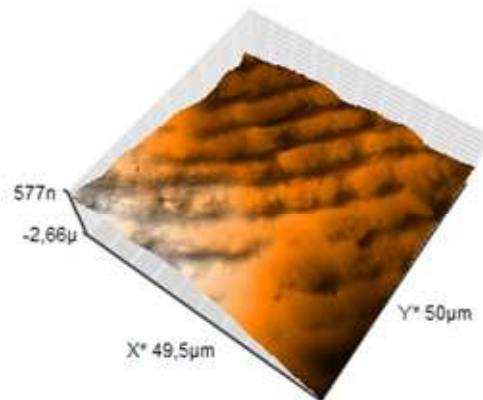


# Einfluss von Putzen auf die Rauheit von Zähnen



**Jugend Forscht 2009**

**Michael Schramm und David Bohrmann**

**phaenovum Lörrach**

## **Inhaltsangabe**

1. Kurzfassung	S.1
2. Einleitung	S.2
3. Das Rasterkraftmikroskop	S.2
4. Die „Zahnputzmaschine“	S.4
5. Zahnmaterial für unsere Untersuchung	S.5
5.1 Unsere Zähne	S.5
5.2 Versuche mit dem Lichtmikroskop	S.6
6. Zahnanatomie	S.6
7. Aufnahmen mit dem AFM von Zahn1	S.7
8. Aufnahmen mit dem AFM von Zahn2	S.8
9. Rauheitsmessungen	S.10
10. Auswertung der Messungen	S.11
11. Interpretation	S.12
12. Ausblick/Pläne für die Zukunft	S.13
13. Danksagungen	S.14
14. Quellen	S.14

### **1. Kurzfassung**

Als erstes machten wir uns mit dem sensiblen Rasterkraftmikroskop vertraut, indem wir Messungen von vorgelieferten Proben gemacht haben, bei denen wir unser Ergebnis mit Bildern aus der Literatur vergleichen konnten und damit die Sicherheit bekamen, dass unsere Untersuchungen richtige Werte liefern. Wir entschieden uns dafür das Abriebverhalten an herausoperierten Weisheitszähnen zu untersuchen. Diese haben den Vorteil, dass sie bisher noch nie geputzt wurden. Wir konstruierten eine Putzmaschine, mit der wir versuchten unter gleichen Bedingungen verschiedene Zähne mit verschiedenen Zahnpasten zu putzen. Die Auswertung der Rauheit der Oberfläche konnte mit einem Standardprogramm des AFM durchgeführt werden. Trotz vieler Vorbehalte kann man dabei die Auswirkung von verschiedenen Zahnpasten auf die Rauheit der Zähne vermuten.

## 2. Einleitung

Durch Presseberichte wurden wir auf das Thema aufmerksam, dass durch intensives Zähneputzen mit sogenannten „Weißmacher“-Zahnpasten der Zahnschmelz geschädigt werden kann.

In unserem Schülerforschungszentrum Lörrach-Dreiländereck phaenovum haben wir die Möglichkeit mit einem Rasterkraftmikroskop (**A**tomic **F**orce **M**icroscope **AFM**) der Firma nanosurf Untersuchungen von Oberflächen im Mikrometerbereich durchzuführen. (Das AFM wurde im Rahmen eines NaT-Working Projekts gestiftet.) Da man mit einem solchen Mikroskop auch nichtleitende Oberflächen abbilden kann, entschlossen wir uns dieses interessante Thema (wir wollen beide Zahnmedizin studieren) anzugehen.

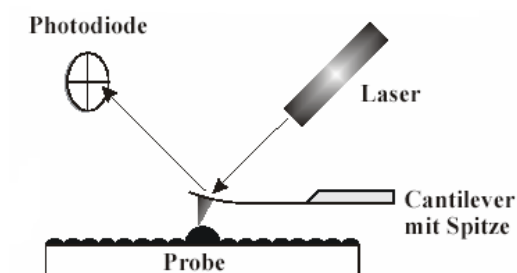
## 3. Das Rasterkraftmikroskop

Gerd Binnig entwickelte 1986 zusammen mit anderen Forschern das *Rasterkraftmikroskop* (AFM, Atomic Force Microscop), mit dem man auch nichtleitende Oberflächen untersuchen kann. An einem kleinen Cantilever (→B1) aus Silizium befindet sich eine feine Spitze.

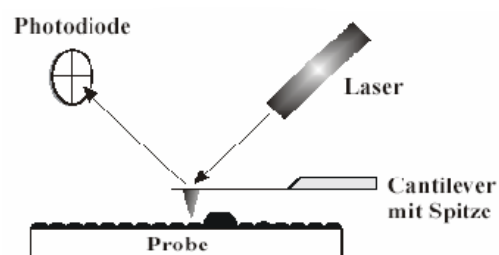
Der ganze Cantilever hat nur eine Länge von 0,23 mm und ist sehr empfindlich. Mithilfe von Piezoelementen rastert die Spitze die Oberfläche ab. In diesem *Kontaktmodus* folgt die Spitze dem Höhenprofil. Dadurch wird ein Laserstrahl abgelenkt und die winzige Auslenkung detektiert(→B2a+B2b).



B1 Cantilever



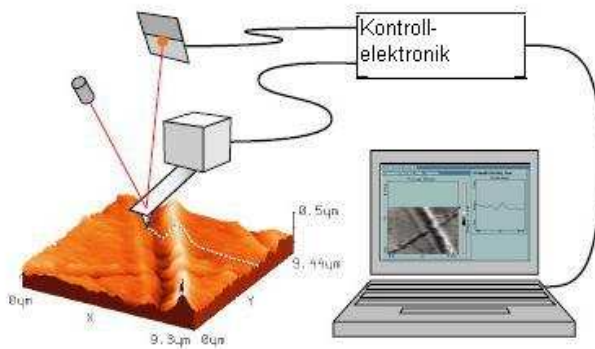
B2a schematische Apparatur  
Cantilever auf Erhöhung



B2b schematische Apparatur  
Cantilever auf Ebene

Aus der Auslenkung des Laserstrahls werden die Höhenprofile konstruiert (→B3). Da bei diesen Vorgängen kein Tunnelstrom fließt, können mit dem Kraftmikroskop auch isolierende

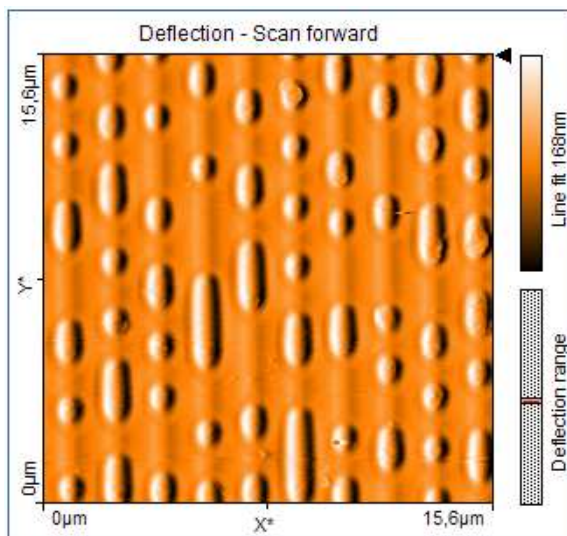
Oberflächen untersucht werden. Mit dem AFM können Oberflächen wie Brillengläser oder



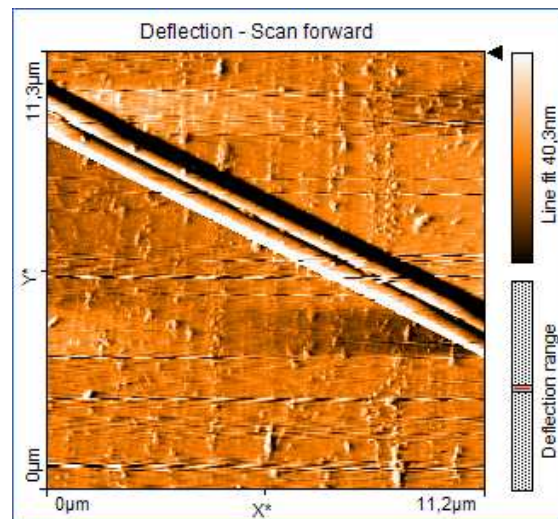
biologische Proben im Wasser mikroskopiert werden. Es hat Anwendungen in der Biologie, der Biochemie und der Medizin, also den Bereichen, in denen meist unter physiologischen Bedingungen gearbeitet wird.

### B3 Prinzip des Rasterkraft-Mikroskops

Für eine CD oder eine DVD kann mit dem AFM z.B. der Abstand der Rillen, bestimmt werden. Ein Stamper ist die Vorlage zur Vervielfältigung von CDs/DVDs in einem Presswerk. Zur Qualitätskontrolle werden AFMs von der Industrie bei der Herstellung von solchen CD-Stampers verwendet. Bild 4 zeigt einen CD-Stamper. Bild 5 zeigt einen Spinnenfaden (eigene Aufnahmen).



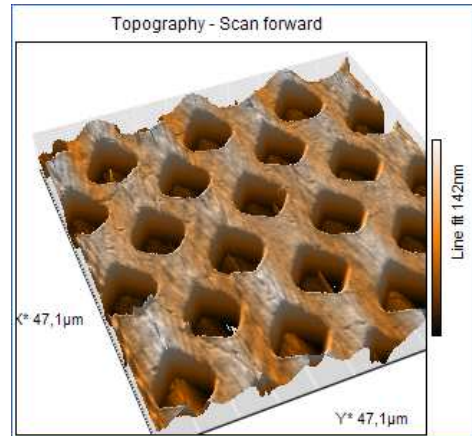
B4 CD-Stamper Deflection-Ansicht



B5 Spinnenfaden Deflection-Ansicht

Die erste große Schwierigkeit, die wir hatten war, mit diesem sensiblen Messinstrument, das im Mikrometer-Bereich misst, vertraut zu werden. Dazu dienten zunächst Aufnahmen, die wir von CD-Oberflächen, Staphylokokken, RAM-Chips und Spinnenfäden machten. Bei CD-Oberflächen, Staphylokokken und RAM-Chips sind Musterbilder aus Büchern und dem Internet bekannt. Wir nehmen an, dass wenn wir für diese Proben gute Bilder erhalten haben, dies dann auch für unsere Zähne gelten wird. Wir sind daher zuversichtlich, dass die Bilder unserer Zähne korrekt sind.

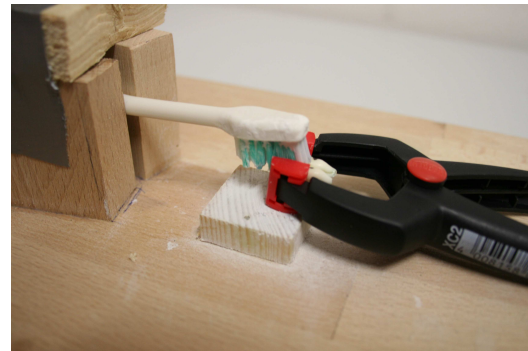
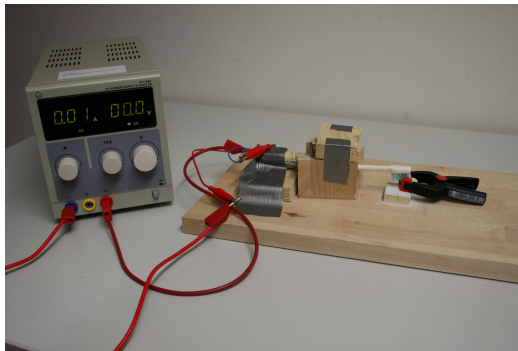
Wir machten uns außerdem mit den verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten für eine Messung vertraut. Die 3d-Ansicht (→B6) gibt einen räumlichen Eindruck der Oberfläche wieder.



B6 3d-Ansicht Mikrostruktur

#### 4. Die „Zahnputzmaschine“

Zum Zweck des gleichmäßigen Putzens und dem Putzen über eine längere Zeitspanne als der Akku einer elektrischen Zahnbürste es erlaubt, haben wir uns entschlossen eine „Zahnputzmaschine“ zu bauen (→B7a,7b).



B7a,7b unsere Zahnputzmaschine

Dafür haben wir eine elektrische Zahnbürste aufgesägt und an ein Netzgerät angeschlossen. Die Zahnbürste haben wir mithilfe von Nägeln und Klebeband auf einem Holzbrett fixiert. Der zu Putzen gewünschte Zahn konnte so problemlos unter den Kopf der Zahnbürste gelegt werden. Das Netzgerät haben wir mit ca. 1,2 Volt betrieben, was dem Standardwert einer elektrischen Zahnbürste entspricht. Wir versuchten den Anpressdruck immer konstant zu halten. Mit einer Waage bestimmten wir die Kraft mit der die Zahnbürste auf die Unterlage drückt. Sie betrug 0.8N(80g). Dies kann etwas höher sein als der normale Druck, der beim Zähneputzen ausgeübt wird. Die Zahnpasta wurde zu Beginn aufgebracht und nach einigen Minuten wurde von der Seite her Zahnpasta erneut zugeführt, damit immer eine gleichmäßige Schaumbildung auftritt. Bei unseren Untersuchungen haben wir versucht Zahnbürsten zu finden, die nur eine Hin- und Herbewegung ausführen. Leider gibt es diese Geräte nicht mehr zu kaufen, wir mussten also

entsprechende Modelle aus Privathaushalten suchen. Unsere Vermutung war, dass bei dieser Putzmethode gegenüber den rotierenden Bürsten deutlichere Spuren auf den Zähnen zu finden sind. Vom bloßen Augenschein her hat sich aber diese Vermutung nicht bestätigt.

Für unsere Versuche verwendeten wir „Elmex sensitive“ und „blend-a-med complete plus“. Es wäre wünschenswert gewesen, noch weitere Zahnpasten zu testen und damit Zähne zu putzen, wofür die Zeit allerdings bis jetzt noch nicht reichte. Nicht das Putzen ist zeitaufwendig, sondern die Auswertung und Untersuchung der Zähne mit dem Rasterkraftmikroskop.

## 5.Zahnmaterial für unsere Untersuchung

### 5.1Unsere Zähne

Es war uns zunächst empfohlen worden, wie es in der Zahnmedizin auch üblich ist, Kälberzähne für unsere Untersuchung zu verwenden (Mitteilung von Prof. Dr. Hellwig aus Freiburg). Wir überlegten aber, ob es nicht andere Möglichkeiten gibt, Zähne für unsere Untersuchungen zu erhalten. Durch den Vater eines Schulfreundes (Herrn Dr. Späte) gelangten wir an herausoperierte, ungeputzte Weisheitszähne(→B8a,B8b).



B8a Zahn2



B8b die vier Zähne

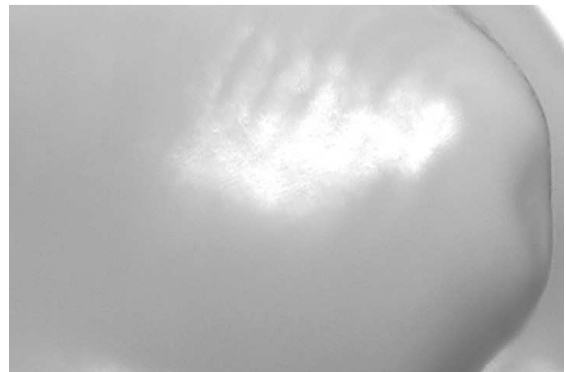
Dies schien uns eine gute Alternative zum Schlachthof zu sein, um realistische Messungen durchzuführen. Wir konnten bei diesen Zähnen auch sicher sein, dass die Struktur der Zähne der von normalen Zähnen entspricht. Von vier Zähnen stellten sich jedoch nur zwei als für unseren Zweck geeignet heraus. Bei den anderen haben wir keine Stellen gefunden, bei denen die Oberfläche selbst bei einem kleinen Gebiet waagrecht genug für eine Messung mit dem AFM

verläuft. Wir werden versuchen diese Zähne noch in einem Ultraschallbad zu reinigen um evtl. danach bessere Ergebnisse zu erhalten.

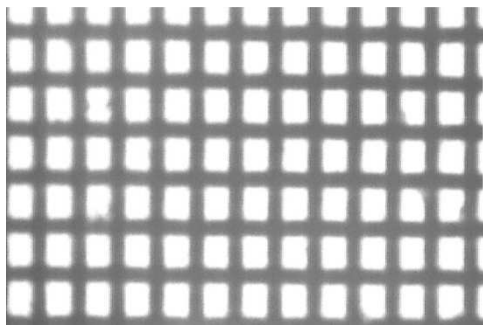
Der Zeitaufwand für eine Messung mit dem AFM variiert stark. Manchmal versuchten wir eine Stunde ohne ein brauchbares Ergebnis zu erhalten, in anderen Fällen gelangen die Messungen in wenigen Minuten.

## 5.2 Versuche mit dem Lichtmikroskop

Wir untersuchten die Zähne zunächst auch unter einem normalen Lichtmikroskop (→B9). Die Schwierigkeit dabei war, dass nicht von unten beleuchtet werden konnte, sondern nur im Auflicht (Aufnahmen mit einem digitalen Mikroskop Modell DMWB1-223). Die Vergrößerung auf diesem Bild kann man durch Vergleich mit einem Kreuzgitter (hundert Striche pro Zentimeter) bestimmen (→B10). Der Abstand zwischen zwei Strichen beträgt also 0.1mm. Die periodischen Strukturen im oberen Bild haben daher etwa den Abstand 0.1mm.



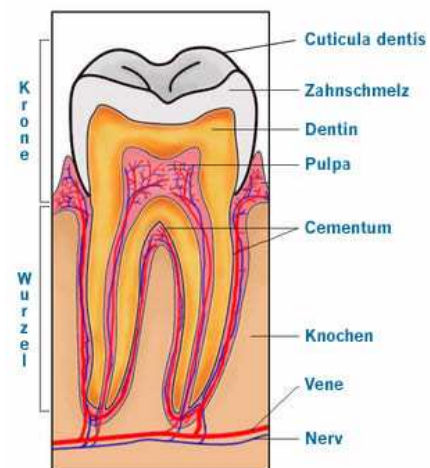
B9 Zahn unter einem Lichtmikroskop



B10 Kreuzgitter, aufgenommen mit derselben Vergrößerung wie der Zahn

## 6. Zahnanatomie

Der menschliche Zahn besteht aus *Zahnkrone* (*Corona dentis*), *Zahnhals* (*Cervix dentis*) und *Zahnwurzel* (*Radix dentis*). Er besteht aus mehreren Schichten. Für unsere Untersuchungen interessiert uns nur die Zahnkrone. Die *Cuticula dentis* (→B11) ist das Schmelzoberhäutchen und ist die Schutzhaut des Zahnschmelzes. Es



B11 Zahnaufbau

schützt vor Bakterien, ist aber sehr dünn und wird durch äußere Einflüsse stark abgenutzt. Es ist hornähnlich, wird nicht durchblutet und ist dadurch schmerzempfindlich.

Der Zahnschmelz (*Emanelum*) ist eine quarzähnliche Substanz. Sie ist die härteste des menschlichen Körpers und kann nur mit einem Diamantbohrer bearbeitet werden. Der Zahnschmelz besteht zu 95% aus Hydroxylapatit, einem kristallinen Material, dessen Hauptbestandteile Calcium und Phosphat sind. Wie die *Cuticula dentis* ist der Zahnschmelz nicht durchblutet und wird deshalb als leblose bzw. tote Substanz bezeichnet.

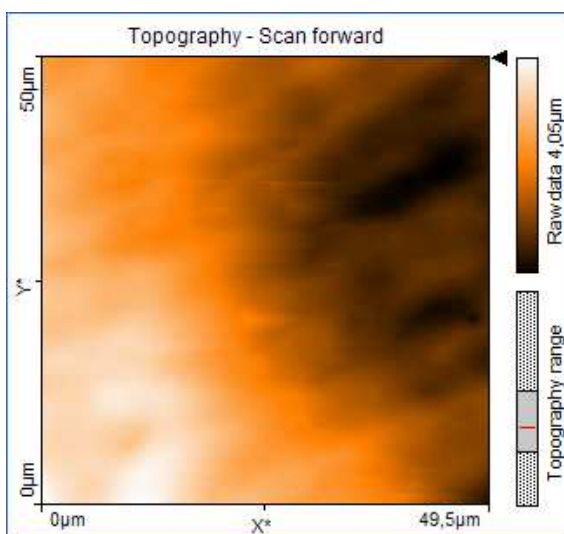
### 7. Aufnahmen mit dem AFM von Zahn1-geputzt mit blend-a-med complete plus weiss

AFM-Bilder von Zahn 1 vor dem Putzen, drei verschiedene Ansichten, insgesamt ein Ausschnitt von 50µm auf 50µm, die Farben geben die Höhe an.

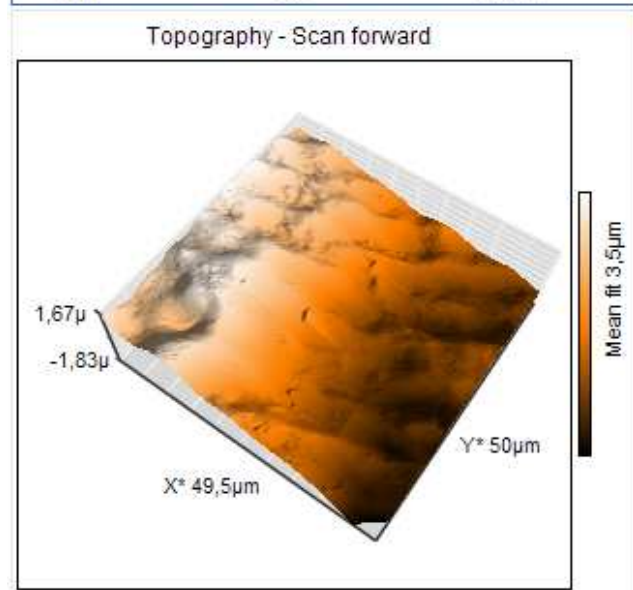
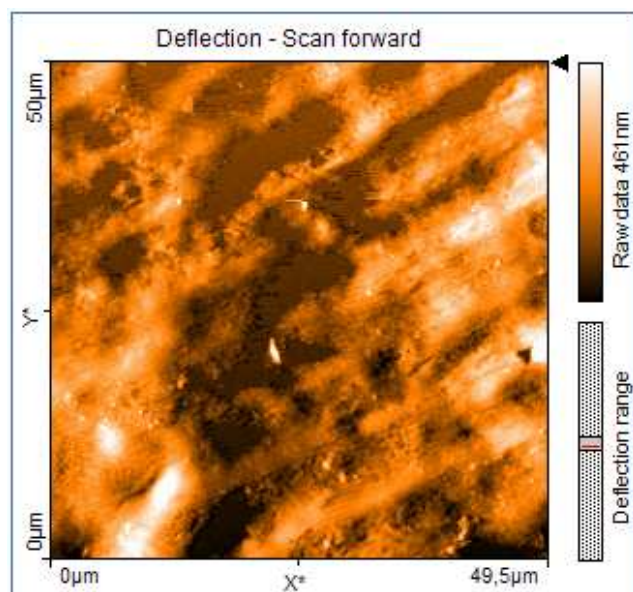
B12: Deflection-Ansicht, dies gibt die Ableitung des Bildes an. Dadurch treten manche Strukturen deutlicher heraus.

B13: Topography-Ansicht, durch die Farben wird die Höhe angegeben.

B14: 3d-Ansicht, auch hier gibt die Farbe ein Maß für die Höhe an.

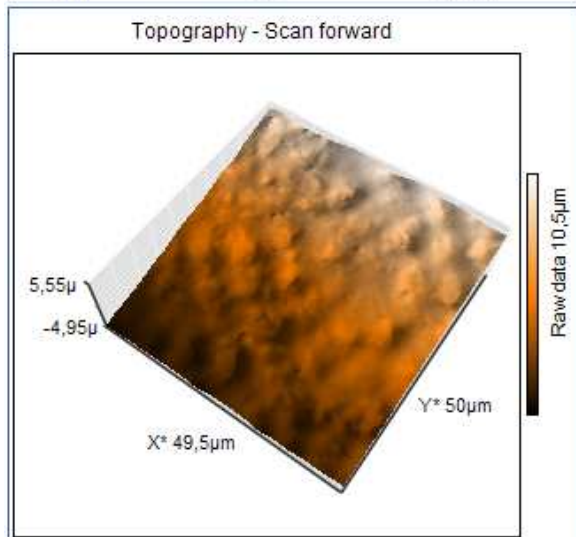
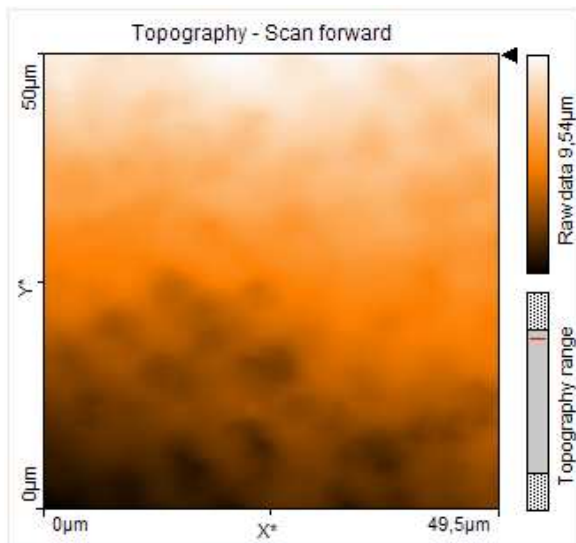


B13



B12(oben),B14





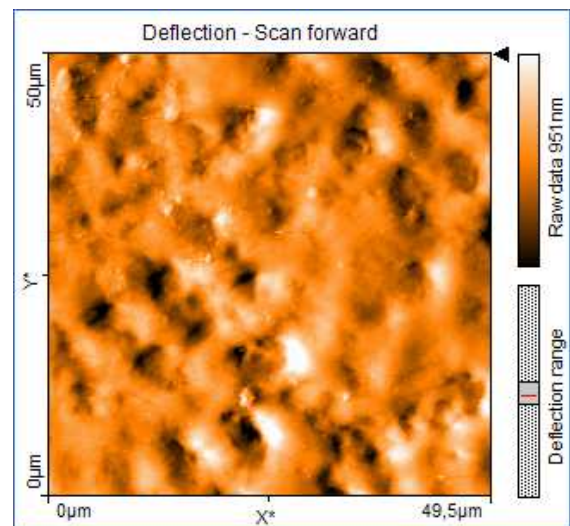
B15,16

Zahn 1 nach einstündigem Putzen

B15: Topography-Ansicht

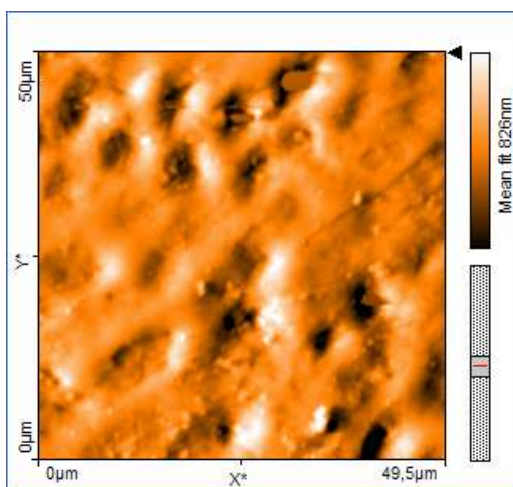
B16: 3d-Ansicht

B17: Deflection-Ansicht

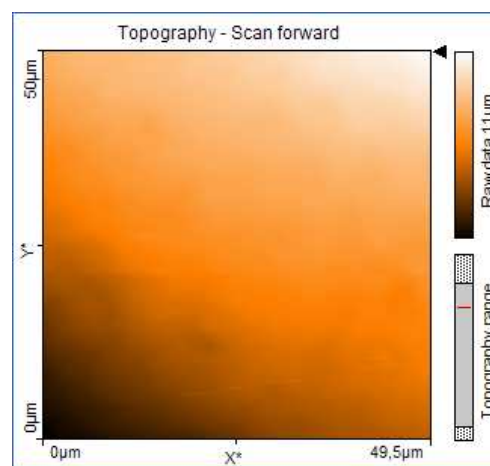


B17

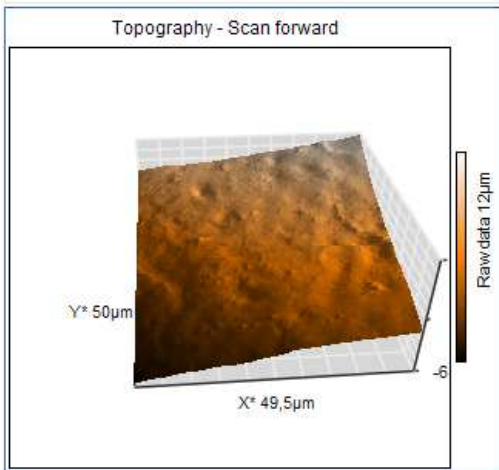
### 8. Aufnahmen mit dem AFM von Zahn2-geputzt mit elmex sensitive



B18



B19

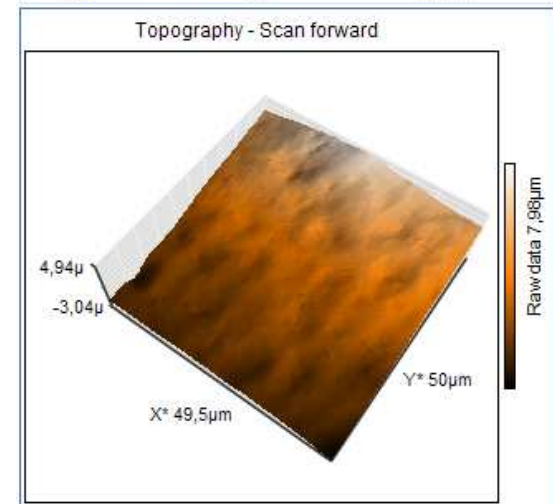
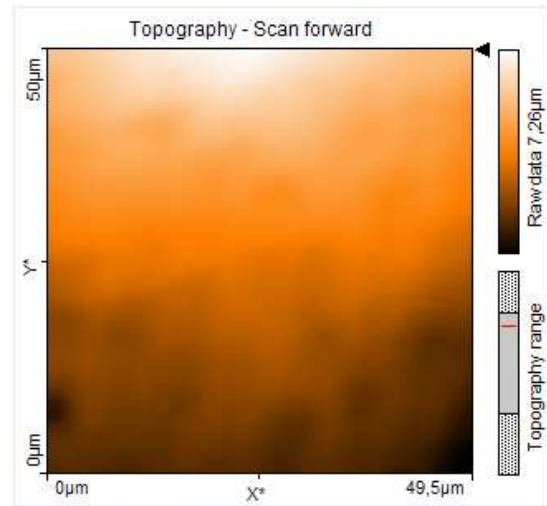


B20

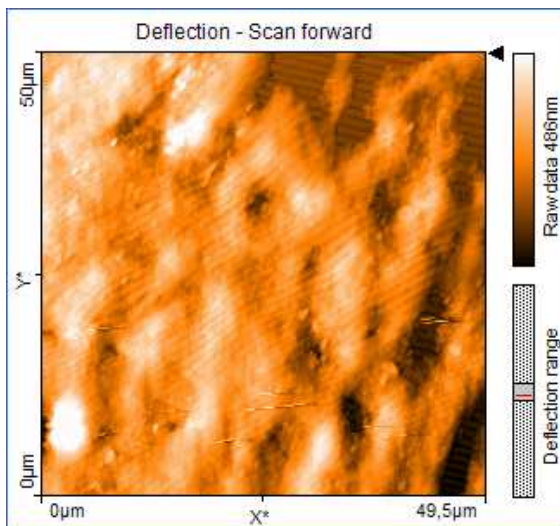
Zahn2 vor dem Putzen  
 B18: Deflection-Ansicht  
 B19: Topographie-Ansicht  
 B20: 3d-Ansicht

Zahn 2 nach einstündigem Putzen

B21 Topographie-Ansicht  
 B 22 Deflection-Ansicht  
 B 23 3d Ansicht



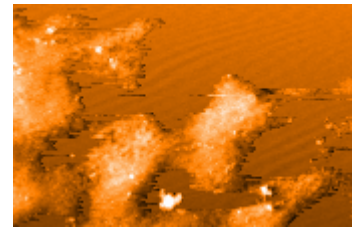
B21(oben),B23



B22

## 9. Rauheitsmessungen

Zur Auswertung der Rauheit der Oberfläche mit dem Rasterkraftmikroskop: Innerhalb einer Fläche, die von uns so ausgesucht wurde, dass keine Fehler darin enthalten sind, werden zeilenweise die Auslenkungen in z-Richtung vom AFM registriert und auf dem Laptop dargestellt. Als Fehler bezeichnen wir Stellen, die offensichtlich durch Störungen verursacht wurden. Diese



B24 Größe ca. 20µm auf 30µm

Störungen können zum Beispiel durch einen Schüler, der durchs Zimmer läuft verursacht werden. Es kann auch geschehen, dass der Cantilever an einer großen Erhöhung hängen bleibt und anfängt zu schwingen. Dann erscheint im Bild auf einer kleinen Fläche ein regelmäßiges Muster (→B24).

Da alle z-Werte in Abhängigkeit von x, y registriert sind, kann man innerhalb dieser Fläche verschiedene Auswertungen durchführen:

1. Innerhalb der Fläche wird der größte ( $S_p$ ) und der kleinste ( $S_v$ ) z-Wert angegeben. Man erhält so eine Information zwischen welchen Werten der z-Wert schwankt.
2. Es kann der Mittelwert über alle Punkte gebildet werden. Dies gibt uns eine Information, über die durchschnittliche Höhe ( $S_m$ ).
3. Die mittlere Rauheit: Es werden alle Beträge von z addiert und durch die Zahl der vermessenen Punkte dividiert. Dies ist eigentlich die Größe, die uns bei unseren Messungen am meisten interessiert ( $S_a$ ).
4. Es kann noch der Abstand zwischen dem tiefsten Tal und dem höchsten Berg angegeben werden ( $S_y$ ).

Diese Parameter müssen nicht durch besondere Pogrammschritte berechnet werden, sondern werden mit dem Bild ausgegeben.

Dabei muss man beachten, dass je nach Auswahl der Fläche (Größe, Lage der Fläche) ganz verschiedene Werte möglich sind.

Um Aussagen über einen Zahn zu erhalten haben wir den Mittelwert aus mehreren Messungen bei dem gleichen Zahn vor dem Putzen und nach den in der Tabelle genannten Putzzeiten in Minuten gebildet.

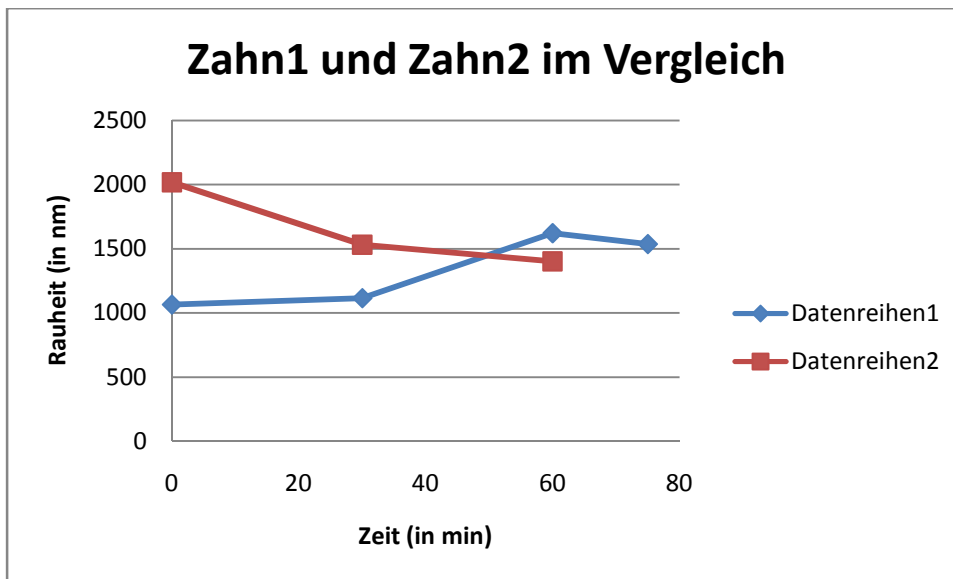
### 10. Auswertung der Messungen:

Name der Messung	Area (in $\mu\text{m}^2$ )	S <sub>a</sub> (in nm)	S <sub>q</sub> (in nm)	S <sub>y</sub> (in nm)	S <sub>p</sub> (in nm)	S <sub>v</sub> (nm)	S <sub>m</sub> (nm)
<b>Zahn1 vor dem Putzen</b>							
Versuch 1_1	218,30	1526,80	1584,20	1916,30	2246,30	330,04	1526,80
Versuch 1_3	620,45	522,30	602,74	2615,35	1370,70	-1244,62	289,21
Versuch 1_4	305,15	1146,87	1240,91	1764,75	54,21	-1710,53	901,63
<b>Durchschnitt:</b>	<b>381,30</b>	<b>1065,32</b>	<b>1142,62</b>	<b>2098,80</b>	<b>1223,74</b>	<b>-875,04</b>	<b>905,88</b>
<b>Zahn1 nach dem 1. Putzen (insgesamt ca. 30 min)</b>							
Versuch 1_11	761,90	1489,10	1693,57	4862,43	3437,83	1424,60	1081,55
Versuch 1_12	2496,00	739,66	927,11	4673,70	2050,60	-2623,10	72,47
<b>Durchschnitt:</b>	<b>1628,95</b>	<b>1114,38</b>	<b>1310,34</b>	<b>4768,07</b>	<b>2744,22</b>	<b>-599,25</b>	<b>577,01</b>
<b>Zahn1 nach dem 2. Putzen (insgesamt ca. 60 min)</b>							
Versuch 1_13	2496,00	1908,10	2275,70	9721,70	5501,40	-4220,30	397,89
Versuch 1_15	2496,00	2078,90	2413,40	9619,30	5076,80	-4542,50	424,36
Versuch 1_16	341,00	874,83	967,68	2734,23	2056,10	-678,12	612,94
<b>Durchschnitt:</b>	<b>1777,67</b>	<b>1620,61</b>	<b>1885,59</b>	<b>7358,41</b>	<b>4211,43</b>	<b>-3146,97</b>	<b>478,40</b>
<b>Zahn1 nach dem 3. Putzen (insgesamt ca. 75 min)</b>							
Versuch 1_17	2496,00	1667,20	1998,90	8283,10	4760,40	-3522,77	722,58
Versuch 1_18	2496,00	1710,10	2073,80	8369,30	5090,80	-3278,50	1021,00

T1: Messwerte des 1. Zahns (blend-a-med complete plus weiss)

Name der Messung	Area (in $\mu\text{m}^2$ )	S <sub>a</sub> (in nm)	S <sub>q</sub> (in nm)	S <sub>y</sub> (in nm)	S <sub>p</sub> (in nm)	S <sub>v</sub> (nm)	S <sub>m</sub> (nm)
<b>Zahn2 vor dem Putzen</b>							
Versuch 2_5	2496,00	2073,70	2464,20	6575,90	5274,80	-1301,20	2012,40
Versuch 2_7	2496,00	2178,10	2528,70	10206,00	5093,50	-5113,00	97,84
Versuch 2_10	2496,00	1803,00	2190,60	11246,00	5263,40	-5982,80	32,62
<b>Durchschnitt:</b>	<b>2496,00</b>	<b>2018,27</b>	<b>2394,50</b>	<b>9342,63</b>	<b>5210,57</b>	<b>-4132,33</b>	<b>714,28</b>
<b>Zahn2 nach dem 1. Putzen (ca. 30 min)</b>							
Versuch 2_15	2496,00	1680,90	1964,70	9738,40	4742,00	-4996,40	346,82
Versuch 2_16	2496,00	1985,80	2316,80	9045,20	5026,40	-4018,80	506,60
Versuch 2_14	1619,00	929,32	1164,40	5455,70	1670,90	-3784,90	-503,67
<b>Durchschnitt:</b>	<b>2203,67</b>	<b>1532,01</b>	<b>1815,30</b>	<b>8079,77</b>	<b>3813,10</b>	<b>-4266,70</b>	<b>116,58</b>
<b>Zahn2 nach dem 2. Putzen (insgesamt ca. 60 min)</b>							
Versuch 2_17	2496,00	1969,70	2394,40	10160,00	6366,10	-3793,50	816,99
Versuch 2_19	1144,00	833,14	954,76	3958,00	1817,70	-2140,30	-123,51
<b>Durchschnitt:</b>	<b>1820,00</b>	<b>1401,42</b>	<b>1674,58</b>	<b>7059,00</b>	<b>4091,90</b>	<b>-2966,90</b>	<b>346,74</b>

T2: Messwerte des 2. Zahns (elmex sensitive)



D1: Die durchschnittliche Rauheit ( $S_a$ ) der beiden Zähne im Vergleich.  
 Blaue Kurve: Zahn1 (mit blend-a-med geputzt)  
 Rote Kurve: Zahn2 (mit elmex sensitiv geputzt)

Da wir die Rauheit der einzelnen Zähne vergleichen wollen, haben wir beschlossen uns vor allem auf die durchschnittliche Rauheit ( $S_a$ ) zu konzentrieren. In den Tabellen ( $\rightarrow T1, T2$ ) kann man aber auch die anderen Messwerte einsehen. Im Diagramm haben wir für die Entwicklung von  $S_a$  für beide Zähne ein Diagramm gezeichnet ( $\rightarrow D1$ ).

### 11. Interpretation:

Zu erkennen ist, dass die durchschnittliche Rauheit bei Zahn1, mit „blend-a-med complete plus weiss“ geputzt, mit der Putzdauer tendenziell zunimmt. Dies könnte dadurch zu erklären sein, dass die Zahnpasta den Zahnschmelz „angreift“ und der Zahn dadurch rauer wird. Also die Zahnpaste geht in den Zahnschmelz und löst dort „größere Teilchen“ (alles natürlich im Nanobereich). Dies entspricht auch Erkenntnissen aus einer Veröffentlichung von F.Gonser und anderen<sup>1</sup>. Darin wurde auch festgestellt, dass beim Putzen mit „blend-a-med complete plus extra frisch“ Rillen entstehen und die Rauheit wächst. Bei dieser Zahnpasta haben die Maxima und Minima ( $S_p$  und  $S_v$ ) die Tendenz größer zu werden. Dies entspricht auch wieder der vorher gemachten Vermutung, dass die Rauheit steigt.

Beim mit „elmex sensitive“ geputzten Zahn dagegen sieht man ein Abnehmen der Rauheit. Dies deuten wir so, dass diese Zahnpasta schonender den Zahnschmelz und dadurch weniger ablöst und es dadurch sogar zu einem sinkenden  $S_a$ -Wert kommt. Bei dieser Zahnpasta haben die Ma-

xima und Minima ( $S_p$  und  $S_v$ ) die Tendenz kleiner zu werden. Dies entspricht auch wieder der vorher festgestellten Vermutung, dass die Rauheit sinkt.

Doch muss man bei der Interpretation zurzeit noch äußerst vorsichtig sein, da es erst für beide Zahnpasten eine Messreihe gibt. In Zukunft wollen wir diese Überlegungen durch weitere Messungen überprüfen.

In der medizinischen Forschung wird der Abrieb, der durch das Zähneputzen verursacht wird, mit dem sogenannten RDA-Wert (Relative Dentin Abrasion) gekennzeichnet. Dabei wird die Abrasion durch den Abrieb des radioaktiven  $P32$ -Isotops aus Dentin bestimmt.

## **12. Ausblick/Pläne für die Zukunft**

Die Schwierigkeit bei den Untersuchungen des Zahns nach verschiedenen Putzzeiten besteht darin, dass es für uns keine sichere Methode gibt, die gleiche Stelle wiederzufinden. Rein äußerlich kann man versuchen den Cantilever an dieselbe Stelle zu positionieren. Da es sich jedoch um Flächen von  $0.05\text{mm}$  auf  $0.05\text{mm}$  handelt, ist das nach dem äußeren Augenschein praktisch unmöglich. Daher kann man keine sicheren Aussagen über die Veränderung des Zahnes aus den Bildern machen. Wir planen eine Methode durch Anbringen von Markierungen (mit einem Stift oder einem scharfen Messer) die gleiche Stelle wiederzufinden. Wir nehmen an, dass statistische Aussagen, wie die Rauheit über einer Fläche sinnvollere Ergebnisse liefern.

Auch unser Vorhaben systematisch den Abrieb durch die verschiedenen Zahnpasten zu untersuchen, konnten wir nur teilweise verwirklichen. Es hätten zahlreichere Messreihen unter weiterem großem Zeitaufwand erstellt werden müssen.

Wir planen ebenfalls für die Zukunft mit mehreren Zahnputzmaschinen und neuen herausoperierten Weisheitszähnen diese Messreihen zu vervollständigen. Insbesondere muss man vorsichtig sein, wenn man Aussagen darüber macht, dass eine Zahnpasta gegenüber einer anderen einen stärkeren Abrieb hat, da dies auch wirtschaftliche Folgen für den Hersteller haben könnte.

### **13.Danksagungen**

Wir danken Herrn Kretschmer und Herrn Klein für Ihre Unterstützung bei Tag und bei Nacht. Sie haben es erst möglich gemacht, dass wir uns so intensiv mit dieser Thematik beschäftigen konnten.

Außerdem danken wir Herrn Dr. Glatzel von der Universität Basel, der uns viele wertvolle Tipps rund um das AFM gab und uns auf der Suche nach den Fehlern ein gutes Stück vorangebracht hat.

Wir danken auch Herrn Dr. Späte, der bereit war uns die herausoperierten Weisheitszähne zur Verfügung zu stellen. Ohne diese Zähne wäre die Arbeit nicht in dieser Form möglich gewesen. Zu guter Letzt danken wir allen, die sich für unsere Arbeit interessiert haben und uns bestärkt haben weiter zu machen.

### **14.Quellen**

- (1) F.Gonser, A.Kiesow, S.Sarembe, M.Petzold: Bewertung durch Zahnbürsterreinigung hervorgerufener Oberflächenveränderungen bei Prothesenkunststoffen, Zahnärztliche Zeitschrift | 2008;63(10)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Zahn>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Zahnschmelz>

<http://www.zahnaufbau.de/zahn.html>

<http://www.zahn-online.de/zahninfo/zahnaufbau.shtml>

<http://www.praxisteam-seuzach.ch/abrasionswerte.htm>