörner verkitten. — Bei den Silikatzementen geht die Pulversubstanz beim Mischen in Lösung, das gelöste wird von der Phosphorsäure gespalten, das gebildete Phosphat und die abgespaltene Kieselsäure scheiden sich unter Wasserbindung aus und umkleiden und verkitten die Pulverreste. Da die Säure nicht auf freie Basis, sondern auf Verbindungen, die erst gespalten werden müssen, trifft, liegt hier auch eine Erschwerung der Säureabbindung vor. Die durch die Säure abgeschiedenen Stoffe sind amorph und kolloide Gele. Sie halten durch ihre sehr große spezifische Oberfläche die reaktiven Komponenten durch Adsorption zurück und unterbinden deren Diffusion.“ Darin liegt auch der Grund, warum Silikatzemente viel länger weich bleiben als Phosphatzemente. Phosphatzemente stellen aber Körper von geringerer Härte und Festigkeit und merklicher Löslichkeit dar, während die Silikatzemente nach vollständiger Erhärtung solche von großer Dichtigkeit und chemischer Haltbarkeit darstellen.

Wir stellten uns für unsere eigenen Versuche zur Aufgabe, diese ganze Frage der antiseptischen Wirkung der Zemente in ihren verschiedenen Zuständen gegenüber verschiedenen Kulturbakterien und Bakteriengesellschaften (Mundflora, Granulomflora) eingehender experimentell anzugehen. Dabei haben wir insbesonders auch unser Augenmerk auf Anaerobier gerichtet, die vor allem in praxi bei Sekundärerscheinungen an plombierten Zähnen und insbesonders bei Wurzelfüllungen die wesentlichste Rolle spielen. Es interessierte uns auch, die Dauerhaftigkeit der antiseptischen Wirkung, also die antiseptische Depôtfähigkeit zu prü-

fen, wobei wir nebenbei uns an die Forderung der Praxis haltend auch nicht unterließen, das äußere Aussehen der Zemente und ihr eventuelles Verfärbungsverhalten unter ungünstigen äußeren Bedingungen zu untersuchen. Auf diese Weise strebten wir darnach, womöglich die Gesichtspunkte herauszuarbeiten, nach denen ein Füllungsmaterial von Zementcharakter geprüft bezw. die für die Anforderungen an einen optimalen Zahnzement maßgebend sein sollen.

Für die uns zur Verfügung gestellten Materialien, die zumeist aus den eigenen Fabrikationslaboratorien stammen, sind wir den Herren Gebr. De Trey A.-G., Zürich zu großem Dank verpflichtet.

Experimenteller Teil.

Zweck unserer Untersuchungen war zunächst, die Bakterizidie einiger gebräuchlicher Zahnzemente des weitern zu studieren. Zur Untersuchung gelangten im ganzen 7 Handelsmuster, wovon 3 Phosphatzemente, 2 Phosphat-Silikatzemente und 2 Silikatzemente waren. Anschließend untersuchten wir 10 Zementmuster eines Silikatzementes, welchem jedesmal ein anderes Antiseptikum zugesetzt worden war. Es war zu erforschen, welches Antisepticum als Zusatz zu einem Silikatzement sich am wirksamsten erweisen würde. Wir haben in nachfolgender Tabelle unsere Zemente mit A bis G_X bezeichnet und deren Grundsubstanz (sog. Basis) mit zugesetzten Antiseptica nach Angaben von Herrn Dr. Castan zusammengestellt. Die Bindeflüssigkeit, welche für alle Zemente mit kleinen Unterschieden ungefähr dieselbe war, haben wir in der Tabelle nicht angegeben. Ueber deren Zusammensetzung haben wir schon früher an Hand von Analysenresultaten berichtet.

Tabelle 1.

	Zement:	Basis	Antisepticum:	
Handelsmuster	A	Zinkoxyd	—	
	B	Zinkoxyd	Cu I	1,5 %
	C	Zinkoxyd	Cu O	30 %
	D	Zinkoxyd Silikate	Cu Si O_3	30 %
	E	Zinkoxyd Silikate	—	
	F	Silikate	Hg NH_2 Cl	0,25 %
	G	Silikate	—	
	G_I	Silikate	$(Hg_2 N)$ Hg PO_4	0,4 %
	G_{II}	Silikate	Hg NH_2 Cl	0,4 %
	G_{III}	Silikate	Ag CN S	0,4 %
	G_{IV}	Silikate	$C_6 H_4$. OH. Hg Gl	0,4 %
	G_V	Silikate	$C_6 \cdot H_5$ NH. Hg Cl	0,4 %
	G_{VI}	Silikate	$(Hg_2 N)_3$ P O_4	0,4 %
	G_{VII}	Silikate	$Hg_2 Cl_2$	0,4 %
	G_{VIII}	Silikate	CH_3. O^2 $C_6 H_3$ $(Hg O CO CH_3)_2$	0,4 %
	G_{IX}	Silikate	CH_3. O $C_6 H_3$ $(Hg Cl)_2$	0,4 %
	G_X	Silikate	$C_6 H_{10} N_4$ $(Hg Cl)_2$	0,4 %

1. Vorversuche mit Bacterium Coli.

Diese Versuche dienten vor allem zur Ausarbeitung der Technik. Wir gingen erst so vor, daß wir verflüssigten Agar in Petrischalen ausgossen und dessen Oberfläche nach dem Erstarren mit dem Drigalskispatel, welchen wir mit 2 Oesen einer 24 stündigen Colibouillonkultur (37°) bestrichen, beimpften. Nach dem Antrocknen (ca. 10 Min.) wurden die Zementplättchen leicht aufgelegt. Die Bebrütung erfolgte bei 37°. Den Effekt prüften wir nach 24 Stunden Bebrütungszeit.

Bei näherer Betrachtung und Vergleichung der Randzonen fiel sofort auf, daß es sehr schwer war, auf diese Art einen gleichmäßig bewachsenen Bakterienrasen zu erhalten und daß die Breite der Randzone oft sehr schwer zu bestimmen war. Wir konnten durchwegs feststellen, daß je dichter das Bakterienwachstum, umso kleiner und undeutlicher die Randzone ausfiel. Wir nahmen daher eine kleinere Abänderung der beschriebenen Technik vor, die darin bestand, daß wir 2 Ösen einer 24-stündigen Colibouillonkultur (37°) in den verflüssigten Agar verimpften, das Röhrchen leicht durchschüttelten und dann in Petrischalen ausgossen. Nach dem Erstarren (ca. 20 Min.) wurden die Zementplättchen leicht aufgelegt und wie oben für 24 Stunden in den Brutschrank (37°) gegeben. Wir erreichten auf diese Weise gleichmäßiges Wachstum, deutlichere Randzonen und charakteristische Randwulstbildungen. Die Agarschichtdicke schien für die Breite der Randzone ebenfalls von Bedeutung zu sein. Wir machten Versuche mit 3 antiseptischen und einem sogenannten nicht antiseptischen Zement, indem wir das einemal 6 cm³ Agar, im andern Fall 10 cm³ Agar verwendeten. Daß dabei ganz deutliche Unterschiede auftraten ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 2.

Zement	Agarmenge 6 cm³	Agarmenge 10 cm³	Differenz in mm
A	R. Z.* 2 mm	R. Z. 1½ mm	½ mm
C	R. Z. 4½ mm	R. Z. 3½ mm	1 mm
F	R. Z. 14 mm	R. Z. 12 mm	2 mm
G_{II}	R. Z. 18 mm	R. Z. 15 mm	3 mm

*) R. Z. = Randzone, gemessen vom Rand des Zementes bis zur Stelle, wo das Bakterienwachstum beginnt.

Die kleinere Desinfektionswirkung der Zemente auf der dicken Agarschicht ist darauf zurückzuführen, daß ein Teil des Antisepticums auch in die Tiefe diffundiert, wobei die Breitenwirkung weniger zum Ausdruck kommt, während bei der dünnen Schicht die Diffusion in die Breite dementsprechend größer ist. Weitere Versuche zeigten, daß auch die Größe der Zementplättchen auf die Breite der Randzone (bei gleicher Agarmenge 6 cm^3) einen gewissen Einfluß hat. Wir formten runde Zementplättchen von d = 10 mm (wirksame Fläche = 78,5 mm^2) und solche von d = 15 mm (wirksame Fläche = 176,6 mm^2). In Tabelle 3 sind die deutlichen, wenn auch nur kleinen Unterschiede in der Breite der Randzone zusammengestellt.

Tabelle 3.

Zement	d=10 mm	d=15mm	Differenz in mm
A	R. Z. 2 mm	R. Z. 2½ mm	½ mm
C	R. Z. 4½ mm	R. Z. 5 mm	½ mm
F	R. Z. 14 mm	R. Z. 16 mm	2 mm
G_{II}	R. Z. 17½ mm	R. Z. 19 mm	1½ mm

Die Breite der Randzone wird bedingt durch die Menge des Antisepticums. Je größer also die Oberfläche des Zementplättchens ist, umso mehr Antisepticum kann daraus in Lösung gehen und in den Agar hinein diffundieren.

In Tabelle 4 haben wir die Resultate zusammengestellt, welche wir erhielten, wenn wir die Zementplättchen in den noch flüssigen Agar (10 cm^3) legten.

Tabelle 4.

Zement	Flüssiger Agar	Fester Agar	Differenz in mm
F	R. Z. 14 mm	R. Z. 12 mm	2 mm
G_{II}	R. Z. 17 mm	R. Z. 15½ mm	1½ mm

Die Hemmungszonen fielen etwas größer aus, wenn wir die Zementplättchen in den noch flüssigen Agar legten. Der flüssige Agar vermochte vielleicht etwas mehr Antisepticum herauszulösen als der erstarrte, oder die Diffusion des Antisepticums in den flüssigen Agar war eine stärkere und raschere. Wir versuchten die Diffusion an Hand einiger plastischer Zemente sichtbar zu machen. Zu diesem Zwecke legten wir solche das eine mal auf

erstarrten, das andere mal in noch flüssigen Agar, welchen wir vorher mit blauer Lakmustinktur deutlich färbten.

Durch die aus den plastischen Zementen herausdiffundierende Phosphorsäure und sauren Phosphate schlug der Indikator in rot um, und zwar war beim noch flüssigen Agar die rote Zone breiter und nach 2 Stunden konstant, während beim festen Agar die rote Randzone etwas schmäler war und erst nach mehreren Stunden konstant blieb. Noch schönere und deutlichere Resultate erhielten wir, wenn wir statt Lakmus Phenolrot als Indikator nahmen. Die schöne rote Farbe des alkalischen Phenolrotagars schlug dann in ein sehr deutliches Gelb um.

Wir erhielten auch verschiedene Resultate, je nachdem wir die Zementplättchen sofort nach dem Anrühren oder nach vierundzwanzigstündiger Erhärtungszeit auf den Agar legten.

Tabelle 5.

Zemente	in weichem Zustand	in hartem Zustand	Differenz in mm
C	R. Z. 5 mm	R. Z. 4 mm	1 mm
G	R. Z. 3—4 mm (vermind. Wachstum)	R. Z. 0	
G_{VI}	R. Z. 13 mm	R. Z. 12 mm	1 mm

Die Werte der plastischen Zemente waren stets größer als die der erhärteten. Selbst der Zement G, dem sonst, wie die späteren Versuche noch zeigen werden, keine antiseptischen Eigenschaften zukommen, zeigte unmittelbar nach dem Anmischen eine, wenn auch nur schwach ausgeprägte Randzone von 3 – 4 mm Breite. Diese verstärkte Wirkung bei den weichen Zementen ist auf die herausdiffundierte freie Säure und sauren Phosphate zurückzuführen. Um die eigentliche antiseptische Kraft der Zahnzemente zu bestimmen, mußten wir aber harte Zemente verwenden. Es war daher zuerst zu ermitteln, wie lange eine Wirkung durch Säure bezw. saure Phosphate möglich ist. Zu diesem Zwecke führten wir Wasserstoffionenkonzentrationsmessungen aus.

Technik. Frisch hergestellte Zementplättchen von 0,5 gr. Gewicht wurden nach verschiedenen Erhärtungszeiten in Röhrchen von 5 cm^3 dest. Wasser ($p_H = 6{,}8$) gegeben und nach einstündiger Kontaktzeit der p_H bestimmt mittelst der Wulffschen Indikatorfolien. Diese Indikatorfolien, welche für wässerige Lösungen diffundierbare Membranen darstellen und einen Indikator adsor-

biert enthalten, haben die Eigenschaft, daß der Indikator sehr viel langsamer aus ihr diffundiert, als z. B. Wasserstoff- und Hydroxylionen eindringen und ermöglichen daher, die Konzentration dieser Ionen innerhalb der Folie durch Farbenumschlag zu bestimmen. Den gesuchten p_H-Wert findet man dann so, indem man die Folie in die zu untersuchende Flüssigkeit gibt und nachher auf der Skala mit den entsprechenden Standardfärbungen vergleicht.

Die ersten Messungen wurden mit plastischen Zementen ausgeführt; dann folgten Messungen nach 1 Tag, 2 Tagen, 3 Tagen, 5 Tagen und 8 Tagen Erhärtungszeit. Wir haben die gefundenen Werte in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6.

Zement	p_H sofort	p_H nach 1 Tag	p_H nach 2 Tagen	p_H nach 3 Tagen	p_H nach 5 Tagen	p_H nach 8 Tagen
A	6,2	7,0—7,2	7,0—7,2	7,0—7,2	7,2	7,2
B	6,2—6,4	7,0—7,2	7,0—7,2	7,2	7,2	7,2
C	6,2—6,4	7,0—7,2	7,0—7,2	7,2	7,2	7,2
D	4,8—5,0	6,8—7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
E	5,0	6,8—7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
F	4,6—4,8	6,4—6,6	6,6—6,8	6,8	6,8—7,0	7,0
G	4,4—4,6	6,4—6,6	6,6—6,8	6,8	6,8—7,0	7,0

Unsere Versuche ergaben, daß die Phosphatzemente in plastischem Zustand nur noch schwach saure Reaktion zeigten, um schon nach 24 Stunden Erhärtungszeit den Neutralpunkt zu erreichen. Etwas tiefere Werte zeigten anfangs die gemischten Zemente D und E, stiegen aber schon nach 24 Stunden auf $p_H = 7{,}0$. Die tiefsten Resultate ergaben die Silikatzemente, welche erst nach fünf Tagen den Neutralpunkt erreichten. Es war daraus ersichtlich, daß Phosphat-, und Phosphat-Silikatzemente nach 24 Stunden, die Silikatzemente hingegen erst nach 5 Tagen Erhärtungszeit zu unseren Versuchen verwendet werden konnten.

2. Hauptversuche.

1. Verwendete Keime. Als Testbakterien benützten wir Keime, die in der Mundhöhle vorkommen und die hier von praktischem Interesse waren. Als hauptsächlichste Typen griffen wir heraus:

Bacterium Coli
Bacillus mesentericus
Bacterium acidi lactici
Streptococcus pyogenes*)
Bacillus ödematis maligni*)
Bacillus putrificus*)

Genannte Keime kommen im ungepflegten Mund sehr häufig vor, vor allem im Zahnbelag, in den Zwischenräumen der Zähne, in kariösen Höhlen usw.

Sämtliche Keime wurden unsern Institutsstämmen entnommen und für unsere Versuche in Reinkultur verwendet. Die verwendete Keimmenge pro Platte betrug 1 Oese einer 24stündigen Bouillonkultur (37°).

Ferner verwendeten wir:

Speichelflora (aerob und anaerob)
Granulomflora (aerob und anaerob)

Erstere gewannen wir aus Speichel, den wir in einem sterilen Glasstöpselkölbchen sammelten und zwecks Trennung allfälliger Bakterienklümpchen mit einigen sterilen Glasperlen während 10 Minuten leicht schüttelten. Die nach dieser Zeit eingetretene Schaumbildung und die große Viskosität des Speichels erschwerte wesentlich das Abmessen von bestimmten Mengen. Wir hielten es daher für zweckmäßig, den Speichel vor dem Schütteln mit den Glasperlen mit dem gleichen Gewicht sterilem destillierten Wasser zu verdünnen. Auf diese Weise war es uns möglich, stets gleiche Mengen dieser Speichelflüssigkeit abzumessen (1 cm^3) und beim Ausgießen mit Agar in Schalen ungefähr gleich stark bewachsene Bakterienrasen zu erhalten. Um möglichst lebensfrische Keime verwenden zu können, stellten wir diese Speichelflüssigkeit bei Bedarf immer frisch her.

Die Granulome, die wir für unsere Versuche immer frisch aus der städtischen Schulzahnklinik bezogen, wurden mit einem sterilen Instrument zerquetscht und mit einigen Tropfen sterilem, destilliertem Wasser angerieben. Von dieser Anreibung wurde je 1 Oese in Agar verimpft und auf Platten ausgegossen. Es konnte sich nicht darum handeln, die Keime sowohl von Speichel als auch von den Granulomen, welche immer sehr rasch verar-

*) Kamer: (Dissert. Zürich 1929) konnte diese Keime neben andern in gangränösen Zahnpulpen nachweisen.

beitet werden mußten, zu bestimmen. Wir mußten uns jeweils mit einer mikroskopischen Orientierung begnügen.

Mikroskopische Untersuchung:

a) Speichel: Aus unverdünntem Speichel wurde eine Oese auf den Objektträger ausgestrichen und sowohl mit Methylenblau als auch nach Gram gefärbt. Neben organischen und anorganischen Beimengungen konnten wir folgende Formen unterscheiden:

1. Grampositive Keime: Kokken, Staphylokokken, Stäbchen, Stäbchen mit endständigen Sporen, Streptokokken;
2. Gramnegative Keime: Stäbchen, Spirillen.

b) Granulom:*) Aus der mit sterilem Instrument durch Anreiben der Granulome erhaltenen Brühe wurde eine Drahtspitze auf den Objektträger ausgestrichen und wie oben mit Methylenblau und nach Gram gefärbt. Wir fanden:

1. Grampositive Keime: Streptokokken (kurze Ketten), Kokken, kurze Stäbchen;
2. Gramnegative Keime: Kurze und lange Stäbchen.

2. Nährsubstrate. Zur Züchtung der Keime verwendeten wir je nach Umständen Agar von folgender Zusammensetzung:

Fleischextrakt (Liebig)	5,0
Pepton	5,0
Kochsalz	5,0
Agar	15,0
Wasser	ad 1000,0

oder:

Fleischextrakt (Eatan)	5,0
Pepton	5,0
Kochsalz	5,0
Milchzucker	10,0
Traubenzucker	10,0
Agar	15,0
Wasser	ad 1000,0

* Als eigentliche Granulomkeime können wohl nur die Streptokokken bezeichnet werden, die übrigen mikroskopisch nachgewiesenen Formen dürften auf Sekundärinfektion aus der Mundhöhle zu beziehen sein.

Mit diesem Eatanagar machten wir durchwegs gute Erfahrungen. Das Wachstum der Anaerobenkeime speziell von Bacillus putrificus und Bacillus ödematis maligni war nach 24 Stunden meist so stark, daß wir unsere Resultate nach dieser Zeit mühelos angeben konnten. Auch Bouillon und Leberbouillon (Tarozzi) kamen für unsere Zwecke in Anwendung.

Sämtliche Nährsubstrate stellten wir nach Dernby [17]) auf den für den betreffenden Keim optimalen p_H ein und zwar

Für Bacterium Coli auf $p_H = 6{,}5$
Für Streptococcus pyogenes auf $p_H = 6{,}5$
Für Granulomflora auf $p_H = 6{,}5$
Für Bacillus putrificus auf $p_H = 6{,}8$

Für Bacillus mesentericus, Bacterium acidi lactici, Speichelflora und Bacillus ödematis maligni wählten wir in Ermangelung näherer Angaben über p_H-optima einen p_H von 7,2.

3. Züchtung. Als Bruttemperatur wählten wir für alle Keime 37°. Für die Züchtung der Anaerobier bedienten wir uns Apparates von Boez, dessen Prinzip kurz folgendes ist: Die Kulturplatten werden in luftdichtverschließende Glaszylinder gegeben und die Luft mittelst der Wasserstrahlpumpe evacuiert. In diesem Vacuum wird aus einer Bombe Wasserstoff zugeleitet, wobei der Restsauerstoff durch katalytische Wirkung eines durch elektrischen Stromes erhitzten Platindrahtes zu Wasser reduziert wird. An der Wandung des Zylinders condensiert sich dann das Wasser in Form von feinen Wassertröpfchen.

4. Versuchsanordnung. Die Versuchsanordnung blieb diedieselbe wie die bei den Vorversuchen beschriebene. Die verwendete Agarmenge betrug stets 6—7 cm^3 pro Platte. Die Zementplättchen d = 10 mm) wurden sowohl in plastischem als auch in hartem Zustand auf ihre Wirksamkeit hin untersucht. Als plastische Zemente bezeichnen wir solche, welche sofort nach dem Anrühren in noch weichem Zustand zur Verwendung kamen. Als harte Zemente hingegen solche, welche wir nach dem Anrühren erst 5 Tage lang erhärten ließen.

Die Wirkung der plastischen Zemente auf der Platte würde derjenigen im Zahn entsprechen, im Moment, wo die Silikatmasse in die Cavität eingeführt wird. Die Wirkung der harten

Tabelle 7. (Plastische Zemente).

Platte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zement	A	B	C	D	E	F	G	GI	GII	GIII	GIV	GV	GVI	GVII	GVIII	GIX	GX
Bacterium Coli R.Z. in mm	2½	3½	5	3½	2½	15	vW	14½	18½	6½	14½	25	13	6½	11	16	22
Bacillus mesent. R. Z. in mm	2½	4½	6	4½	2½	17	vW	15½	19	6½	16	26	14	6½	17	17	22½
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	2	4	5	3½	2½	14½	vW	14	18½	7	15	24	13	6½	16½	17	22
Strept. pyogenes R. Z. in mm	2½	5	6½	4½	2½	16½	vW	15	19	6½	16½	26	13½	7	17	17	22½
Speichelfl. (aerob.) R. Z. in mm	2	4	4½	4	2½	16	vW	15	19	6	15	25	13½	6½	16	16½	22
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	2	4½	4½	4	3	15½	vW	15½	19	6	14½	24½	14	6½	16	16	22
Granul. Fl. (aerob.) R. Z. in mm	2½	4½	6½	5	3	16	vW	14½	19½	6	16	26	14	7	17	17	21
Granul. Fl. (anaerob.) R. Z. in mm	2	4½	6½	5	3	15½	vW	15	19	6½	16	25½	14	7	16½	17	22½
Bacillus putrificus R. Z. in mm	3	5	6½	5	3½	17½	vW	16½	20	8	18½	27	14	7½	18½	18	24
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	2½	5	6½	5	3	17	vW	16	20	8	18½	27	14½	7½	17½	17½	23

Zemente hingegen würde den Grad der antiseptischen Kraft nach dem Erhärten der Masse im Zahn angeben. Um zu erfahren, wie lange die antiseptische Wirkung dieser harten Zemente anhält, wurden Uebertragungen der Zementplättchen gemacht. Die Uebertragung geschah so, daß die Plättchen nach 24stündiger Einwirkung (37°) ohne vorhergehende Reinigung auf frisch beimpfte Agarplatten gelegt wurden, wobei wir darauf achteten, daß stets dieselbe Seite des Zementplättchens zur Wirkung gelangte. Nach weiteren 24 Stunden (37°) wurde dann wiederum in derselben Weise übertragen, und zwar so lange, bis keine antiseptische Wirkung mehr sichtbar war, d. h. bis die Zemente erschöpft waren.

Es ist klar, daß die antiseptische Kraft im Zahn länger dauern wird als in unserm Versuch, da die Diffusion des Antisepticums in die Zahnsubstanz infolge anderer chemischer Beschaffenheit eine viel langsamere und dafür eine länger andauernde sein wird, als bei dem im Versuch verwendeten Agar. Immerhin wird es uns möglich sein, auf diese Art brauchbare Vergleichswerte zu erhalten.

a) plastische Zemente. In nachstehender Tabelle sind die Resultate als Durchschnitt von je drei Versuchen zusammengestellt.

Resultate: Von den Phosphatzementen zeigte Zement A die kleinste Wirkung. Bei den Kupferzementen übertraf derjenige, welcher Cu O als Antisepticum enthielt, die beiden andern. Kupferjodid- und Kupfersilikatzement entfalteten ungefähr dieselbe Wirksamkeit. Der als nicht antiseptisch bezeichnete Phosphat-Silikatzement E kam in seiner Wirkung dem Zement A ungefähr gleich, trotz dem viel kleineren Gehalt an Zinkoxyd, welcher Zement E aufweist. Praktisch keine antiseptische Wirkung zeigte Zement G. Die nur schwache Wachstumshemmung war wohl auf die in den Agar hineindiffundierte Säure zurückzuführen; daß dabei auch Spuren von in Lösung gegangenen Silikaten eine Rolle spielten, ist höchst wahrscheinlich. Von den antiseptischen Silikatzementen erwies sich G_V als am wirksamsten. Es kam hier vor allem auch die größere Empfindlichkeit der anaeroben wie auch der grampositiven Keime deutlich zum Ausdruck. So erzeugte G_V z. B. bei Bacillus mesentericus, Streptococcus pyogenes, Bacillus putri-

ficus und Bacillus ödematis maligni eine Randzone, die durchschnittlich 2—3 mm größer war als diejenige bei Bactericum Coli und Bactericum acidi lactici. Dieselbe Beobachtung machten wir auch bei den übrigen antiseptischen Silikatzementen, während die Unterschiede in der Breite der Randzone bei den antiseptischen Phosphatzementen weniger stark, aber immerhin noch deutlich sichtbar waren. Eine sehr starke Wirkung zeigte auch G_X mit einer durchschnittlichen Randzonenbreite von 21—23 mm. Die etwas verschieden breiten Randzonen von F und G_{II}, die das gleiche Antisepticum enthalten, nämlich Quecksilberpräzipitat, rührten wohl davon her, daß G_{II} etwas mehr Präzipitat enthält. G_{IV} war gegenüber aeroben Keimen ungefähr gleich wie F und G_I, G_{VI}, G_{VIII} und G_{IX}, zeigte aber eine wesentlich stärkere Wirksamkeit gegenüber Bacillus putrificus und Bacillus ödematis maligni. Unter den antiseptischen Silikatzementen erzeugten G_{III} und G_{VII} die kleinste Randzone und standen nur wenig über C.

Auffallend bei allen unsern Versuchen mit plastischen Zementen war, daß durch die Säure unmittelbar um das Zementplättchen herum ein weißer Ring entstand, durch Fällung der im Nährsubstrat enthaltenen Eiweis-Abbauprodukte, welcher das Messen der Randzone hauptsächlich bei den Phosphatzementen sehr erschwerte oder sogar unmöglich machte. Bei genauer Betrachtung dieser Ringe unter dem Mikroskop konnte man sehr oft eine deutliche Schichtung feststellen, welche von innen nach außen an Dichtigkeit abnahm. Ferner konnten wir bei allen Zementen außer G am Rande des keimfreien Hofes eine Zone starken und üppigen Wachstums feststellen, welcher entweder allmählich oder scharf abgegrenzt die Zone gleichmäßigen Wachstums folgte. (Löhner'scher Randwulst).

Cobet und van der Reis[18] machten zur Erklärung dieses Phänomens auf das Arndt'sche biologische Grundgesetz aufmerksam, nach welchem Gifte oder Reizstoffe in starker Konzentration Protoplasma töten, in schwacher es schädigen und in noch geringerer Konzentration anregend wirken und in stark verdünnter Lösung sich schließlich indifferent verhalten. Am Rande des keimfreien Hofes würden die Metallteilchen so indifferent wirken, daß sie keine Wachstumshemmung mehr verursachten; daher seien die am Rande gelegenen Bakterien begünstigt, da sie aus der indifferenten Zone durch keine Nachbarn behindert Nährstoff

beziehen können, während die übrigen Bakterienkolonien, eng aneinander gelegen, sich gegenseitig die Nahrung wegnehmen würden. Schumacher[19]) erklärte sich den Randwulst so, daß er kleinste Mengen Metallionen verantwortlich machte, welche bedeutende Mengen Sauerstoff übertragen und das Wachstum der Bakterien dadurch beschleunigen würden. Wir können dieser Erklärung von Schumacher nicht beistimmnn, da wir auch bei anaeroben Keimen, bei welchen eine solche Sauerstoffübertragung eher geschadet hätte, stets schöne Randwulste erhielten.

Die größere Empfindlichkeit der grampositiven Keime erklärten wir uns so, daß sie ein stärkeres Adsorptionsvermögen für Antiseptica haben als die gramnegativen. Es genügen daher für grampositive weit kleinere Mengen eines Antisepticums, um sie abzutöten oder im Wachstum zu hemmen. Auf diese Weise ließe sich die Entstehung einer größeren Randzone bei den grampositiven Keimen leicht erklären. Es reiht sich dieses Phänomen zwanglos den anderen Beobachtungen über verschiedenartiges Verhalten von grampositiven und gramnegativen Keimen gegenüber äußeren Einwirkungen, insbesondere chem. Natur ein. Handelt es sich im wesentlichen um Antiseptica aus der Gruppe der Schwermetallsalze, z. T. in organ. Komplex-Verbindung, so zeigte unter anderem Breinl[20]), daß die grampositiven Keime gegenüber Jod, Chlor und Brom 3—6 fach empfindlicher sind. Seine Ansicht dürfte ohne weiteres einleuchten, daß in diesem Parallelismus zwischen Gramverhalten und verschiedener Empfindlichkeit verschiedener Antiseptica eine tiefgehende biologische Wesensverschiedenheit zum Ausdruck kommt.

b) Harte Zemente: (Ergebnisse der Versuche sind in nachstehender Tabelle niedergelegt.)

Resultate. Die Verhältnisse blieben hier dieselben wie bei den plastischen Zementen. Wir konnten aber durchwegs eine Verkleinerung der Randzone konstatieren. Die Differenz gegenüber Zementen in plastischem Zustand ist geringer, für die antiseptischen Silikatzemente entsprechend ihrer größeren Wirksamkeit etwas größer. Die Anzahl der Übertragungen bis zur Erschöpfung der Wirksamkeit war bei den Phosphatzementen sehr klein. Sie betrug bei A und E 2 bis 3, bei B, C und D 4 bis 5. Bei den Silikatzementen zeigte G nur auf der ersten Platte eine Zone verminderten Wachstums. Die kleine Wirkung war hier wohl ausschließ-

lich auf die geringe antiseptische Kraft der Aluminiumsilikate zurückzuführen. F, G_{VIII} und G_{IX} konnten wir 8 bis 9 mal übertragen; G_{IV}, G_V G_{VI} und G_X 6 bis 7 mal; G_I und G_{II} 13 bis 14 mal. Auffallend ist die lang andauernde Wirkung von G_{III}, welcher auf der ersten Platte eine Randzone von 5 bis 7 mm Breite erzeugte und seine Kraft während 10 Übertragungen behielt; G_{VII}, der anfangs gleich stark war wie G_{III}, konnten wir nur 6 bis 7 mal übertragen. Der Grund der verschieden frühen Erschöpfung der antiseptischen Wirkung liegt in der verschieden großen Löslichkeit der Antiseptica und Zemente im Nährsubstrat.

Der große Verlust an antiseptischer Kraft machte sich mit einigen Ausnahmen hauptsächlich von der ersten bis dritten Uebertragung bemerkbar. So fanden wir für A bei der zweiten Uebertragung nur noch eine Wirkung von 42,85 % von der ursprünglichen, bei der dritten Uebertragung eine solche von 10,2 %. Bei B ging die Wirkung auf 75,55 % bei der zweiten Uebertragung und auf 46,66 % bei der dritten Uebertragung. Aehnlich liegen die Verhältnisse für C und D. E zeigt einen etwas geringeren Verlust als A, wahrscheinlich wegen der geringeren Löslichkeit des Zementes infolge des Gehaltes an Silikaten.

Wir haben die Abnahme der antiseptischen Kraft sowohl der Phosphat-, Phosphat-Silikat- und Silikatzemente in Kurven dargestellt (vide Abbildung 1, 2 und 3).

Von den Silikatzementen sank G_V, der von allen anfangs die größte Wirksamkeit zeigte, auf 59,06 % bei der zweiten und auf 31,77 % bei der dritten Uebertragung. F, G_{II}, G_{IV}, G_{VI}, G_{VII}, G_{VIII} und G_{IX} zeigten ungefähr dieselbe Abnahme. G_{III} fiel bei der zweiten auf 91,8 %, bei der dritten auf 86,88 %; G_I auf 84,81 % bei der zweiten und 71,94 % bei der dritten Uebertragung. G_X auf 50,79 % bei der zweiten und auf 35,75 % bei der dritten Uebertragung.

Als antiseptisch wirksamste Zemente können wir an Hand unserer Plattenversuche bezeichnen:
bei den Phosphatzementen Zement C;
bei den Silikatzementen Zement G_V, G_X, G_{II}, G_I, G_{IX}, G_{VIII}, G_{IV} u. F.

Letztere zeichnen sich aus durch eine starke und lang andauernde antiseptische Wirkung. Zur Verhütung einer sekundären Karies zwischen Zahnwand und Zementfüllung würden daher die genannten Zemente am ehesten Erfolg versprechen.

Suchen wir die auffallend stärkere Wirkung der Quecksilberverbindungen im Vergleich zu den Zink-, Kupfer- und Silberverbindungen zu erklären, so können wir sagen, daß die Breite der Randzone abhängig ist:

1. von der in Lösung gegangenen Menge Antisepticum;
2. von der Diffusionsgeschwindigkeit der gelösten Teilchen in den Nährboden;
3. von der Löslichkeit des Zementes.

Ob auch die Wasserstoffionenkonzentration einen Einfluß auf die Breite der Randzone hat, läßt sich aus diesen Versuchen nicht mit Bestimmtheit sagen. Wir werden in einem spätern Kapitel noch darauf zu sprechen kommen. Die Abnahme der Randzonenbreite kommt dadurch zustande, daß das Antisepticum, welches leichter löslich ist als der Zement, aus letzterem allmählich herausgelöst wird, bis schließlich die ganze Oberfläche erschöpft ist.

Tabelle 8 (harte Zemente).

Zemente	A				B					
Platte	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Bacterium Coli R. Z. in mm	2	1	0	0	3	2½	2	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	2½	1	½	0	4	3	2	½	0	0
Bact· acidi lactici R. Z. in mm	2	½	0	0	3½	3	3	1½	½	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	2½	1	0	0	4½	3½	2½	1½	½	0
Speichelflora (aerob) R. Z. in mm	2	½	0	0	5	3½	2	1	½	0
Speichelflora (anaerob) R. Z. in mm	2	1	0	0	4½	3½	1	½	0	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	2½	1½	½	0	5	3½	2½	1½	1	0
Granul. Fl. (anaerab) R. Z. in mm	2½	1	½	0	5	3½	2	½	0	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	3½	1½	½	0	5½	4	2	1	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	3	1½	½	0	5	4	2	½	0	0
Durchschnitt R. Z. in mm	2,25	1,05	0,25	0	4,5	3,4	2,1	0,95	0,25	0
in %	100	42.85	10,20	0	100	75,55	46,66	21,11	5,55	0

Zement	C						D					
Platte	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Bacterium Coli R. Z. in mm	4	3½	2	1½	½	0	3½	2½	1	½	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	5½	4½	3	2	½	0	4½	3	1½	½	0	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	4½	4½	2½	1½	1	0	3½	3	2	½	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	5½	4½	2½	1	½	0	4½	3	1½	1	0	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	4½	3½	2	1½	1	0	4½	3½	2	½	0	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	4½	3	2	1½	1	0	5	3½	2	1	½	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	5	4	3	1½	½	0	4½	3½	1½	1	½	0
Granul. Fl, (anaerob) R. Z. in mm	5½	4	2½	1	½	0	4	3	2	½	0	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	5	3	1½	1	0	0	4	2½	1½	1	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	5	3½	1½	1	0	0	4	2½	1	½	0	0
Durchschn. R. Z. in mm	4,5	3,8	2.25	1,35	0,55	0	4,2	3,0	1,6	0,7	0,1	0
in %	100	84,44	50,0	30,0	12,22	0	100	71,42	38,09	16,66	2,38	0

Zement	E					F			
Platte	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Bacterium Coli R. Z. in mm	2½	2	1	½	0	14	10	7	5
Bacillus mesent. R. Z. in mm	2½	½	0	0	0	16	12	8½	7
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	2	1	1	0	0	15	12	8	7
Strept. pyogenes R. Z. in mm	2½	2	1	0	0	16	13	8	6½
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	1½	1	1	0	0	15	12½	8½	7
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	2	1	½	0	0	15	12	8½	6½
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	2	1	0	0	0	16	12½	8	6
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	2	1	0	0	0	16	13	8	6½
Bacillus putrificus R. Z. in mm	2½	1½	½	0	0	16½	13	8½	6
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	2½	1	½	0	0	16	12	8	6
Durchschn. R. Z. in mm	2,2	1.2	0,55	0,1	0	15,15	12,2	8,1	6,33
in %	100	54,54	25,0	4,5	0	100	80,52	53,46	41,91

Zement							G	
Platte	5	6	7	8	9	10	1	2
Bacterium Coli R. Z. in mm	3½	3	1½	½	0	0	v.W.	v.W.
Bacillus mesent. R. Z. in mm	4½	4	2½	1½	1	0	v.W.	v.W
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	4½	2	1	½	0	0	v.W	v.W.
Strept. pyogenes R. Z. in mm	5	3	2	1	0	0	v.W.	v.W.
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	3½	2	1½	1	½	0	v.W.	v.W.
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	3	1½	1½	½	0	0	v.W.	v.W.
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	5½	2½	1	1	½	0	v.W	v.W.
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	5	2	1	½	0	0	v.W.	v.W.
Bacillus putrificus R. Z. in mm	5½	2	1	½	½	0	v.W.	v.W.
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	5	2½	1½	½	0	0	v.W.	v.W.
Durchschn. R. Z. in mm	4,5	2,45	1.45	0,75	0,25	0	0	0
in %	29,04	16,17	9,57	4,95	1,65	0	0	0

Zement	G_I								
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bacterium Coli R. Z. in mm	14½	12	10½	9½	9	8	7	5½	4½
Bacillus mesent. R. Z. in mm	15	13	11	11	9	7½	6½	6	4½
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	14½	12	11	10	9	8	6½	6	4
Strept. pyogenes R. Z. in mm	15	12½	10½	10	8½	7½	6	5½	5
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	15½	13	10	9	8½	7	6½	5½	4½
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	15	12½	10½	9	8½	7½	7	6	5
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	15	13	10½	9½	9	7½	6	6	4½
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	15	13	11	9½	9	8	7	5½	4½
Bacillus putrificus R. Z. in mm	16	13½	12	11	10½	9	8	6½	5
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	16	14	12	10½	10	8½	7½	6	5
Durchschn. R. Z. in mm	15,15	12,85	10,99	9,9	9,1	7,85	6,8	5,95	4,65
in %	100	84,81	71,94	65,36	60,06	51,81	44,88	39,27	30,69

Zement					GII				
Platte	10	11	12	13	14	1	2	3	4
Bacterium Coli R. Z. in mm	4	2½	1½	1	0	17½	13½	10½	9½
Bacillus mesent. R. Z. in mm	3½	2½	1½	½	0	18½	12½	9½	10
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	3½	2	1½	1	0	18	13	11	10
Strept. pyogenes R. Z. in mm	4	3½	1½	½	0	18	13	10	10½
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	4	3	1	1	0	17	12	10½	9½
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	4	2½	1	0	0	17½	13	10½	9½
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	3½	3	1½	1	½	18	13	9½	9½
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	3½	3½	2	1	½	18	14	10½	9½
Bacillus putrificus R. Z. in mm	3½	2½	2	1	½	19	14	11	10
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	4	3	1	0	0	18½	13	10½	9½
Durchschn. R. Z. in mm	3,75	2,80	1,45	0,7	0,15	18,0	13,1	10,35	9,75
in %	24,74	18,84	9,57	4,62	0,99	100	72,73	57,5	54,16

Platte	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bacterium Coli R. Z. in mm	10	9	7½	6	5	4½	3	2	1	½	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	9	8	6½	6	4	3½	2½	2	1	½	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	9½	8½	7	6½	4½	4	2½	2	1½	1	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	8½	8	7	6	5	4	2½	1½	½	0	0
Speichelflora (aerob) R. Z. in mm	8½	8	6½	6	4	3	2	1½	1½	1	0
Speichelflora (anaerob) R. Z. in mm	9	8½	6½	6½	5	3½	2½	2	1	1	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	9	8	6½	6	5	3½	2½	2	½	0	0
Granul. Fl. (anaerab) R. Z. in mm	9	8½	7	6	5	4	2½	1½	1	½	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	9½	8	7	5½	4½	4	3	2	½	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	9	7½	7	6	5	3½	2½	1	0	½	0
Durchschnitt R. Z. in mm	9,1	8,2	6,85	6,05	4,7	3,75	2,55	1,75	0,85	0,5	0
in %	50,55	45,55	38,05	33,01	26,11	20,83	13,61	9,72	4,72	2,77	0

Zement	GIII										
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bacterium Coli R. Z. in mm	6	6½	5½	5	5	4½	3½	2½	1½	½	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	6½	6	6	6	5½	3½	3½	2½	1½	1	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	5½	5	5	4½	4	4	3	2½	1	½	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	6	5½	5½	5	4½	5	4	3	1½	1	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	5	5½	5	4	4½	3½	3	2	1½	½	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	6	5½	5½	5	4½	3½	3	2½	1	½	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	6	6	5½	5	4½	4	3½	2½	1	1	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	6	5	5	4½	4	3½	3	2	1	½	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	7	5½	5	4½	4	3	3	2	½	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	7	5½	5	4	3½	3	2	1½	1	0	0
Durchschn. R. Z. in mm	6,1	5,6	5,3	4,75	4,4	3,75	3,15	2,3	1,15	0,55	0
in %	100	91,8	86,88	77,87	72,13	61,47	51,63	37,7	18,85	9,01	0

Zement	G_{IV}							
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8
Bacterium Coli R. Z. in mm	14	12	7	4½	3	1½	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	15	12½	8	4	3	1½	½	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	14	12½	7½	5	3	2	1	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	15½	12	8½	5	3½	3	1	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	15	12	8	5½	4	2½	1	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	15	12	8½	5½	4	3	1½	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	15½	12½	8	4½	3½	2	1	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	15	12	8	5	4	2½	1	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	17	13	8½	6	4½	2	½	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	17½	13½	8	5½	4	2	1	0
Durchschn. R. Z. in mm	15,35	12,4	8,0	5,5	3,65	2,2	0,85	0
in %	100	80,77	52,11	35,83	23,77	14,33	5,53	0

Zement	Gv								
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bacterium Coli R. Z. in mm	25	14	7	5	3½	2	½	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	26	16	8	4½	4	2	1	0	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	25	15	8	5	4	2½	1	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	26	15½	8½	4½	5	2½	1	½	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	25½	14	7½	5	4	2	½	0	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	25	14½	8	5	4	2½	1	0	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	26	16	8	5	4	2½	1	½	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	25½	15½	8½	5	3½	3	1½	1	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	26½	15	9	6	4	2½	1	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	26	16	9	6	4½	2	½	0	0
Durchschn. R. Z. in mm	25,65	15,15	8,15	5,1	4,05	2,35	0,9	0,2	0
in %	100	59,06	31,77	19,88	15,77	9,16	3,50	0,77	0

Zement	GVI							
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8
Bacterium Coli R. Z. in mm	12	9	6	3½	2	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	12	10	7	4	2	1½	½	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	12	9	6½	3	1½	1	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	12½	8½	6½	3½	2	1	0	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	11½	8	7	4½	1½	1	½	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	12	8½	7	4½	2	1½	½	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	12	9	7	4	2½	1½	0	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	12½	9	7½	4	2	½	0	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	13	9	7	3½	2	1	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	13	8½	8	4	2	½	0	0
Durchschn. R. Z. in mm	12,25	8,85	6,95	3,85	1,95	1,05	0,15	0
in %	100	72,28	56,73	31,42	15,93	8,57	1,22	0

Zement	GVII					
Platte	1	2	3	4	5	6
Bacterium Coli R. Z. in mm	6	4	2	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	6½	4	2½	1½	0	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	6	4½	2	1½	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	6	5	2½	1	0	0
Speichelflora (aerob) R. Z. in mm	5½	2½	4	2	1	0
Speichelflora (anaerob) R. Z. in mm	6	5	4	2½	½	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	6	5	2	1	0	0
Granul. Fl. (anaerab) R. Z. in mm	6	5	3½	2	½	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	7	6	3	2	1	½
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	6½	5½	4	2	1	0
Durchschnitt R. Z. in mm	6,15	4,95	2,95	1,65	0,4	0,05
in %	100	80,48	47,96	26,82	6,50	0,81

Zement	GVIII									
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bacterium Coli R. Z. in mm	15	13	10	8½	6	4	2½	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	16½	14	11	9	6½	4½	2½	1½	½	0
Bact. acidi actici R. Z. in mm	15½	13	10½	9	6½	4	2	1	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	16	14	11	8½	6½	4	2½	1½	0	0
Speichelflora (aerob) R. Z. in mm	15	13½	10½	9	7	4	2½	1	0	0
Speichelflora (anaerob) R. Z. in mm	15	13	9½	8½	6	4½	2	1	0	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	15½	14	10	8	6	4	2½	½	0	0
Granul. Fl. (anaerab) R. Z. in mm	15	13	10	8	6½	4½	2	1	½	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	17½	15	12	9½	7	5	3	1½	1	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	17½	15	12	9	7	5	2½	1	½	0
Durchschnitt R. Z. in mm	15,85	13,75	10,65	8,90	6,50	4,35	2,40	1,1	0,25	0
in %	100	86,74	67,19	56,19	41,0	27,44	15,14	6,94	1,57	0

Zement	GIX									
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bacterium Coli R. Z. in mm	15½	12	9½	9	7	5	2½	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	16½	13	10	9	6½	5½	2½	1	0	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	15½	12	10	8½	6½	5	2½	1½	½	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	16	12½	10½	8½	7	5	3	2	1	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	15½	11½	10½	8	6½	4½	2½	2	½	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	16	12	10	8½	6½	4½	2½	1	0	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	15½	11½	10	8½	7	5	3	1½	½	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	15	12	10½	9	6½	4½	2	1	0	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	17	14½	12	10	7½	5	2½	1	0	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	17½	14½	12	10½	7½	5	2	1	0	0
Durchschn. R. Z. in mm	16,00	12,55	10,50	8,95	6,85	4,95	2,50	1,35	0,25	0
in %	100	78,43	65,62	55,93	42,81	30,93	15,62	8,43	1,56	0

Zement	Gx							
Platte	1	2	3	4	5	6	7	8
Bacterium Coli R. Z. in mm	19	9	6½	3	2	1	0	0
Bacillus mesent. R. Z. in mm	21	11	8	4	2½	1½	½	0
Bact. acidi lactici R. Z. in mm	18	9	6½	3	2	1	0	0
Strept. pyogenes R. Z. in mm	18½	9½	7	3½	2	1	0	0
Speichelfl. (aerob) R. Z. in mm	18	9	6	3½	1½	½	0	0
Speichelfl. (anaerob) R. Z. in mm	18½	9	6½	3	2	1	0	0
Granul. Fl. (aerob) R. Z. in mm	18	9½	6½	3½	2	½	0	0
Granul. Fl. (anaerob) R. Z. in mm	18½	9	6	3	1½	1	0	0
Bacillus putrificus R. Z. in mm	22	12	8	4½	2½	1½	1	0
Bacillus ödem. mal. R. Z. in mm	21½	11	8	4½	2	1	½	0
Durchschn. R. Z. in mm	19,30	9,80	6,90	3,35	2,00	1,00	0,20	0
in %	100	50,79	35,75	17,35	10,36	5,18	1,03	0

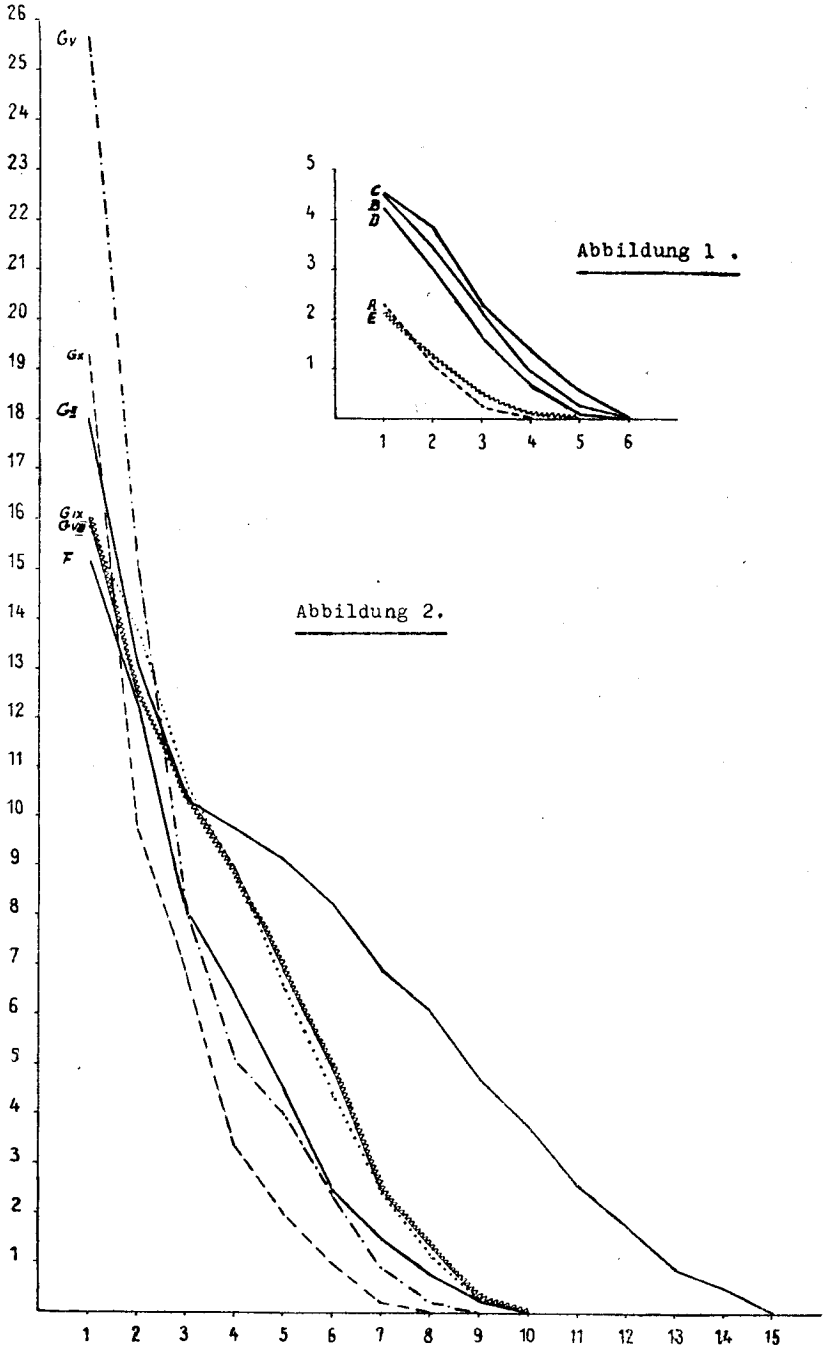


Abbildung 1 .
Abbildung 2.
C
B
D
A
E
Gv
Gx
GII
GIX
GVIII
F

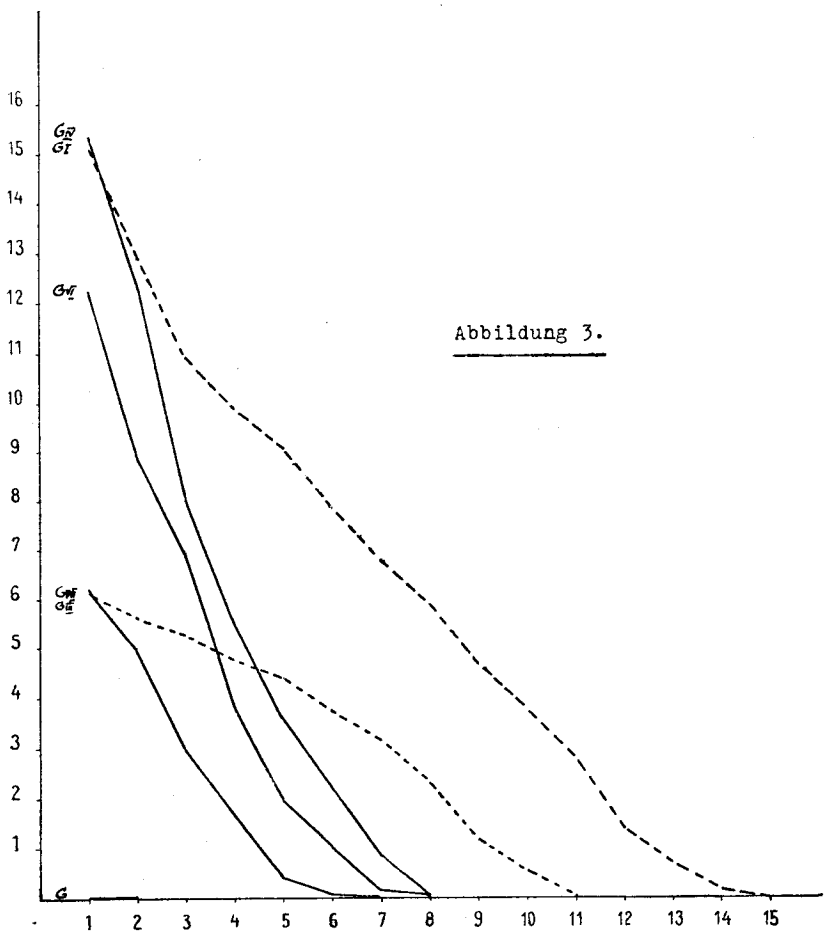


Abbildung 3.

c. Polierte und abgeschliffene Zemente. Die Abnahme der Randzonenbreite bei der Uebertragung der Zementplättchen auf frischem Agar führten wir auf die Abnahme der in Lösung gegangenen Menge Antisepticum zurück. Bei den wirkungslosen Zementen hätten wir dann Plättchen, bei denen die Oberfläche vollständig ihres Antisepticums beraubt ist. In nachstehenden Versuchen wollten wir erfahren, ob diese Zemente beim Polieren bezw. Schleifen ihre frühere antiseptische Kraft wieder erlangen.

Technik. Die an Wirksamkeit erschöpften Zementplättchen wurden das eine mal mit Filz und Bimsstein poliert, das andere mal mit der Schmirgelscheibe abgeschliffen und nach gewohnter Weise geprüft. In nachfolgenden Tabellen haben wir die Resultate in der Weise zusammengestellt, daß wir den Randzonen der polierten bezw. geschliffenen Zemente die Zonenwerte der unbehandelten erhärteten Zemente voransetzten. Da der Verlauf der Abnahme bis zur Erschöpfung eine den früheren Versuchen entsprechende war, begnügten wir uns damit, die Anzahl der bis zur Erschöpfung notwendigen Uebertragungen in römischen Ziffern anzugeben.

Resultate. Aus den Tabellen ergibt sich, daß durch Polieren oder Schleifen die ursprüngliche Wirksamkeit bei weitem nicht wieder erreicht wurde, ja daß sie in fast allen Fällen unter der Hälfte der früheren Werte blieben. Bemerkenswert, aber auch ohne weiteres verständlich ist die Beobachtung, daß nach dem Schleifen, d. h. durch die Entfernung einer großen Schicht unwirksam gewordenen Materials die Hemmungskraft stärker in Erscheinung trat. Zur Kontrolle, ob die Abnahme der Hemmungskraft auf die ursprüngliche Erschöpfung und nicht etwa nur auf die physikalische Oberflächenveränderung des Materials zurückzuführen ist, prüften wir drei ausgewählte Proben.

Tabelle 9 (Strept. pyogenes)

Zement	Randzone des harten unbehandelten Zementes	Randzone des harten abgeschliffenen Zementes
G_I	15	14½
G_{VIII}	15	16
G_X	19	18½

Tabelle 10.

	R. Z. der unbeh. Zem	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung bis zur Erschöpf.
Zement:	A				B			
Bacterium Coli	2	0	0	0	3	1	1½	I
Bacillus mesent.	2½	0	0	0	4	1	1½	I
Bact. acidi lactici	2	0	0	0	3½	1	1½	II
Strept. pyogenes	2½	0	0	0	4½	1	2	II
Speichelfl. (aerob)	2	0	0	0	5	½	1½	I
Speichelfl. (anaerob)	2	0	0	0	4½	1	1½	I
Granul Fl. (aerob)	2½	0	0	0	5	1½	1½	I
Granul. Fl. (anaerob)	2½	0	0	0	5	1	2	II
Bacillus putrificus	3½	0	0	0	5½	1	1½	II
Bacillus ödem. mal.	3	0	0	0	5	1	2	I

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl Zem.	Zahl der Uebertragung bis zur Erschöpf.	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R.Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung bis zur Erschöpf.
Zement:	C				D			
Bacterium Goli	4	1	1½	II	3½	1	1	I
Bacillus mesent.	5½	1½	1½	I	4½	1½	1½	I
Bact. acidi lactici	4½	1½	1½	I	3/½	1	2	I
Strept. pyogenes	5½	1	1½	II	4½	1½	1½	II
Speichelfl. (aerob)	4½	1	1½	II	4½	1½	2	II
Speichelfl. (anaerob)	4½	1	1	I	5	1	2	I
Granul. Fl. (aerob)	5	1	2	II	4½	1½	1½	I
Granul. Fl. (anaerob)	5½	1	1½	II	4	2	2	II
Bacillus putrificus	5	1½	1½	II	4	1½	1½	II
Bacillus ödem. mal.	5	1½	1½	I	4	1½	2	II

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	E				F			
Bacterium Coli	2½	0	0	0	17	2½	6	I-IV
Bacillus mesent.	2½	0	0	0	16	3	8½	III-IV
Bact. acidi lactici	2	0	0	0	15	3½	7	III-V
Strept. pyogenes	2½	0	0	0	16	2	7	IV-III
Speichelfl. (aerob)	1½	0	0	0	15	5	6½	III-V
Speichelfl. (anaerob)	2	0	0	0	15	3	9	IV-V
Granul. Fl. (aerob)	2	0	0	0	16	2½	7	IV
Granul Fl. (anaerob)	2	0	0	0	16	4	6½	III-IV
Bacillus putrificus	2½	0	0	0	16½	4	9	IV
Bacillus ödem. mal.	2½	0	0	0	16	3½	9½	IV-V

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	G				G_I			
Bacterium Coli	v.W.	0	0	0	14½	4	5½	IV
Bacillus mesent.	v.W.	0	0	0	15	2	3½	III-IV
Bact. acidi lactici	v.W.	0	0	0	14½	3	4½	II-III
Strept. pyogenes	v.W.	0	0	0	15	1	4	II-III
Speichelfl. (aerob)	v.W.	0	0	0	15½	1	4½	II-III
Speichelfl. (anaerob)	v.W.	0	0	0	15	2	6	II-III
Granul Fl. (aerob)	v.W.	0	0	0	15	2½	4	III-IV
Granul. Fl. (anaerob)	v.W.	0	0	0	15	1	3½	II-III
Bacillus putrificus	v.W.	0	0	0	16	2½	5	II-III
Bacillus ödem. mal.	v.W.	0	0	0	16	3½	4½	III

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R.Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	G_{II}				G_{III}			
Bacterium Goli	17½	4	9	V-VII	6	2	3½	III-IV
Bacillus mesent.	18½	6	9½	V-VI	6½	2½	2½	II-III
Bact. acidi lactici	18	5	8½	V-VI	5½	2	3	III-IV
Strept. pyogenes	18	7	9	V-VI	6	2	2½	III
Speichelfl. (aerob)	17	5½	7½	V-VI	5	3	4	III-IV
Speichelfl. (anaerob)	17½	6	8½	V-VI	6	2½	3	III-IV
Granul. Fl. (aerob)	18	4½	8	V-VI	6	2	4	III-IV
Granul. Fl. (anaerob)	18	5	10	V-VI	6	1½	1½	II-III
Bacillus putrificus	19	4½	9	V-VI	7	2½	2½	III
Bacillus ödem. mal.	18½	4½	8½	V-VI	7	2	3	III-IV

(Tabelle 10).

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	G_{IV}				G_V			
Bacterium Coli	14	5	6½	V-VI	25	4	6	III
Bacillus mesent.	15	4½	5½	IV-V	26	4½	6½	III-IV
Bact. acidi lactici	14	4	6	IV-V	25	3½	5½	III-IV
Strept. pyogenes	15½	5	7	IV-V	26	4½	6	III-IV
Speichelfl. (aerob)	15	3	4½	IV-V	25½	5½	6	IV
Speichelfl. (anaerob)	15	3½	4	IV-V	25	5	3½	III-IV
Granul. Fl. (aerob	15½	2	5½	III-IV	26	4½	5½	III-IV
Granul. Fl. (anaerob)	15	3½	6	III-V	25½	3½	5	IV
Bacillus putrificus	17	4	5	III-V	26½	3	4½	III-IV
Bacillus ödem. mal.	17½	3	4½	III-V	26	5	5½	IV

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	G_{VI}				G_{VII}			
Bacterium Coli	12	3 1/3	3 1/2	III	6	3 1/2	4	III
Bacillus mesent.	12	3	4 1/2	III-IV	6 1/2	2 1/2	3	III
Bact. acidi lactici	12	2 1/2	4 1/2	III	6	2	4	III
Strept. pyogenes	12 1/2	3	5	III-IV	6	3	4 1/2	II-III
Speichelfl. (aerob)	11 1/2	2 1/2	4	III	5 1/2	2	3	II-III
Speichelfl. (anaerob)	12	2	5	II-III	6	3	4	II-III
Granul. Fl. (aerob)	12	2 1/2	4 1/2	III	6	2	3 1/2	II-III
Granul Fl. (anaerob)	12 1/2	2 1/2	4	III	6	2 1/2	4	III
Bacillus putrificus	13	3 1/2	3 1/2	III	7	2	4	II-III
Bacillus ödem. mal.	13	3	4	III	6 1/2	3 1/2	3 1/2	III-II

(Tabelle 10).

	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	R. Z. der unbeh. Zem.	R. Z. der pol. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf.
Zement:	G_{VIII}				G_{IX}			
Bacterium Coli	15	7	8	III-IV	15½	7	7½	IV
Bacillus mesent.	16½	5	6	III-IV	16½	4	6½	III-IV
Bact. acidi lactici	15½	4	7	III	15½	5	6	III-IV
Strept. pyogenes	16	5½	6½	III-V	16	5½	6½	IV
Speichelfl. (aerob)	15	3½	6	III-IV	15½	4	7	IV
Speichelfl. (anaerob)	15	4	6	III	16	3½	6½	III
Granul. Fl. (aerob)	15½	3	5	III	15½	6½	7½	IV
Granul. Fl. (anaerob)	15	3½	4	II-III	15	6	7	IV
Bacillus putrificus	17½	5	4	III	17	5½	5½	IV
Bacillus ödem. mal.	17½	3½	4½	III-IV	17½	6	6½	III

(Tabelle 10)

	R. Z. der unbeh. Zem	R. Z der poi. Zem.	R. Z. der geschl. Zem.	Zahl der Uebertragung. bis zur Erschöpf	
Zement:		G_X			
Bacterium Goli	19	4½	4½	III-IV	
Bacillus mesent.	21	4	6	III	
Bact. acidi lactici	18	5	5½	III-IV	
Strept. pyogenes	18½	4	5½	III	
Speichelfl. (aerob)	18	4½	5½	III	
Speichelfl. (anaerob)	18½	3½	5	III	
Granul. Fl. (aerob)	18	4	5	III	
Granul. Fl. (anaerob)	18½	5	6	III	
Bacillus putrificus	22	5	5½	II-III	
Bacillus ödem. mal.	21½	5	5	III	

d) gewässerte Zemente. In der Praxis wird eine Silikatfüllung, sobald der Abbindungsprozeß beginnt, mit einer dünnen Fettschicht überzogen, um dem Zement das notwendige Kristallwasser zu erhalten. Nach Ablauf von ca. 10 Minuten wird dann diese Fettschicht entfernt und die Füllung zum Schutze gegen Speichel mit Zahnlack überzogen. Wir haben von physikalischen und chemischen Veränderungen abgesehen, denen Füllungen während der Erhärtungszeit durch Speichel unterworfen sind, die nicht mit Zahnlack überzogen werden, haben aber an Hand von zwei Silikatzementen (G_I und G_{III}) die Veränderung der Bakterizidie untersucht.

Technik. Die Zemente wurden frisch angerührt und davon je zwei Proben nach 10 Minuten Erhärtungszeit auf Agar gelegt, ferner Proben in Wasser von 37° (an Stelle von Speichel) gegeben und zwar:

a) je zwei Proben ohne Lacküberzug;

b) je zwei Proben mit dickem Lacküberzug.

Nach 24 Stunden wurden diese Zemente aus dem Wasser genommen, gut abgetrocknet und auf frisch mit Bacterium Coli beimpfte Agarplatten gelegt, nachdem bei den mit Lack überzogenen Plättchen der Lack zuerst wegpoliert worden war. Wir erhielten folgende Resultate:

Tabelle 11.

Zement	Zement ohne Lack R. Z. in mm	Zement mit Lack R. Z. in mm	Zement 10' erhärt. nicht gewässert (Kontrolle)
G_I	8—9	10—13	14
G_{III}	4—5	5—5½	6½

Resultate: Unsere Versuche zeigten sehr deutlich, daß ein Verlust an bakteriziden Eigenschaften derjenigen Zemente, die ohne Lacküberzug mit Wasser in Kontakt waren, eintrat, während die mit einer dicken Lackschicht überzogenen Plättchen ihre ursprüngliche Wirkung nach dem Wässern fast gar nicht eingebüßt hatten. Die kleine Differenz gegenüber den nicht gewässerten Zementen ist wohl darauf zurückzuführen, daß die nicht gewässerten Zemente immer noch etwas Säure bezw. saure Phosphate abgaben (siehe auch Versuche mit plastischen und harten Zementen).

Daß ein Verlust an antiseptischer Wirkung bei Zementplättchen, die mit Lack überzogen waren, nicht stattfinden konnte,

ließ sich auch dadurch beweisen, daß wir solche mit Lack überzogene Plättchen auf beimpften Agar legten, während 24 Stunden bei 37° bebrüteten und dann den Effekt prüften. Der Bakterienrasen reichte stets ohne jede Hemmungszone bis dicht an die Zementplättchen heran.

3. Versuche mit Agar von verschiedenem p_H.

Die auffallend größere Wirksamkeit der Antiseptica bei plastischen Zementen im Vergleich zu derjenigen bei festen Zementen veranlaßte uns, zu untersuchen, ob die antiseptische Wirkung (Breite der Randzone) durch verschiedene Wasserstoffionenkonzentration beeinflußt wird. Da die Menge der aus den Zementen herausgelösten Antiseptica in Medien von verschiedenem p_H verschieden sein kann und je nach der Menge der herausgelösten Antiseptica die Breite der Randzone verschieden groß ausfallen könnte, so untersuchten wir, ob solche Unterschiede innerhalb der Grenzen der aktiven Speichelreaktion festzustellen seien. Wir wählten Konzentrationen, wie sie praktisch im Munde vorkommen. Die Arbeiten verschiedener Forscher wie Koneffke [21]), Strebinger [22]), Türkheim [23]), Hendersohn und Millet [24]) und anderen mehr über Wasserstoffionenkonzentrationsmessungen des Speichels zusammenfassend, läßt sich sagen, daß die aktive Reaktion des Speichels zwischen 3,6 und 7,8 schwankt. Den extremen Wert von 3,6 findet man jedoch nur im Speichel aus einem Munde mit stark vorgeschrittener Karies, während normaler Speichel innerhalb der Grenzen von 6 und 7,4 liegt. Wir versuchten auch zu erfahren, ob die Keime in diesen Randzonen abgetötet oder nur im Wachstum gehemmt waren; ferner ob die Randwulstbildung bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration verschieden beeinflußt wird.

Technik. Der mit Milchsäure auf $p_H = 5{,}6$, 6,6, 7,2 und 7,8 eingestellte Agar wurde der Reihe nach mit Bacterium Coli, Bacillus mesentericus, Bacterium acidi lactici, Bacillus putrificus in Platten ausgegossen und in gewohnter Weise die Zemente auf ihre antiseptische Kraft geprüft. Aus der nach 24 Stunden gebildeten Randzone wurden dann mittelst einer sterilen Platinnadel in unmittelbarer Nähe des Zementes Proben entnommen und in Bouillon bezw. Leberbouillon verimpft. Wir kontrollierten dann

das Wachstum in diesen Röhrchen wiederum nach 24 und 48 Stunden.

Resultate. Unsere Versuche zeigten keine wesentlichen Aenderungen in der Breite der Randzonen. Vor allem blieben die Phosphat- und Phosphat-Silikatzemente in ihrer Wirkung konstant, während die antiseptischen Silikatzemente manchmal in der sauren Phase etwas breitere Randzonen ergaben als auf Nährböden, die ungefähr auf den Neutralpunkt eingestellt waren. Im alkalischen Milieu war die Wirkung meist derjenigen im neutralen gleich oder nur selten etwas verstärkt (G_{III}). Die Unterschiede waren jedoch so klein, daß von einer deutlichen Beeinflussung der Wasserstoffionenkonzentration nicht gesprochen werden konnte. Auch bei den grampositiven Keimen war es uns nicht möglich, deutlichere Unterschiede bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration festzustellen.

Bezüglich der Randwulstbildung konnten wir bei den verschieden gewählten Aciditäten ebenfalls keine Unterschiede konstatieren. Die stärksten Randwulste ergaben im allgemeinen die Quecksilberzemente, dann die Kupferzemente, der Silberzement und schließlich die gewöhnlichen Zinkzemente. Bei G konnten wir nie einen Randwulst beobachten. Die Randwulste schienen also durch die Wasserstoffionenkonzentration nicht beeinflußt zu werden, sondern wären lediglich durch Metallwirkung entstanden zu betrachten. Die Ueberimpfung aus den Randzonen in Bouillon bezw. in Leberbouillon und deren Kontrolle nach 24 und 48 Stunden konnten uns keine befriedigende Resultate liefern. Im allgemeinen beobachteten wir bei den antiseptischen Silikatzementen gegenüber Bacterium Coli und Bacterium acidi lactici eine sehr starke Wirkung, während diese bei den Phosphatzementen schwächer war. Aber auch hier ergaben sich große Unterschiede, wobei bei ein und demselben Zement die Ueberimpfung aus der Randzone das einemal Wachstum ergab, während sie das anderemal nicht anging. Diese Variation ist vermutlich zurückzuführen auf verschiedene Dichte, mit der die Versuchsplatten besät worden waren.

Tabelle 12 (Bacterium Coli).

	Zement	A	B	C	D	E	F	G	G_I
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	2	3½	5	3½	2½	16	vW	16
	R. W.	×	××	××	××	×	×××	0	×××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	+	+	++	—	++	—
$p_H = 6{,}6$	R. Z. in mm	2	3½	4½	3½	2½	15	vW	16
	R. W.	×	××	××	××	×	×××	0	×××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	++	+	++	—	++	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	2	3½	4½	3½	2	15½	vW	15
	R. W.	×	××	××	××	×	×××	0	×××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	+	+	++	—	++	—
$p_H = 7{,}8$	R. Z. in mm	2	3	4½	3½	2½	15½	vW	16
	R. W.	×	××	××	××	×	×××	0	×××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	+	+	+	—	++	—

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst ×× deutlicher Randwulst ××× starker Randwulst — kein Wachstum + deutl. Wachstum ++ starkes Wachstum.

(Tabelle 12)

	Zement	G_{II}	G_{III}	G_{IV}	G_{V}	G_{VI}	G_{VII}	G_{VIII}	G_{IX}	G_{X}
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	18	6	14	25	13	6	16	15½	19
	R. W.	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
$p_H = 6.6$	R. Z. in mm	17	6	14	24	13	6	15	16	18
	R. W.	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	—	—	—	—	+	—	—	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	17½	6	13	24	12½	6	15	15	18
	R. W.	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	—	—	—	—	+	—	—	—
$p_H = 7{,}8$	R. Z. in mm	17	5	14	23	13	6	16	15	17
	R. W.	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—

Legende: 0 kein Randwulst. X schwacher Randwulst. XX deutlicher Randwulst XXX straker Randwulst. — kein Wachstum. + deutl. Wachstum. ++ starkes Wachstum.

Tabelle 12 (Bacillus mesentericus).

	Zement	A	B	C	D	E	F	G	G_I
$p_H = 5,6$	R. Z. in mm	2½	4½	6	4	2½	16½	vW	15
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	—	++	+
$p_H = 6,6$	R. Z. in mm	2½	4	5½	4½	2½	16	vW	14½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	—	++	+
$p_H = 7,2$	R. Z. in mm	2	4½	5½	4	2½	16½	vW	14½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	+	++	+
$p_H = 7,8$	R Z in mm	2½	4½	6	4	2	16	vW	14½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	—	++	+

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst ×× deutlicher Randwulst ××× starker Randwulst — kein Wachstum + deutl. Wachstum ++ starkes Wachstum.

(Tabelle 12)

	Zement	G_{II}	G_{III}	G_{IV}	G_{V}	G_{VI}	G_{VII}	G_{VIII}	G_{IX}	G_{X}
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	18½	6½	15½	26	12½	6½	17	17½	20
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	+	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	+	+	+	—
$p_H = 6.6$	R. Z. in mm	18	6	15	26	12	6	17	17½	19
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	+	+	+	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	18½	6	15	25	12	6	16½	17	19
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	+	+	+	—
$p_H = 7{,}8$	R. Z. in mm	18	6½	15	25½	12	6½	17	17	18½
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	+	+	+	—

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst. ×× deutlicher Randwulst ××× straker Randwulst. — kein Wachstum. + deutl. Wachstum. ++ starkes Wachstum.

Tabelle 12 (Bacterium acidi lactici).

	Zement	A	B	C	D	E	F	G	G_I
p_H = 5,6	R. Z. in mm	2-2½	4	5	3½	2½	16	ca. 4	15½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	+	+	+	+	++	—	++	—
p_H = 6,6	R. Z. in mm	2	3½	5	4	2	15½	ca. 4	15
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	+	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	+	+	++	—	++	—
p_H = 7,2	R. Z. in mm	2	3½	4½	3½	2	15	ca. 4	15
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	+	+	+	++	—	++	—
p_H = 7,8	R. Z. in mm	2	4	4½	3½	2	15	ca. 4	14½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	—	—	—	++	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	—	+	+	++	—	++	—

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst ×× deutlicher Randwulst ××× starker Randwulst — kein Wachstum + deutl. Wachstum ++ starkes Wachstum.

(Tabelle 12)

	Zement	G_{II}	G_{III}	G_{IV}	G_{V}	G_{VI}	G_{VII}	G_{VIII}	G_{IX}	G_{X}
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	18	6	14	24	12½	6	16	16	19
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	—	—	+	—	—	—	+
$p_H = 6.6$	R. Z. in mm	18	5½	14	23½	12½	6	16	16	18½
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	+	+	+	+	—	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	18	5½	13½	23	12	6	15	15	18
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	—	+	—	—	—	—	—	—
$p_H = 7{,}8$	R. Z. in mm	17½	6	14	23½	12	6	15½	16	18½
	R. W.	×××	××	××	××	××	××	××	××	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst. ×× deutlicher Randwulst. ××× straker Randwulst. — kein Wachstum. + deutl. Wachstum. ++ starkes Wachstum.

Tabelle 12 (Bacillus putrificus).

	Zement	A	B	C	D	E	F	G	G_I
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	3	5	6½	5	3	17	vW	15½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	+	++	+
$p_H = 6{,}6$	R. Z. in mm	3	5	6½	4½	3	17	vW	16
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	+	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	+	++	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	3	4½	6½	5	3	15½	vW	15½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	+	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	—	++	—
$p_H = 7{,}8$	R Z. in mm	3	4½	6½	4½	3	16	vW	15½
	R. W.	×	×××	×××	×××	×	×××	0	××
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	+	+	+	+	+	—	++	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	++	++	++	++	++	—	++	+

Legende: 0 kein Randwulst. × schwacher Randwulst ×× deutlicher Randwulst ××× starker Randwulst — kein Wachstum + deutl. Wachstum ++ starkes Wachstum.

(Tabelle 12)

	Zement	G_{II}	G_{III}	G_{IV}	G_{V}	G_{VI}	G_{VII}	G_{VIII}	G_{IX}	G_{X}
$p_H = 5{,}6$	R. Z. in mm	20	8	18	26	14	7½	17½	17½	22
	R. W.	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	+	+	+	—
$p_H = 6.6$	R. Z. in mm	20	8	18	25	14	7	17	17	21
	R. W.	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	+	+	+	+	+	+	+	+	—
$p_H = 7{,}2$	R. Z. in mm	19	7	18½	25½	13	7½	17	17	21½
	R. W.	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	+	+	+	+	+	+
$p_H = 7{,}8$	R. Z. in mm	19½	8	18	28½	13½	7	17	17	17½
	R. W.	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 24 Std.	—	+	—	—	—	+	—	—	—
	Ueberimpf. aus der Randzone Wachstum nach: 48 Std.	—	+	+	—	+	++	+	+	—

Legende: 0 kein Randwulst. X schwacher Randwulst. XX deutlicher Randwulst. XXX straker Randwulst. — kein Wachstum. + deutl. Wachstum. ++ starkes Wachstum.

Es war daher nicht möglich, bei solcher Versuchsanordnung auf hemmende oder abtötende Kraft unserer Zemente definitive Schlüsse zu ziehen.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die Breite der Randzonen durch die verschieden gewählten Wasserstoffionenkonzentrationen nicht merklich verändert wurden.

4. Versuche mit Speichelagar.

Technik. Frisch gesammelter Speichel ($p_H = 7{,}4$) wurde zwecks Sterilisation durch ein steriles de Haën'sches Membranfilter (Porenweite $> 0{,}6\ \mu$ filtriert). Wir stellten davon 20prozentigen Speichelagar her, in dem wir zu 4,8 cm^3 auf 60° abgekühlten Agar ($p_H = 7{,}4$) 1,2 cm^3 sterilen Speichel gaben. Wir beimpften die Mischung sofort mit zwei Oesen Bacterium acidi lactici (24stündige Bouillonkultur) und gossen dann in Platten aus. Die Prüfung erfolgte wie bei den früheren Versuchen durch Auflegen der Zementplättchen.

Resultate. Wir konnten im Laufe unserer Versuche feststellen, daß das Wachstum der eingeimpften Keime stets zarter war als bei einer Vergleichsplatte, die keinen Speichel enthielt. Es war daher sehr schwer, die Randzone zu bestimmen, selbst wenn wir doppelt so viele Keime einimpften und wir die Platten 48 Stunden, also länger wie üblich, im Brutschrank ließen. Ob dem Speichel wegen des Gehaltes an Rhodankali eine gewisse bakterizide Eigenschaft zukommt, ist sehr fraglich. Die Theorie, daß Rhodanide als Schutzstoffe gegen Karieserreger aufzufassen seien, erscheint zweifelhaft, wenn wir berücksichtigen, daß der Speichel von kariesimmunen Tieren rhodanfrei ist, der kariesempfängliche Mensch hingegen die Rhodanreaktion zeigt. Auf alle Fälle stellt Speichel infolge seiner geringen Salz- und Eiweißkonzentration ein sehr ungünstiges Nährsubstrat für Bakterien dar. Vielleicht ist das schwächere Wachstum auch auf lytische Agentien (Bakteriophagen?) zurückzuführen, die die Keime in der Kultur zum Teil auflösen.

Die Breite der Randzonen bei den Speichelplatten unterschied sich nicht von derjenigen bei den gewöhnlichen Agarplatten. Trotz der größeren Viskosität des Speichels im Vergleich zu Wasser war die Diffusion des Antisepticums in den Speichelagar praktisch dieselbe.

Tabelle 13.

Zement	A	B	C	D	E	F	G	G_I	G_{II}	G_{III}	G_{IV}	G_V	G_{VI}	G_{VII}	G_{VIII}	G_{IX}	G_X
Platte 1	2	3½	4	3½	2	14	0	14	17	5½	14	25	11	6	15	16	18
Platte 2	0	2½	3½	3	½	12	0	12	13½	4½	12	16	9	4	13	12	9
Platte 3	0	2	2	1½	0	9	0	11	10½	4	7	7½	6	2½	10½	10	6
Platte 4	0	½	1	½	0	7	0	10	9½	3½	4½	5	3	1	8	8½	3
Platte 5	0	0	½	0	0	4	0	8½	8½	3	3	3	1½	0	6	6	1½
Platte 6	0	0	0	0	0	2½	0	7	8	3	2	2	½	0	4½	4½	½
Platte 7	0	0	0	0	0	1	0	6½	6	2½	½	1	0	0	2½	2	0
Platte 8	0	0	0	0	0	0	0	5½	5½	1½	0	0	0	0	1	1	0
Platte 9	0	0	0	0	0	0	0	3½	4	½	0	0	0	0	0	0	0
Platte 10	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Platte 11	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Platte 12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

5. Desinfektionsversuche.

Nachdem wir unsere Zemente an Hand der Plattenversuche hinsichtlich Randzonenbildung, die je nach zugesetztem Antisepticum verschieden groß ausfielen, in eine Reihe ordnen konnten, so interessierte es uns zu erfahren, ob die Antiseptica die Keime wirklich abtöten, umso mehr, als wir auch bei der Ueberimpfung aus den Randzonen in Bouillon keine eindeutigen Resultate erhalten konnten.

Die quantitative Bestimmung der Desinfektionskraft unserer Zemente führten wir nach der von Poetschke angegebenen Technik aus. Als Testkeim verwendeten wir Bacterium Coli.

Technik. Die Zemente wurden nach Vorschrift gemischt und nach fünf Tagen Erhärtungszeit unter möglichster Beachtung aseptischer Kautelen fein gepulvert. Um stets gleiche Korngröße zu haben, wurden die Pulver durch ein steriles Sieb geschickt. Eine Oese Bacterium Coli (aus 10 cm³ 24stündiger Schrägagarabschwemmung 37°) wurde in 5 cm³ sterile Kochsalzlösung geimpft. In diese Aufschwemmung wurde 0,5 gr. Pulver (auf Handwage abgewogen) gegeben, das Röhrchen mit einem sterilen Kork verschlossen und sofort während einer Minute kräftig durchgeschüttelt. Dann wurde eine Minute zentrifugiert und nach einer Kontaktzeit von total 10 Minuten die Keimzahl in der überstehenden Flüssigkeit bestimmt. Dann wurde wiederum geschüttelt, zentrifugiert und nach 30 Minuten bezw. 60 Minuten die Abnahme der Keimzahl festgestellt. Parallel zu diesen Versuchen wurden beimpfte Röhrchen ohne Zement geschüttelt, zentrifugiert und ebenfalls mit Agar in Petrischalen ausgegossen. Um die Keime besser auszählen zu können, wurden entsprechende Verdünnungen angelegt. Wir entnahmen 0,05 cm³ und gaben diese in 5,0 cm³ sterile Kochsalzlösung. Von dieser Verdünnung vermengten wir 0,5 cm³ bezw. 0,05 cm³ mit Agar, jedesmal unter Benützung einer frischen sterilen Pipette und gossen dann in Platten aus. Auf diese Weise war es uns sehr leicht möglich, nach 24stündiger Bebrütung die Keime von Auge oder mittelst des Wolffhügel'schen Apparates zu zählen. Je nach dem Verdünnungsgrad wurden dann die erhaltenen Zahlen mit 20, 200 oder 2000 multipliziert und so auf 1 cm³ Flüssigkeit berechnet. Die Zahlen in den nachfolgenden Tabellen geben also die Keimmenge pro cm³ Kochsalzlösung an.

Tabelle 14 (Bacterium Coli).

Zement	Zahl der Keime unmittelbar vor der Zugabe des Zementes	nach 10'	nach 30'	nach 60'	Abnahme der Keimzahl in % nach 10'	30'	60'
A	44000	450	286	244	98,93	99,35	99,45
B	48600	522	265	240	98,93	99,46	99,51
C	43600	380	225	180	99,13	99,49	99,59
D	48200	460	276	204	99,04	99,43	99,58
E	45400	560	280	210	98,77	99,39	99,54
F	46000	—	—	—	100	100	100
G	50200	500	320	270	99,01	99,77	99,47
G_I	46000	—	—	—	100	100	100
G_{II}	46000	—	—	—	100	100	100
G_{III}	39600	340	12	—	99,14	99,97	100
G_{IV}	42000	—	—	—	100	100	100
G_V	54600	—	—	—	100	100	100
G_{VI}	45600	5	—	—	99,99	100	100
G_{VII}	45600	370	324	—	99,19	99,95	100
G_{VIII}	50200	—	—	—	100	100	100
G_{IX}	44800	—	—	—	100	100	100
G_X	46600	—	—	—	100	100	100
Kontrolle	43200	44050	43600	42900	—	—	—

Unsere Desinfektionsversuche, deren Resultate wir in Tabelle 14 zusammengestellt haben, ergaben unseres Erachtens keine befriedigende Resultate. Auffallend war vor allem die starke Wirkung des Zementes G, welche im allgemeinen derjenigen der antiseptischen Phosphatzemente nicht nachstand. G zeigte bei unseren früheren Versuchen auf beimpften Agarplatten praktisch keine Wirkung. Wir konnten uns diese starke Wirkung nur dadurch erklären, daß neben den desinfizierenden Eigenschaften entweder eine Adsorption (Adhäsion) oder rein mechanische Faktoren eine Rolle spielen. Um nun diese Verhältnisse zu erforschen, und weil die vorangegangenen Versuche keine genügenden Resultate ergaben, haben wir weitere Versuche angestellt.

Nach Bechhold [25]) läßt sich die Adhäsion von Bakterien durch Pulver mikroskopisch nachweisen, indem man Bakterienpulvergemische auf den Objektträger ausstreicht und färbt. Bei adhärierenden Pulvern findet man dann die Bakterien um die Adsorbenspartikelchen angereichert.

Technik. 24stündiger Colischrägagar (37°) wurde mit 5 cm³ steriler Kochsalzlösung abgeschwemmt; davon wurde 0,5 cm³ in 5 cm³ sterile Kochsalzlösung gegeben, mit ca. 1 mg Zementpulver während 5 Minuten kräftig geschüttelt und aus diesem Gemisch eine Oese auf den Objektträger ausgestrichen und gefärbt. Es konnte in keinem Falle eine Anhäufung von Bakterien um die Zementpartikelchen beobachtet werden.

Renner[26]) empfiehlt als geeignetste Methode für den Nachweis der Bakterienadhäsion die mikroskopische Betrachtung im hängenden Tropfen. Unter Anwendung derselben Technik wurde nach dem Schütteln das Bakterienpulvergemisch sofort im hängenden Tropfen untersucht.

In zahlreichen Untersuchungen, die wir sowohl mit Phosphatzementpulvern als auch mit Silikatzementpulvern ausführten, konnten wir nie eine deutliche Anreicherung der Colibakterien um die Zementpartikel konstatieren. Bakterien und Pulverteilchen lagen stets in einem zufälligen Neben- und Durcheinander.

Auf Grund unserer Untersuchungen glauben wir sagen zu dürfen, daß von einer Adhäsionswirkung unserer Zementpulver nicht gesprochen werden kann.

Ueberlegen wir uns die mechanischen Faktoren, die hier eine Rolle spielen können. Die durch Schütteln fein suspendierten Zementpartikel setzten sich beim Zentrifugieren auf den Boden des Glases. Sie stellen während des Zentrifugierens ein bewegliches Filter dar, welches anfangs weitporig, später jedoch engporiger ist. Auf diese Weise werden die Bakterien eingeschlossen und zu Boden gerissen.

Um nun diese Filterwirkung im Experiment zu erklären, haben wir die Desinfektionsversuche mit Bacterium Coli wiederholt. Nachdem wir jedesmal aus der klar überstehenden Flüssigkeit abgestufte Mengen entnommen und mit Agar auf Platten ausgegossen hatten, wurde das Sediment aufgeschüttelt und hievon wiederum Verdünnungsplatten angelegt. Wir glaubten, daß, wenn es sich um ein mechanisches Niederreißen der Bakterien durch Pulverteilchen handelte, die Keime aus dieser Aufschwemmung auf den Agarplatten wachsen würden, wenn auch nicht bei den antiseptischen, so doch bei den nicht oder schwach antiseptischen Zementen. Parallel zu unseren Versuchen wurde wiederum ein beimpftes Röhrchen ohne Zement als Kontrolle geschüttelt, zentrifugiert und Proben davon mit Agar in Schalen ausgegossen.

Tabelle 15.

Zement		Zahl d. Keime unmittelbar vor der Zugabe des Zementes	nach 10'	nach 30'	nach 60
A	klare Fl'keit	73700	550	400	310
	Sed. aufgesch.		7400	7200	7050
B	klare Fl'keit	70000	620	480	290
	Sed. aufgesch.		4250	3750	3900
C	klare Fl'keit	65100	590	420	270
	Sed. aufgesch.		4700	4040	3940
D	klare Fl'keit	64000	650	530	540
	Sed. aufgesch.		4200	3600	3720
E	klare Fl'keit	64000	480	410	350
	Sed. aufgesch.		10100	12050	9600
F	klare Fl'keit	57200	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G	klare Fl'keit	69300	350	420	300
	Sed. aufgesch.		59000	61000	60200
G_I	klare Fl'keit	71500	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{II}	klare Fl'keit	59300	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{III}	klare Fl'keit	61700	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{IV}	klare Fl'keit	72100	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_V	klare Fl'keit	68000	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{VI}	klare Fl'keit	64300	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{VII}	klare Fl'keit	42000	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{VIII}	klare Fl'keit	80600	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_{IX}	klare Fl'keit	60400	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—
G_X	klare Fl'keit	60400	—	—	—
	Sed. aufgesch.		—	—	—

Resultate. In Tabelle 15 sind die Resultate der filtrierenden und desinfizierenden Wirkung zusammengestellt. Ausgehend von ca. 60—70000 Keimen blieben nach 10 Minuten bei den Phosphat- und Phosphatsilikatzementen 480 bis 650 Keime. Durch die antiseptischen Silikatzemente F und G_I bis G_X war nach dieser Zeit Sterilität erreicht worden. Auffallend ist auch hier wiederum die starke Wirkung des nicht antiseptischen Zementes G, die derjenigen der Phosphat- und Phosphatsilikatzemente ungefähr gleichkam. Unsere Vermutung einer reinen Filterwirkung durch die Zementpulver finden wir darin bestätigt, daß die Keimzahlen wesentlich höher ausfielen, wenn wir Verdünnungsplatten aus den aufgeschüttelten Sediment anlegten. Aus dem Sediment des leicht antiseptischen Zementes A konnten wir ausgehend von 73700 Keimen, 7400 Keime, also rund 10 % wieder zurückgewinnen, während der Rest von rund 90 % vermutlich durch die auf die Platte mit hinübergenommene Menge Zementpulver im Wachstum gehemmt waren. Aus den antiseptischen Kupferzementen B, C und D erhielten wir nur 4200 bis 4700 Keime zurück, offenbar wegen der stärker hemmenden Wirkung der Zemente. Beim nicht antiseptischen Silikatzement G erhielten wir von 69300 rund 60000 Keime. Es ist anzunehmen, daß der kleine Rest durch die anwesenden Aluminiumverbindungen im Wachstum gehemmt waren. Eine Mittelstellung nimmt E ein, aus dessen Sediment wir rund 10000 Keime zurückgewannen. Bei den antiseptischen Silikatzementen F, G_I bis G_X konnten wir aus dem Sediment nie Wachstum feststellen. Spätere Versuche werden noch zeigen, ob hier Abtötung oder nur Hemmung durch Zementpartikel vorlagen. In allen Fällen, wo wir aus den aufgeschüttelten Sedimenten Wachstum konstatierten, bemerkten wir nach 30 und 60 Minuten eine wenn auch nur geringe Abnahme der Keimzahl, die wir auf die zunehmende Konzentration der Antiseptica und somit auf eine stärker hemmende Wirkung zurückführten.

Unsere Ergebnisse aus Tabelle 14 und 15 zusammenfassend, läßt sich sagen, daß sich die Desinfektionskraft der Zemente im Suspensionsversuch, wie er von Poetschke ausgeführt wurde, nicht einwandfrei bestimmen läßt. Es wirkt dabei störend die Filterwirkung der Zementpartikel, die je nach dem Feinheitsgrad und der Art des Zementpulvers verschieden stark ausfallen kann.

Um nun diese Fehler auszuschalten, haben wir für die nächsten Versuche folgende Technik angewandt:

5 gr. Zementpulver wurden in eine sterile Glasstöpselflasche gegeben und mit 50 cm³ sterilem destiliertem Wasser ($p_H = 6{,}6$; $T = 18°$) während einer Stunde geschüttelt. Nach dieser Zeit wurde vom Ungelösten in eine sterile Glasstöpselflasche durch ein steriles Filter (Goochtigel) abfiltriert. Das Filtrat stellte nun die Stammlösung (St. L.) dar, die wir für jeden einzelnen Zement in stets derselben Weise und unter genau denselben Bedingungen herstellten. Mit einer solchen Stammlösung zu arbeiten hatte den großen Vorteil, daß während des ganzen Versuches stets gleiche Mengen des Antisepticums zur Verwendung kamen, während bei den früheren Versuchen, bei denen wir die Zementpulver mit der infizierten Flüssigkeit in Kontakt ließen, anfangs die Menge des gelösten Antisepticums kleiner war als am Ende der Versuchsreihe. Zu unseren Versuchen verwendeten wir abgestufte Mengen dieser Stammlösung und zwar:

0,1 cm³ St. L. + 9,9 cm³ steril. dest. H_2O = 1 % St. L.
1,0 cm³ St. L. + 9,0 cm³ steril. dest. H_2O = 10 % St. L.
10,0 cm³ St. L. = 100 % St. L.

In diese Verdünnungen gaben wir je eine Oese Bakterienmaterial (aus 25 cm³ Schrägagarabschwemmung) und legten nach verschiedenen Kontaktzeiten nach gewohnter Weise Verdünnungsplatten an. Die tabellarisch zusammengestellten Resultate beziehen sich wiederum auf 1,0 cm³ Flüssigkeit.

Resultate. (vide Tabelle 16). Unsere Versuche mit der Stammlösung ergaben etwas andere Resultate als die, welche wir mit einer Suspension der Zementpulver ausführten. Vor allem fallen die Resultate der nicht antiseptischen Zemente auf, welche von denjenigen in Tabelle 14 sehr verschieden sind. A, welcher nach Tabelle 14 nach 60' 99,45 % Sterilität erzeugte und den antiseptischen Phosphatzementen ungefähr gleich kam, zeigte nun in den Versuchen mit unserer St. L. (100 %) nach derselben Zeit nur eine solche von 47,43 %. Dem Zement A ungefähr gleich steht E, durch welchen eine Keimabnahme auf 41,6 % erreicht wurde. Etwas charakteristischere Resultate ergaben die drei Kupferzemente, bei welchen eine 1 % St. L. nach 60' ungefähr die gleiche Wirkung entfaltete wie eine 100 % St. L. von A und E. Eine 10 % St. L. von B vermochte schon nach 30' sämtliche Keime abzutöten, während dieselbe Wirkung bei C und D erst nach 60'

durch eine 100 % St. L. erreicht wurde. Praktisch keine Wirkung zeigte G, der in unseren früheren Versuchen dieselbe Wirksamkeit entfaltete wie die antiseptischen Phosphatzemente. Die nur geringe Abnahme der Keimzahlen durch eine 1 % und 100 % St. L. sind vermutlich auf die spurenweise in Lösung gegangenen Aluminiumsilikate zurückzuführen. Auch bei den antiseptischen Silikatzementen erhielten wir Resultate, die von den früheren sehr verschieden waren. Durch eine 1 % St. L. von F wurde schon nach 5' Kontaktzeit eine Keimabnahme von 98,36 %, nach 30' bereits Sterilität erzeugt. Aehnliche Resultate ergaben G_{II}, G_V und G_{VIII}. G_I, G_{IV} und G_{VII} entfalteten erst nach 60' bei derselben Konzentration diese Wirkung. G_{III} und G_{VI} verliefen in ihrer Wirkung ungefähr gleich und erzeugten nach 60' durch eine 10 % St. L. praktisch Sterilität. Sie kamen in ihrer Wirksamkeit dem Zement B ungefähr gleich, mit dem Unterschied, daß letzterer durch seine 1 % Stammlösung viel weniger intensiv wirkte als die entsprechende St. L. von G_{III} und G_{VI}. Die stärkste Wirksamkeit entfalteten G_{IX} und G_X, bei welchen durch eine 1 % St. L. schon nach 15' Sterilität erreicht wurde.

Wir fassen unsere Desinfektionsversuche folgendermaßen zusammen:

Die stärkste Desinfektionskraft zeigten die Quecksilberzemente, dann folgen der Silberzement, die Kupferzemente und schließlich die gewöhnlichen Zemente. Unter den Quecksilberzementen erwiesen sich als am wirksamsten G_X, G_{IX}, G_{II}, G_V, F und G_{VIII}, dann folgen G_{VII}, G_{IV}, G_I und G_{VI}. Wenn auch die Unterschiede in der Wirksamkeit sehr klein sind, so zeigen sie doch sehr deutlich, daß es möglich ist, auf diese Art und Weise die Desinfektionskraft von Zementen zu bestimmen. Den Quecksilberzementen am nächsten steht der Silberzement G_{III}. Von den Kupferzementen entfaltete B mit Cu J als Antisepticum die stärkste Wirkung; dies rührt wohl daher, daß Cu J leichter löslich ist als Cu O oder Cu Si O_3, sodaß in derselben Flüssigkeitsmenge mehr Kupfer in Lösung ist als bei C und D.

Vergleichen wir unsere Resultate der Desinfektionsversuche mit denjenigen der Randzonen der entsprechenden Zemente, so kommen wir durchaus nicht zu übereinstimmenden Resultaten. G_V, der weitaus die größte Randzone zu erzeugen vermochte, steht hinsichtlich Desinfektionswirkung erst an vierter Stelle;

oder F, der anfangs die gleiche Randzone erzeugte wie G_I wirkte bedeutend stärker keimtötend als letzterer. — Daraus resultiert, daß aus der Breite der Randzone nicht ohne weiteres auf die Größe der Desinfektionskraft geschlossen werden kann.

Tabelle 16 (Bacterium Coli).

Zement	cm³ St. L.	nach 5'	nach 10'	nach 15'	nach 30'	nach 60'	Abnahme der Keimzahl in % nach 5'	10'	15'	30'	60'
A	K	9320				9470					
	0,1	8900	9100	9400	8700	8750	4,50	2,37	0	6,66	6,12
	1,0	9400	9200	8700	8600	8900	0	1,29	6,66	7,73	4,51
	10,0	6470	6780	6420	5770	4900	32,73	27,26	31,12	38,16	47,43
B	K	8670				8340					
	0,1	9220	8430	8700	6540	4370	0	3,93	0	24,69	49,60
	1,0	2810	450	80	—	—	68,17	94,81	99,08	100	100
	10,0	350	180	—	—	—	96,08	97,93	100	100	100
C	K	5740				5320					
	0,1	5460	5350	5240	4800	3750	4,88	6,80	6,97	16,38	34,67
	1,0	2130	660	440	210	20	62,88	88,51	92,34	96,35	99,66
	10,0	2220	350	70	130	—	61,33	93,91	98,79	97,74	100
D	K	6450				6470					
	0,1	6400	6310	6100	5300	4640	0,78	2,17	5,43	17,83	28,06
	1,0	3200	730	640	420	40	50,39	88,70	90,08	93,49	99,38
	10,0	830	480	380	40	—	87,13	92,56	94,11	99,38	100
E	K	8750				8110					
	0,1	8630	8420	8500	8120	7980	1,37	3,77	2,86	7,20	8,8
	1,0	8470	8680	8300	8100	7850	3,2	0,92	5,14	7,43	10,29
	10,0	6480	6300	5980	5910	5110	25,95	28,00	31,66	31,46	41,6
F	K	8500				8360					
	0,1	140	80	70	—	—	98,36	99,06	99,18	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100

Zement	cm³ St. L.	nach 5'	nach 10'	nach 15'	nach 30'	nach 60'	Abnahme der Keimzahl in % nach 5'	10'	15'	30'	60'
G	K	6480				6280					
	0,1	6800	6400	6350	6740	5900	0	1,23	2,01	0	8,96
	1,0	7100	6930	6500	6740	6650	0	0	0	0	0
	10,0	6800	6400	6200	5950	6380	0	1,23	4,33	8,18	3,09
G_I	K	7020				7160					
	0,1	4660	550	570	130	—	33,62	92,17	91,88	98,15	100
	1,0	80	—	—	—	—	98,87	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
G_{II}	K	4950				4730					
	0,1	50	70	6	—	—	98,99	99,01	99,92	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
G_{III}	K	4900				4650					
	0,1	3840	990	945	875	86	21,23	79,80	80,72	82,15	98,25
	1,0	970	120	850	30	—	80,21	87,55	82,65	99,39	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
G_{IV}	K	5470				5050					
	0,1	1650	1620	190	40	—	69,83	70,39	96,52	99,27	100
	1,0	71	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
G_V	K	7850				7920					
	0,1	1080	70	10	—	—	86,24	99,11	99,87	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100

(Tabelle 16)

Zement	cm³ St. L.	nach 5'	nach 10'	nach 15'	nach 30'	nach 60'	Abnahme der Keimzahl in % nach 5'	10'	15'	30'	60'
GVI	K	8630				9100					
	0,1	3840	2250	1700	1050	750	55,51	73,93	80,31	72,84	91,31
	1,0	490	130	60	—	70	94,32	98,49	99,31	100	99,19
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
GVII	K	4650				4570					
	0,1	1770	290	90	30	—	61,94	93,77	98,07	99,36	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
GVIII	K	10500				11000					
	0,1	5550	1480	260	—	—	47,05	85,91	97,53	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
GIX	K	8640				8430					
	0,1	2550	140	—	—	—	70,49	98,38	100	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
GX	K	9450				9620					
	0,1	160	30	—	—	—	98,31	99,69	100	100	100
	1,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100
	10,0	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100

6. Einfluß des Auswaschens einiger Silikatzemente bezw. ihrer Antiseptica.

Da auch den Silikatzementen bezw. ihren Antisepticis eine gewisse Löslichkeit zukommt, ansonst ja keine antiseptische Wirkung zustande käme, so interessierte es uns, zu erfahren, in welchem Verhältnis diese Silikatzemente zueinander in Bezug auf ihre Löslichkeit stehen, ist sie doch ein Maßstab für die Qualität eines Zementes. Eine allzu große Löslichkeit würde den Zement unbrauchbar machen.

Technik. Die Zemente wurden frisch angerührt und in eisernen Formen zu Plättchen von stets gleicher Oberfläche geformt. Die Zementplättchen wurden bis zum Gebrauch in Paraffinöl aufbewahrt. Um das Gewicht dieser Zementmuster zu bestimmen, mußte beim Abwägen mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden; denn je nach dem Grad der Hydratation des Zementes kann das Gewicht verschieden sein. Die in Paraffinöl aufbewahrten Plättchen wurden in Benzin rasch gewaschen und dann mit Filtrierpapier abgetrocknet. Dann wurden sie während zwei Stunden bei Zimmertemperatur (19—20°) an der Luft getrocknet, indem wir sie abwechslungsweise auf einer ihrer Seitenkanten aufstellten, damit sie an allen Flächen trocknen konnten. Nach dieser Zeit wurden die Zemente sofort gewogen und dann in fließendes Wasser gegeben. Nach verschiedenen Zeiten wurde die Gewichtsabnahme bestimmt, indem die in Wasser gelegenen Plättchen nach dem Abtrocknen unter den gleichen Bedingungen zwei Stunden zum Trocknen aufgestellt und schließlich gewogen wurden. Das Abwiegen erfolgte also immer nach zweistündigem Trocknen an der Luft, sodaß alle Oberflächen den gleichen Grad von Trockenheit aufwiesen. Bei G wäre die Gewichtsdifferenz nur auf die Löslichkeit des Zementes zurückzuführen, während bei den antiseptischen Zementen sich noch diejenige des Antisepticums addieren würde.

Tabelle 17.

Zement	ursprüngl. Gewicht	nach 1 Tag	nach 5 Tagen	nach 14 Tagen	nach 4 Wochen
G	0,8816	0,8820	0,8813	0,8814	0,8814
G_I	0,8932	0,8930	0,8929	0,8931	0,8936
G_{II}	0,9103	0,9105	0,9100	0,9101	0,9102
G_{III}	0,9058	0,9051	0,9056	0,9054	0,9056
G_{IV}	0,9058	0,9062	0,9060	0,9056	0,9057
G_V	0,8916	0,8915	0,8919	0,8914	0,8918
G_{VI}	0,9112	0,9116	0,9112	0,9110	0,9114
G_{VII}	0,9172	0,9174	0,9171	0,9175	0,9172
G_{VIII}	0,9144	0,9140	0,9138	0,9144	0,9143
G_{IX}	0,8916	0,8910	0,8922	0.8918	0,8917
G_X	0,8978	0,8972	0,8976	0,8976	0,8980

Von einer deutlichen Gewichtsabnahme kann laut Tabelle 17 nicht gesprochen werden. Die geringen Unterschiede nach vier Wochen Wässerungszeit gegenüber dem ursprünglichen Gewicht, die sich teils in einer Gewichtszunahme, teils in einer Gewichtsabnahme zeigten, waren wohl lediglich auf kleine unvermeidliche Versuchsfehler zurückzuführen, die dadurch zustande kamen, daß die Hydratation der Zemente im Moment des Abwiegens (trotz genauester Beachtung der Trocknungsvorschrift) nie genau dieselbe war.

7. Prüfung der Veränderlichkeit der Silikatzemente.

a) beim Anrühren und beim Aufbewahren am Licht. Als wichtiges Postulat, welches an ein ideales Zahnfüllungsmaterial gestellt werden muß, kommt die Unveränderlichkeit der Zemente, vor allem der Silikatzemente in Frage. Wir haben im Laufe unserer Untersuchungen immer wieder beobachten können, daß einige Zemente schon während oder nach dem Anrühren ihre Farbe änderten. Auffallend war vor allem G_V, der sich, wenn das Antisepticum frisch mit dem Silikatpulver vermengt war, schon beim Anrühren schwach gelblich verfärbte, um beim Erhärten allmählich in ein intensiveres Gelb überzugehen. Beim Lagern des Pulvers verfärbte sich schon dieses etwas gelblich und wurde dann beim Anrühren gelbbraun. G_{III} behielt seine weiße Farbe beim Anrühren, schwärzte sich jedoch bald beim Aufbewahren am Licht, während Zementplättchen, die wir im Dunkeln herstellten und aufbewahrten, längere Zeit weiß blieben.

Als Vergleichszement benutzten wir G, der sich durch Farbenkonstanz und hohe Transparenz auszeichnet und derjenigen des Zahnschmelzes sehr nahe kommt.

Tabelle 18.

Zement	beim Anrühren	beim Aufbewahren
G	unverändert	unverändert.
F	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_I	unverändert	grau
G_{II}	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_{III}	unverändert	grauschwarz
G_{IV}	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_V	gelblich	gelb bis gelbbraun
G_{VI}	unverändert	grau
G_{VII}	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_{VIII}	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_{IX}	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz
G_X	unverändert	unverändert, verliert wenig an Transparenz

Eine deutliche Farbenänderung wiesen neben G_{III} und G_V nur noch G_I und G_{VI} auf. Die meisten Zemente hatten das Gemeinsame, daß sie durch die zugesetzten Antiseptica etwas an Transparenz verloren. Dem Vergleichszement G stand am nächsten G_{IX}. Die Farbenänderung durch Antiseptica schließt somit die Verwendung dieser Zemente in der Praxis aus, während der Verlust an Transparenz bei denjenigen Zementen, die in ihrer Farbe konstant blieben, von nur untergeordneter Bedeutung ist.

Wenn wir unsere Zemente bezüglich Transparenz in eine Reihe ordnen wollen, so ergibt sich folgendes Bild:

$$G,\ G_{IX},\ G_{II},\ G_{VII},\ G_{IV},\ G_{VIII},\ G_X,\ G_I,\ G_{VI},\ G_V,\ G_{III}.$$

b) durch bakteriell entwickelten Schwefelwasserstoff. Als weiteres Postulat kommt in Frage die Unveränderlichkeit der Zemente durch Mundsäfte, eingeführte Speisen etc. Es ist sehr leicht denkbar, daß die Zemente, die Schwermetallsalze als Antisepticum enthalten, sich im Munde durch bestimmte Fäulnisstoffe schwärzen unter Bildung von Schwermetallsulfiden. Zweck dieser Versuche war, zu untersuchen, ob die antiseptischen Silikatzemete sich durch Fäulnisstoffe speziell durch bakteriell entwickelten Schwefelwasserstoff schwärzen.

Technik. Wir beimpften Leberbouillon mit Bacillus putrificus. Die beimpften Röhrchen wurden für 24 Stunden in den Brut-

schrank (37°) gegeben. Nach dieser Zeit zeigten die Kulturröhrchen starke Gasentwicklung. Wir überzeugten uns von der Anwesenheit von H_2S, indem wir ein mit Bleiazetat getränktes Filtrierpapier über die Bouillon zwischen Wattebausch und Reagenzglas klemmten. Nach kurzer Zeit verfärbte sich das Bleiazetatpapier braunschwarz, was auf die Anwesenheit von H_2S schließen ließ. In diese H_2S enthaltenden Röhrchen wurden die Zemente gebracht und während längerer Zeit bei einer Temperatur von 37° damit in Kontakt gelassen. Von Zeit zu Zeit wurden die Zemente aus den Kulturröhrchen, sobald diese keine Gasentwicklung mehr zeigten, genommen und in frische Kulturen gelegt.

Tabelle 19.

Zement	ursprüngl. Farbe	nach 1 Tag	nach 5 Tagen	nach 8 Tagen	nach 14 Tagen	nach 30 Tagen	nach 60 Tagen
F	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_I	grau	grau	grau	grau	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz
G_{II}	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_{III}	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz
G_{IV}	weiß	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_V	gelb	gelb	gelb	gelb	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz
G_{VI}	grau	grau	grau	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz	grau-schwarz
G_{VII}	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_{VIII}	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_{IX}	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss
G_X	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss	weiss

Eine Veränderung der Zemente durch bakteriellen H_2S konnten wir nur bei denjenigen Zementen beobachten, welche sich schon beim Aufbewahren am Licht veränderten. G_I, G_{III} und G_{VI} erfuhren durch H_2S eine etwas intensivere Verfärbung, während G_V von gelb in ein deutliches Grauschwarz überging.

8. Nachprüfung der antiseptischen Wirksamkeit von gelagerten Zementen.

Zwei Monate lang an der Luft gelagerte Zementplättchen wurden in gleicher Weise wie die harten Zemente geprüft und zwar verwendeten wir als Testkeim Bacillus mesentericus. Wir wollten ermitteln, ob die antiseptische Kraft konstant bleibt, oder ob sie sich durch Lagern verändert. Ausgehend von unserer Beobachtung, daß einige Zemente bezw. deren Antiseptica sich schon beim Anrühren mit der Flüssigkeit verändern, ließ vermuten,

daß auch eine Veränderung der bakteriziden Kraft sehr wahrscheinlich sei. Wir erhielten auch in der Tat Resultate, die von den früheren Werten zum Teil sehr stark abwichen. Wir haben zum Vergleich unserer Resultate die entsprechenden Werte der plastischen und harten Zemente, die wir Tabelle 7 und 8 entnahmen, aufgeführt.

Tabelle 20.

Zemente	plastische Zemente R. Z. in mm	harte Zemente R. Z. in mm	gelagerte Zemente R. Z. in mm	% Verlust der gelag. Zemente bezogen auf harte Zemente
A	2½	2½	2½	0 %
B	4½	4	3	25 %
C	6	5½	5½	0 %
D	4½	4½	4	12,2 %
E	2½	2½	2½	0 %
F	17	16	12	25 %
G	0	0	0	0 %
G_I	15½	15	9½	37,7 %
G_{II}	19	18½	14½	21,7 %
G_{III}	6½	6½	3	53,9 %
G_{IV}	16	15	12	20 %
G_V	26	26	8	69,3 %
G_{IV}	14	12	6	50 %
G_{VII}	6½	6½	4	28,5 %
G_{VIII}	17	16½	8	51,6 %
G_{IX}	17	16½	6½	60,7 %
G_X	22½	21	9	57,2 %

Einen sehr starken Verlust an bakterizider Kraft wiesen die Silikatzemente mit den Quecksilber- und Silberverbindungen auf. Die stärkste prozentuale Abnahme zeigten G_V, G_{IX}, G_{VIII}, G_X, G_{III} und G_{VI}, die einen Verlust von 50 bis 69,3 % aufwiesen. Bei den übrigen antiseptischen Silikatzementen betrug die Abnahme 21,7 bis 37,7 %. Von den Phosphatzementen zeigten A und C gar keine Verminderung der antiseptischen Kraft, während B eine solche von 25 % und D eine von 12,2 % erfuhr. Daß ein deutlicher Verlust der antiseptischen Kraft für sämtliche Zemente außer G_V nur nach dem Lagern im festen Zustand eintritt, konnten wir nun dadurch beweisen, daß wir Zementpulver, die wir bis 12 Monate gelagert hatten, mit der Flüssigkeit anrührten und in plastischem und hartem Zustand prüften.

Wir konnten bei keinem Zement eine Abnahme konstatieren außer bei G_V, welcher nach dieser Zeit im Plattenversuch nur noch eine Randzone von 15 mm zeigte gegenüber einer solchen von 26 mm, die wir erhielten, wenn wir frisches Zementpulver verwendeten.

Wie erklärt sich nun diese Verminderung der antiseptischen Wirkung von gelagerten Zementplättchen? Wir sind uns klar darüber, daß es sich hier um chemische und physikalische Fragen handelt, die zu lösen jedoch nicht in den Rahmen dieser Arbeit gehören.

Unsere Vermutungen gehen dahin:

1. daß sich die Antiseptica nach dem Anmischen unter dem Einfluß der Phosphorsäure und sauren Phosphate zersetzen in antiseptisch unwirksamere Spaltprodukte, oder

2. daß die Abbindung der Silikate bei den gelagerten Zementen eine vollkommenere ist als bei den nicht gelagerten Zementen, so daß letztere die Antiseptica viel leichter in den Agar abgeben, als die gelagerten Zemente, bei denen die Antiseptica viel fester zwischen den Silikatmolekülen verkittet sind, oder

3. daß die Antiseptica bei der Zementabbindung eine Modifikation erleiden im Sinne eines größeren Verdampfungsvermögens, sodaß der Gehalt an wirksamer Substanz kleiner wird, wodurch auch eine Abnahme der antiseptischen Kraft eintritt.

Wir haben in nachstehenden Experimenten versucht, der unter Punkt 3 angegebenen Vermutung näher auf den Grund zu gehen. Wir gingen aus von der Ueberlegung, daß, wenn das Antisepticum verdampft, sich rings um das Zementplättchen eine Zone von Metalldampf bezw. Dampf von Metallverbindung befinden müsse. Wenn dem tatsächlich so wäre, so müßte dieser Dampf beim Nähern einer beimpften Agarfläche sich auf dieser niederschlagen und Keime, die sich in dieser Zone befinden, im Wachstum hemmen oder gar abtöten, vorausgesetzt natürlich, daß die Dampfmenge eine genügende ist, um diese Wirkung auszulösen.

Wir verwendeten für unsere Versuche Bacillus mesentericus, welcher sich in früheren Versuchen schon als sehr empfindlich gegenüber Antisepticis erwiesen hatte.

Technik. Einer mit Bacillus mesentericus beimpften Agarfläche näherten wir von unten her ein antiseptisches Zement-

plättchen bis fast zur Berührung, sodaß also noch ein kleiner Abstand von ca. 1 mm zwischen Zementplättchen und Agarfläche bestand. Die Platte wurde dann für 24 Stunden in Bebrütung gegeben und zwar bei 22°, eine zweite Platte bei 37°.

Tabelle 21. (Abstand ca. 1 mm zwischen Zement u. Agar).

Durchmesser des „sterilen" Hofes in mm

	t = 22°			t = 37°		
Zemente	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
A	0	0	0	0	0	0
B	0	2—3 (vW)	0	15	14	13½
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
F	4—5 (vW)	2 (vW)	2—3 (vW)	12	17	11
G	0	0	0	0	0	0
G_I	6	4	3—4	16½	15	13½
G_{II}	12	9	11	27½	23	25
G_{III}	0	0	0	0	0	0
G_{IV}	0	1—2 (vW)	2 (vW)	13	14	8
G_V	3—4 (vW)	5 (vW)	1—2 (vW)	14	16	9½
G_{VI}	7	9	4	18½	14	12½
G_{VII}	0	0	0	3½	4	2½
G_{VIII}	3—4 (vW)	4	6	11	7½	13
G_{IX}	3	5	4	13	16	7½
G_X	13	14	10	14½	9	10

Resultate. Auffallend sind die größeren Höfe auf den Platten, welche wir bei 37° bebrüteten im Vergleich zu denjenigen, die wir bei 22° aufbewahrten, entsprechend einer größeren Menge verdampften Quecksilbers bez. Quecksilberverbindung. — Von den Phosphatzementen zeigte nur B einen Hof. Bei den antiseptischen Silikatzementen war die Breite des entstandenen Hofes sehr verschieden. G_{III} zeigte gar keine Wirkung. Bei einem zweiten und

dritten Versuch mit gleich alten Zementen erhielten wir meistens abweichende Resultate, z. B. bei G_X : 1. Versuch = 14½ mm, 2. Versuch = 9 mm, 3. Versuch = 10 mm, was sich wohl dadurch erklären läßt, daß der Abstand zwischen Zement und Agar nie genau eingehalten werden konnte. Bei sämtlichen Platten, auf denen wir einen Hof feststellen konnten, war auch stets ein starker Randwulst sichtbar. Die Ueberimpfung aus diesen Höfen in Bouillon ergab Wachstum nach 24 Stunden bei sämtlichen Zementen außer G_{II}, aus dessen Hof, welchen wir bei 37° erhielten, wir bei der Ueberimpfung selbst nach vier Wochen langem Bebrüten (37°) kein Wachstum feststellen konnten.

In den nächsten Versuchen wählten wir den Abstand von Zement zur Agaroberfläche etwas größer und zwar ca. 4—5 mm. Zur Verwendung kamen nur noch diejenigen Zemente, welche in Tabelle 21 eine Wirkung gezeigt hatten. Wir wollten ermitteln, ob auf diese Distanz unter Verwendung eines neuen Zementplättchens noch eine Dampfwirkung festzustellen sei.

Tabelle 22. (Abstand ca. 4—5 mm zwischen Zement u. Agar).
Durchmesser des „sterilen" Hofes in mm

	t = 22°			t = 37°		
Zemente	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
B	0	0	0	ca. 25 (vW)	20 (vW)	28 (vW)
F	0	0	0	30 (vW)	22 (vW)	20 (vW)
G_I	0	0	0	35 (vW)	22 (vW)	26 (vW)
G_{II}	2 (vW)	0	1—2 (vW)	40 (vW)	29 (vW)	36 (vW)
G_{IV}	0	0	0	32 (vW)	33 (vW)	28 (vW)
G_V	0	0	0	27 (vW)	31 (vW)	30 (vW)
G_{VI}	0	0	0	22 (vW)	26 (vW)	26 (vW)
G_{VII}	0	0	0	0	0	0
G_{VIII}	0	0	0	10 (vW)	(12 (vW)	14 (vW)
G_{IX}	0	0	0	16 (vW)	23 (vW)	14 (vW)
G_X	4 (vW)	2 (vW)	0	22 (vW)	18 (vW)	24 (vW)

Resultate. Bei 22° vermochten nur noch G_{II} und G_X Höfe zu erzeugen, in welchen jedoch deutliches Wachstum sichtbar war.

Bei 37° fielen die Höfe für alle Zemente bedeutend größer aus, zeigten aber stets Wachstum. Nur G_{VII}, der schon bei einem Abstand von ca. 1 mm eine kleine Wirkung zeigte, vermochte bei diesem Abstand keinen Hof mehr zu bilden. Die Entstehung größerer Höfe bei größerem Abstand erklärt sich wie folgt: Die verdampften Antiseptica werden nicht sogleich wie bei kleinem Abstand auf den Agar niedergeschlagen, sondern haben Gelegenheit, sich zuerst noch auszudehnen. Dadurch erfahren aber die Dämpfe eine Verdünnung, die dann auf den beimpften Platten eine weniger intensive Wirkung auszulösen vermögen. (Vide Tabelle).

Bei einem Abstand von ca. 10—12 mm (es wurden dieselben Zemente wie in Tabelle 22 angegeben, jedoch ohne G_{VII} verwendet) konnten wir nie deutliche Höfe beobachten. Bei den Platten, die wir bei 22° bebrüteten, war stets normales Wachstum sichtbar, während die Platten, die im 37° Brutschrank standen, auf der ganzen Fläche stark vermindertes Wachstum aufwiesen.

Aus unseren Versuchen ist leicht zu ersehen, daß je nach Temperatur eine mehr oder weniger starke Abnahme der antiseptischen Kraft beim Lagern der Zemente zu erwarten ist. Ein Zementplättchen von G_X, das wir 24 Stunden bei 22° aufbewahrten, zeigte, wenn wir es auf den Agar legten, noch keine Abnahme der Randzone, wohl aber das Plättchen, welches wir während 24 Stunden bei 37° aufbewahrten. Bei diesem sank die Breite der Randzone von 21 auf 16 mm.

Auf Grund unserer Untersuchungen glauben wir sagen zu dürfen, daß die Verdampfung der Antiseptica wohl als Hauptfaktor am Verlust der antiseptischen Wirksamkeit beim Lagern von Zementen in Frage kommt. Alle festen Körper haben einen bestimmten Dampfdruck. Dieser ist umso kleiner, je tiefer die Temperatur unter dem Schmelzpunkt liegt. Man kann sich denken, wie klein und unsicher bestimmbar er bei gewöhnlicher Temperatur sein muß, wenn es sich um Körper handelt, welche bei sehr hoher Temperatur schmelzen. Während Kupfer und Silber erst bei beginnender Weißglut verdampfen, so ist Quecksilber schon bei gewöhnlicher Temperatur merklich flüchtig.

Es dürfte daher die Wirkung des Kupferjodidzementes auf Distanz nicht auf Kupfer, sondern auf Jod zu beziehen sein. Die Zersetzungen, denen auch viele Quecksilbersalze unterliegen, werden

durch Licht beschleunigt, wobei der Grad der Beschleunigung von der Intensität des Lichtes und von der Stärke des Anions abhängt. So würde denn auch der Dampf solcher Verbindungen sich zusammensetzen aus dem Dampf dieser Zersetzungsprodukte. Unter Einwirkung von Strahlungen und wenig erhöhter Temperatur geht z. B. $Hg_2 Cl_2$ (G_{VII}) über in Hg und $Hg Cl_2$. Der Dampf von Calomel besteht praktisch vollständig aus Hg + $Hg Cl_2$*.

Daß unsere Resultate daher nicht allein auf die Wirkung des verdampften Metalls, insbesonders bei den aromatisch gebundenen Quecksilberverbindungen zurückzuführen ist, ergibt sich aus dem Gesagten.

Für die Praxis ergibt sich daher, daß Zemente, welche antiseptische Zusätze vor allem Quecksilberverbindungen enthalten, möglichst kühl und vor Licht geschützt aufbewahrt werden sollten.

9. Anhang.

Wir untersuchten zum Schluß einige Guttaperchaspitzen und eine metallische Silberspitze, wie sie in der zahnärztlichen Praxis zum Füllen von Nervenkanälen verwendet werden. Die Guttaperchaspitzen enthielten antiseptische Zusätze wie folgt:

Chinosol
Thymol
Trikresol
Quecksilberpräzipitat
Metallisches Silber.

Wir ermittelten die Bakterizidie dieser Spitzen analog den Zahnzementen durch Auflegen auf beimpften Agar und Prüfung des Effektes nach 24stündigem Aufenthalt im Brutschrank (37 °). Nachstehende Werte (vide Tabelle 23) sind als Durchschnittswerte von mindestens sechs Versuchen aufzufassen, ausgenommen die Versuche mit den metallischen Silberspitzen, welche wir nur zwei bis drei mal ausführen konnten, da uns leider nicht mehr Spitzen zur Verfügung standen.

Resultate. Die untersuchten Spitzen besaßen zum Teil nur eine geringe antiseptische Wirkung. Von den sechs Arten vermochten nur die Guttaspitze mit Quecksilberpräzipitat, die Guttaspitze mit Thymol und die met. Silberspitze gegenüber sämtlichen von uns verwendeten Keimen eine eigentliche anti-

* Landolt, Börnstein: Physik. chem. Tabellen.

septische Wirkung auszuüben, während Guttapercha mit Chinosol nur gegenüber Bacillus mesentericus schwach hemmend wirkte. Guttapercha mit Trikresol zeigte keinerlei Wirkung, was umso verwunderlicher ist, als Trikresol ein in der konservierenden Zahnheilkunde sehr beliebtes und viel gebrauchtes Antisepticum ist. Guttapercha mit Silber zeigte nur zweimal eine ausgesprochen antiseptische Wirkung, nämlich gegenüber Bacillus mesentericus und Bacillus putrificus. Den übrigen Keimen gegenüber war die Wirkung nur eine schwach hemmende. Von allen Spitzen entfaltete diejenige mit Quecksilberpräzipitat die stärkste Wirksamkeit. Auch kam hier die verschieden große Empfindlichkeit der grampositiven und gramnegativen Keime, wie wir sie schon bei den Zahnzementen konstatiert hatten, deutlich zum Ausdruck, während diese Differenzierung bei der metallischen Silberspitze und der Spitze mit Thymol nicht oder nur schwach zum Ausdruck kam.

Die folgenden Versuche wurden ausgeführt, um zu erfahren, ob die Spitzen, die in der Fabrik manuell hergestellt werden, steril seien oder ob zufällig auf die Spitzen gelangte Keime beim Einlegen in den Wurzelkanal ohne vorangehende Desinfektion der Spitzen eine Infektion hervorrufen könnten.

Wir gaben die Spitzen, die wir in Kartonschächtelchen frisch aus der Fabrik bezogen hatten, mit steriler Pincette in Bouillon und kontrollierten nach 24- und 48stündiger Bebrütung bei 37°.

Tabelle 23.

Wachstum im Bouillon nach	24 Std.	48 Std.
Gutta mit Chinosol	0	0
Gutta mit Thymol	0	0
Gutta mit Trikresol	0	0
Gutta mit Hg NH_2 Cl	0	0
Gutta mit met. Silber	0	0
Metallische Silberspitze	0	0

Sämtliche Spitzen erwiesen sich in unseren Versuchen als steril. Unsere Befürchtung, daß durch die manuelle Verarbeitung der Spitzen und durch den Transport eine Verunreinigung derselben durch Keime wahrscheinlich sei, konnte nicht zu Recht bestehen.

Wir untersuchten ferner Spitzen, nachdem wir diese während 24 Stunden in einer offenen Petrischale auf dem Arbeitsplatze liegen gelassen hatten.

Tabelle 24.

Wachstum in Bouillon nach	24 Std.	48 Std.
Gutta mit Chinosol	+	++
Gutta mit Thymol	0	++
Gutta mit Trikresol	+	++
Gutta mit Hg NH_2 Cl	0	0
Gutta mit met. Silber	+	++
Metallische Silberspitze	0	0

0 = kein Wachstum
+ = schwaches Wachstum
++ = starkes Wachstum

Außer Gutta mit Quecksilberpräzipitat und der metallischen Silberspitze zeigten nach 48 Stunden Bebrütung alle Spitzen Bakterienwachstum. Die Thymolspitze zeigte nach 24 Stunden Bebrütung noch hemmende Wirkung, um schließlich nach 48 Stunden ebenfalls starkes Bakterienwachstum zu zeigen. Wenn also bei der Wurzelbehandlung die größte Vorsicht betreffs Asepsis und Antisepsis gefordert wird, so gilt dies auch für die Füllmaterialien. Es empfiehlt sich, die Spitzen, vor allem diejenigen, welche keine antiseptische Wirkung besitzen, vor dem Einführen in die Nervenkanäle mit den in der zahnärztlichen Praxis für solche Zwecke gebräuchlichen Antisepticis wie Triopaste oder Chlorphenolkampher antiseptisch zu machen.

Tabelle 25.

Keimart	Gutta mit Chinosol	Gutta mit Thymol*)	Gutta mit Trikresol
Bacterium Coli	Keine Wirkung	d = 8 mm „steriler" Hof eiförmig, ohne Randwulst	Keine Wirkung
Bacillus mesentericus	Keine Wirkung höchst. schwach vermind. Wachstum	d = 10 mm, kein Randwulst	Keine Wirkung
Bacterium acidi lactici	Keine Wirkung	d = 8 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Streptococcus pyogenes	Keine Wirkung	d = 9 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Speichelflora (aerob)	Keine Wirkung	d = 9 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Speichelflora (anaerob)	Keine Wirkung	d = 8 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Granulomfl. (aerob)	Keine Wirkung	d = 7 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Granulomfl. (anaerob)	Keine Wirkung	d = 9 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Bacillus putrificus	Keine Wirkung	d = 10 mm kein Randwulst	Keine Wirkung
Bacillus ödematis maligni	Keine Wirkung	d = 10 mm kein Randwulst	Keine Wirkung

d bedeutet größter Querdurchmesser des „sterilen" Hofes inkl. Durchmesser der Spitze, welcher durchschnittlich 1—2 mm beträgt.

*) Bei einer zweiten Uebertragung zeigten die Thymolspitzen nur noch schwache, wachstumshemmende Wirkung.

Keimart	Gutta mit Hg NH_2 Cl*)	Gutta mit met. Silber	Met. Silberspitze **
Bacterium Coli	d = 13 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt	Kein „steriler" Hof aber stark vermind. Wachstum	d = 12 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Bacillus mesent.	d = 17 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt	d = 8 mm mit spärlichem Wachstum schwachem Randw.	d = 12 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Bacterium acidi lactici	d = 14 mm deutlicher Randw. scharf begrenzt	Vermind. Wachstum in nächster Nähe der Spitze	d = 10 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Streptococcus pyogenes	d = 15 mm deutlicher Randw, scharf begrenzt	Fast normales Wachstum	d = 11 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Speichelfl. (aerob)	d = 14 mm deutlicher Randw.	Fast normales Wachstum	d = 12 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Speichelfl. (anaerob)	d = 12 mm Randw. undeutl. scharf begrenzt	Fast normales Wachstum	d = 11 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Granulomflora (aerob)	d = 13 mm deutlicher Randw. scharf begrenzt	Fast normales Wachstum	d = 12 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Granulomflora (anaerob)	d = 14 mm deutlicher Randw. scharf begrenzt	Fast normales Wachstum	d = 10 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Bacillus putrificus	d = 16 mm deutlicher Randw. scharf begrenzt	d = 8 mm schwach. Randw.	d = 12 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt
Bacillus ödematis maligni	d = 17 mm deutlicher Randw. scharf begrenzt	Vermind. Wachstum in nächster Nähe der Spitze	d = 13 mm deutl. Randwulst scharf begrenzt

*) Die Quecksilberpräzipitatspitzen konnten wir 10—12 mal übertragen.
**) Die met. Silberspitzen waren während 10—14 Uebertragungen wirksam.

Der Grund der geringen antiseptischen Kraft der Guttaperchaspitzen mit Chinosol, Trikresol und metallischem Silber liegt wohl nicht bei den Antisepticis, sondern einerseits in der schlechten Löslichkeit des Guttapercha im Nährsubstrat, anderseits in der schlechten Benetzbarkeit der Spitzen infolge des Gehaltes an Wachs und Harzen.

Nach drei Monate langer Aufbewahrung unserer Spitzen machten wir folgende Beobachtung: *)

Das anfänglich klare und durchsichtige Celluloid, welches sich in den Schächtelchen von Thymol- und Trikresolspitzen befand, hatte sich gelblich verfärbt und war beinahe undurchsichtig geworden. Das ließ vermuten, daß sich die Antiseptica aus den Spitzen verflüchtigt hatten. Wir gaben das Celluloid in Wasser und versuchten nach Autenrieth Thymol bezw. Trikresol nachzuweisen. Die Reaktion fiel auf Thymol positiv aus, während der Nachweis von Trikresol negativ blieb. — Dieser Umstand veranlaßte uns, die Spitzen, welche solche flüchtige antiseptische Zusätze enthielten, einer nochmaligen Prüfung zu unterziehen. Wir konnten denn auch beim Plattenversuch mit den Thymolspitzen eine Abnahme des Durchmessers des „Hemmungs"-Hofes von 7—10 mm auf 3 mm feststellen.

---

*) Auch Dr. Castan machte uns auf diese Beobachtung aufmerksam.

Zusammenfassung und Schlußergebnisse.

Wir fassen die Ergebnisse unserer Untersuchungen folgendermaßen zusammen:

Es wurden verschiedene Zahnzemente daraufhin untersucht, ob und in welchem Grade sie in ihren verschiedenen Zuständen (plastisch, hart, poliert) gegenüber verschiedenen Bakterien (aerob und anaerob) eine antiseptische Wirkung entfalten, ferner wie sich die Zemente beim Aufbewahren unter ungünstigen äußeren Bedingungen verhalten.

Für die Technik der Bestimmung der bakteriziden Eigenschaften von Zahnfüllmaterialien ist hauptsächlich auf folgende Punkte zu achten:

1. Gleichmäßige Beimpfung der Agarfläche.
2. Verwendung von stets gleicher Agarschichtdicke.
3. Verwendung von Zementplättchen von stets gleich großer Wirkungsfläche.

Die plastischen Zemente zeigten infolge der aus ihnen in den Agar hinausdiffundierten Säure bezw. sauren Phosphate etwas stärkere Wirkung als die harten Zemente. Die Unterschiede hinsichtlich Breite der Randzone im Vergleich zu den harten Zementen betrugen für die antiseptischen Phosphatzemente $^1/_2$ bis 1 mm, für die antiseptischen Silikatzemente $^1/_2$ bis 2 mm. — Hingegen vermochten Medien mit verschiedenen p_H (5,6 - 7,8) innerhalb dieser Grenzen keine wesentlichen Unterschiede in der Breite der Randzonen zu erzeugen. Auch auf Speichelagar war die Wirkung unserer Zemente von derjenigen auf gewöhnlichen Agar nicht verschieden.- Die anaeroben Keime erwiesen sich wesentlich empfindlicher gegenüber den von uns verwendeten Antisepticis, was durch eine breitere Randzone deutlich zum Ausdruck kam.

Von den Kupferzementen (mit Kupfersalzen als antiseptische Zusätze) erzeugte C die größte Hemmungszone auf Agar, dann folgte B und schließlich D. Die Hemmungszonen gemessen vom Zementrand bis Wachstumsrand betrugen für diese 3 bis $5^1/_2$ mm. Etwas schwächere Wirkung zeigten die gewöhnlichen Zinkphosphatzemente A und E, für welche die Hemmungszonen $1^1/_2$ bis $3^1/_2$ mm betrugen. Praktisch keine Wirkung zeigte der als nicht antiseptisch zu bezeichnende Silikatzement G. Von den antiseptischen Silikatzementen, welche alle ausser G_{III} der Silberrhodanid enthielt,

Quecksilberverbindungen in organischer und anorganischer Form als antiseptische Zusätze erhalten hatten, erwiesen sich am wirksamsten:

G_V, G_X, G_{II}, G_I, G_{IX}, G_{VIII}, G_{IV}, F, G_{VI}, G_{III} und G_{VII}.

Die Breite der Randzonen dieser Zemente lag innerhalb 6 und 26 mm. Hinsichtlich Dauerhaftigkeit der antiseptischen Wirkung ergibt sich folgende Reihenfolge:

G_{II}, G_I, G_{III}, G_{IX}, G_{VIII}, F, G_V, G_X, G_{IV}, G_{VI} und G_{VII}.

Durch polieren der erschöpften Zemente wurde die ursprüngliche Hemmungskraft nie wieder erreicht, selbst wenn wir die Zemente mit der Schmirgelscheibe abschliffen, d. h. eine größere Schicht unwirksam gewordenen Materials beseitigen.

Beim Wässern von Zementen im plastischen Zustand verloren diejenigen Proben an antiseptischer Wirkung, welche vorher nicht mit Lack überzogen worden waren, während diejenigen, welche vor dem Wässern einen Lacküberzug erhalten hatten, ihre antiseptische Kraft beibehielten.

Antiseptische Zementpulver, welche wir während einer Stunde mit sterilem destilliertem Wasser in Kontakt ließen, machten dieses oligodynamisch. Dieses Wasser bezeichneten wir als Stammlösung (St. L.), von der wir noch eine Verdünnung 1 : 10 (= 10 % St. L.) und eine solche von 1 : 100 (= 1 % St. L.) herstellten. Die Desinfektionsversuche, welche wir mit solchem oligodynamisch gemachtem Wasser für jeden Zement ausführten, ergaben folgende Resultate:

Ausgehend von durchschnittlich 6—9000 Keimen pro cm^3 erzeugten die gewöhnlichen Zinkphosphatzemente A und E durch eine 100prozentige Stammlösung selbst nach 60 Minuten keine Sterilität, während der Kupferzement B durch eine 10prozentige St. L. schon nach 30 Minuten, die Kupferzemente C und D durch eine 100prozentige St. L. nach 60 Minuten Sterilität erzeugten. Keine Desinfektionskraft zeigte der gewöhnliche Silikatzement G. Von den antiseptischen Silikatzementen erzeugten G_{III} mit Silberrhodanid als Antisepticum durch eine 10prozentige St. L. nach 60 Minuten Sterilität. Bei den übrigen antiseptischen Silikatzementen, welche durchwegs Quecksilberverbindungen als antisep-Zusätze enthielten, erreichten wir durch eine 1prozentige St. L. nach 30 Minuten oder spätestens nach 60 Minuten Sterilität, mit

Ausnahme von G_{VI}, welcher erst durch eine 10-prozentige St. L. nach 30 Minuten diese Wirksamkeit entfaltete.

Durch Einlegen von Silikatzementplättchen in fließendes Wasser konnte selbst nach vierwochenlangem Auswaschen keine Gewichtsabnahme konstatiert werden.

Beim Anrühren und beim Aufbewahren der Zemente am Licht veränderten einige Zemente ihre Farbe und büßten daher ihre ursprüngliche Transparenz ein. Es waren dies G_{III}, G_V, G_I und G_{VI}. Nur wenig an Transparenz verloren F, G_X, G_{VIII}, G_{II}, G_{IV} und G_{VII}, während G_{IX} im Vergleich zu G gar keinen Verlust an Durchsichtigkeit aufwies.

Durch Einwirkung von bakteriell entwickeltem H_2S veränderten sich nur diejenigen Zemente, welche sich auch beim Anrühren und Aufbewahren am Licht verändert hatten.

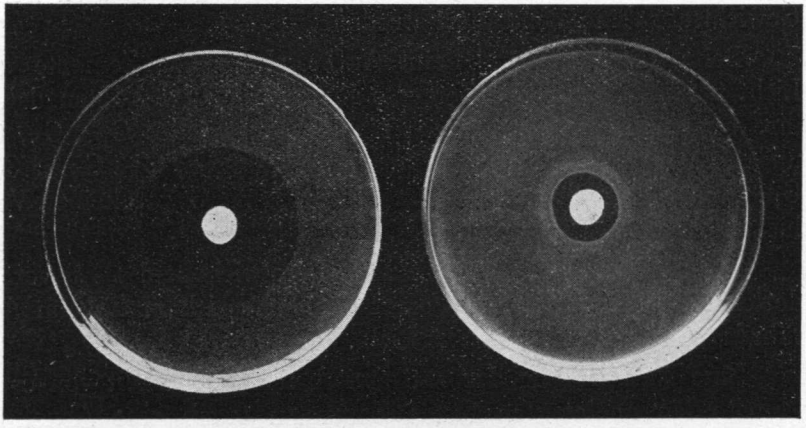
Eine Nachprüfung der antiseptischen Wirksamkeit von ca. 2 Monate lang gelagerten festen Zementen ergab eine Abnahme der antiseptischen Wirkung, die auf eine Verdampfung von antiseptisch wirksamer Substanz zurückzuführen war. Solche Dämpfe, welche aus Zementplättchen entwichen, die wir in einem Abstand von ca. 1 bis 12 mm von beimpften Agaroberflächen angebracht hatten, vermochten eine deutliche biologische Wirkung auszuüben.

Wenn wir ein Antisepticum, das eine lang andauernde Wirkung, eine hohe Transparenz und eine große Desinfektionskraft besitzt, als Zusatz zu einem Silikatzement empfehlen können, so kann an Hand unserer Untersuchungen diesen Anforderungen nur der in G_{IX} sich befindliche Körper $CH_3OC_6H_3(HgCl_2)$ entsprechen.

Im Anhang untersuchten wir einige Guttaperchaspitzen und eine metallische Silberspitze auf ihre antiseptische Wirksamkeit. Als sehr wirksam erwiesen sich im Plattenversuch die metallische Silberspitze, die Guttaspitze mit Quecksilberpräzipitat und die Guttaspitze mit Thymol, während Gutta mit Chinosol nur gegenüber Bacillus mesentericus und Bacillus putrificus schwach hemmend wirkten, zeigte Gutta mit Trikresol keine bakteriziden Eigenschaften.

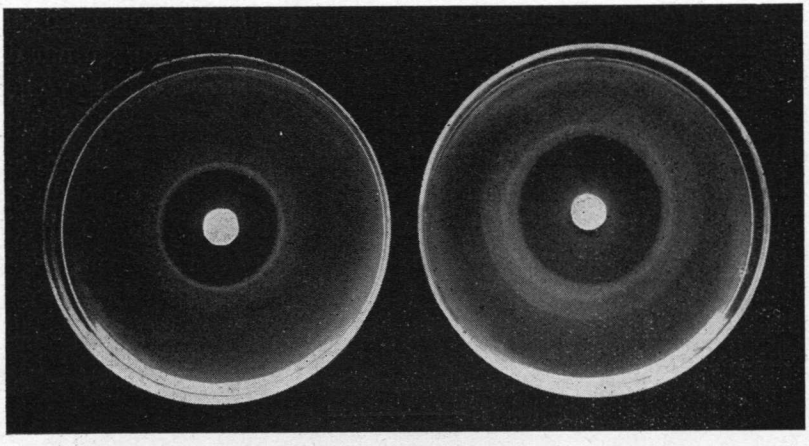
Hemmungszonen.

Fig. 1. Hemmungsversuch gegen Bacillus mesentericus.
links G_{II} rechts G_{III}



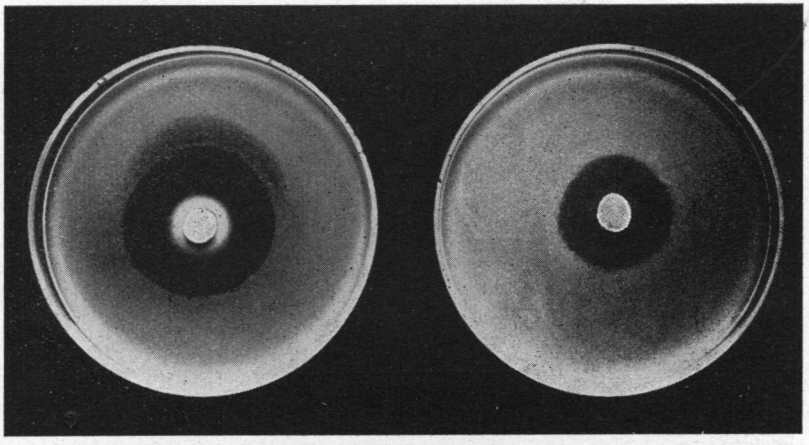
Man beachte den verschiedenen Durchmesser der Hemmungszone, Rechts ausgesprochener Reizrandwulst.

Fig. 2. Hemmungsversuch gegen Bacterium Coli.
links G_{I} rechts G_{II}



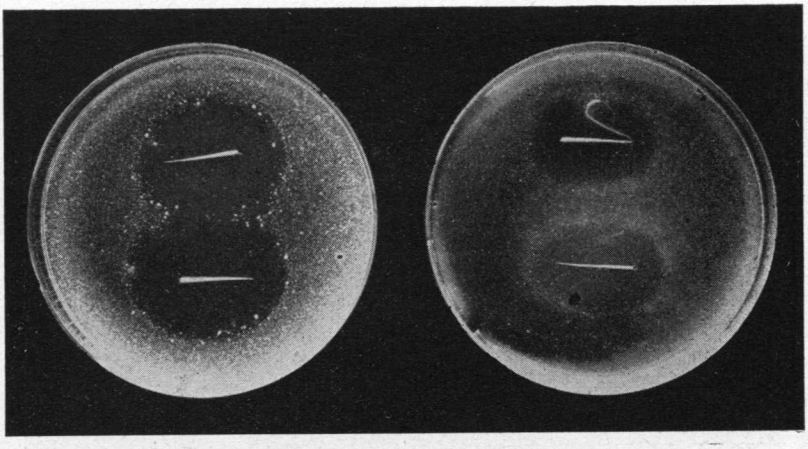
In beiden Fällen ausgesprochener Reizrandwulst an der Grenze von Wachstum und Hemmung.

Fig. 3. Hemmungsversuch gegen dichtbesäte Granulomflora.
links G_{IX} (plast.) auf dünner Agarschicht.
rechts G_{IX} auf dicker Agarschicht.



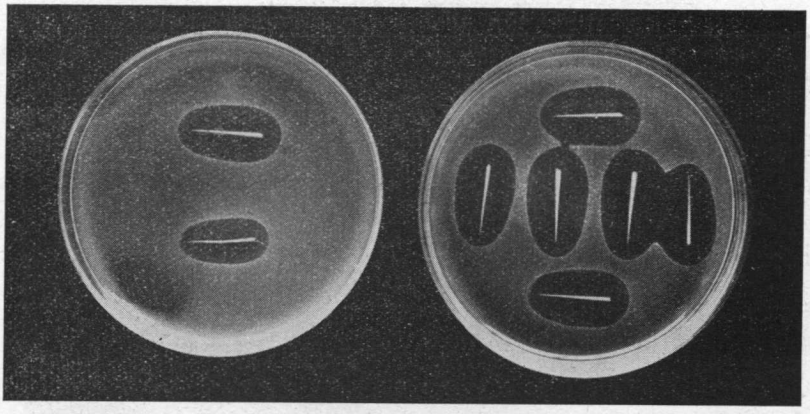
Man beachte den größeren Durchmesser der Hemmungszone von G_{IX} auf dünner Agarschicht im Vergleich zu derjenigen auf dicker Schicht, ferner die Fällungszone um G_{IX} (links).

Fig. 4. Hemmungsversuch mit Guttaspitze mit $Hg\ NH_2\ Cl$: links gegen Bacillus mesentericus, rechts gegen Speichelflora.



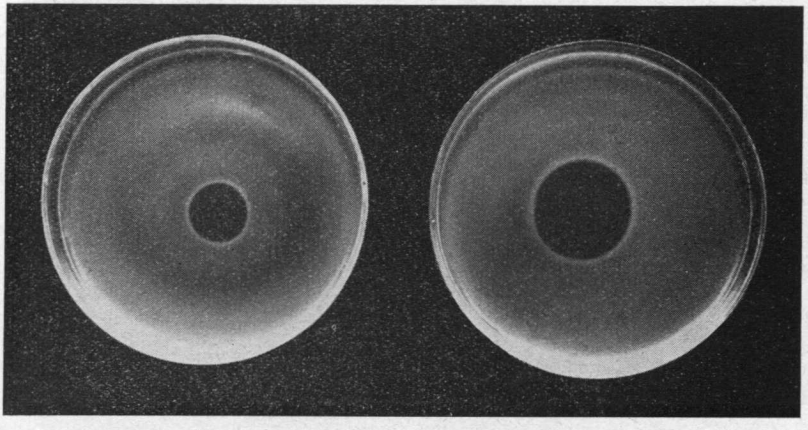
Ausgesprochene Hemmungszone. Der Speichelagar hat wegen seines Mucingehaltes ein eigenartiges glasiges Aussehen.

Fig. 5. Weitere Hemmungsversuche mit Guttaspitzen gegen Bacterium Coli.



Sehr scharfes Absetzen von Wachstum zu Hemmungszonen.

Fig. 6. Dampfhemmungswirkung gegen Bacillus mesentericus.
links B rechts G_{IX}



Die Zementplättchen waren in 1 mm Luftdistanz unterhalb der Agaroberfläche fixiert.

Literatur-Verzeichnis.

1) Nägeli: Denkschriften der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft. Bd. 33, 1893.
2) Krause: Neue Wege zur Wassersterilisierung (Verlag Bergmann, München).
3) Herzberg: Centralblatt für Bakteriologie Orig 90. 113.
4) Stock: Zeitschrift für angew. Chemie, Jahrg. 39, No. 15, 1926.
5) Zangger: Archiv für Gewerbepathologie u. Gewerbehygiene, Bd. 1, Heft 4, 1930.
6) Miller: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde 1908.
7) Hattyasy: Oest. Ung. Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde, 1898.
8) Howe and Hatsch: Dental Cosmos 1917; ref. in Caulk scientific bulletin, 1918.
9) Rohrer: Sammlung von Abhandlungen aus der Zahnheilkunde, 1922.
10) Eisfeld: Zahnärztliche Rundschau, 1926.
11) Poetschke: Journal of Industrial and Engineering chemistry, vol. 7.
12) Apfelstaedt: Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1904.
13) Bruck: Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 1907.
14) Fenchel: Zahnärztliche Rundschau No. 40, 1928.
15) Dubois: Dissertation Paris 1926.
16) Steenbock: Klinische Zahnheilkunde Bd. 1, 3. Aufl. 1929.
17) Dernby: Annales de l'institut Pasteur 1921.
18) Cobet u. van der Reis: Biochem. Zeitschrift 129; 73 (1922).
19) Schuhmacher: Biochem. Zeitschrift 134; 398 (1922).
20) Breinl: Centralblatt für Bakteriologie Ref. 72, 40, 1921.
21) Koneffke: ref. in Deutscher Monatsschrift für Zahnheilkunde, 1928.
22) Strebinger: ref. in Deutscher Monatsschrift für Zahnheilkunde 1928.
23) Türkheim: ref, in Deutscher Monatsschrift für Zahnheilkunde 1928.
24) Henderson u. Millet: Journal of biolog- chem. Bd. 75, 1927.
25) Bechhold: Kolloidzeitschrift 23.
26) Renner: Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 109, 1929.
27) Dörr: Biochem. Zeitschrift 1922.

Curriculum vitae.

Als Sohn des Alfred Müller und der Paula geb. Fischer wurde ich, Fritz Müller, am 9. Juni 1904 in Kreuzlingen geboren, besuchte die dortige Primar- und Sekundarschule und von da ab das Gymnasium in Frauenfeld, wo ich mir im Frühjahr 1924 das Reifezeugnis erwarb. Hierauf begann ich das Apothekerstudium an der Universität Bern, welches ich nach Absolvierung des vorgeschriebenen Praktikums in einer Apotheke mit dem Staatsexamen für Apotheker an der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich abschloß.

Vorliegende Arbeit wurde im Hygiene-Institut der Eidgen. Technischen Hochschule in Zürich ausgeführt.

Meinem verehrten Lehrer,

Herrn Professor Dr. W. von GONZENBACH

möchte ich an dieser Stelle für die Ueberlassung dieses Themas und für das rege Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte, meinen Dank aussprechen.