

# Rezept zur Herstellung transparenter Zahnpräparate

**Was benötige ich?**  
**Wie funktioniert das?**  
**Wie gehe ich vor?**  
**Was sind die Einsatzbereiche?**

Holm Reuver

Dr. Holm Reuver, Weinstraße 201, 67434 Neustadt, Tel.: 06321/480224  
[www.reuver.de](http://www.reuver.de)

HCl 5%  
Spiritus  
Methylsalicylat

Gefäße



wässrige Farbsuspension



# Einkaufsliste

- Salzsäure HCl 5% 500 ml (Apotheke)
- Ethanol 96% oder 98 % 500 ml, alternativ Spiritus
- Methylsalicylat (unverdünnt) 200 ml (Apotheke)
- Gefäße für histolog. Präparate oder Glasgefäße mit Schraubdeckel
- Pelikan Wasserfarben lila (109), magenta (43), grün (Zeichenbedarf)



- Kamera: Canon Systemkamera M6 Mark I/II mit APSC-Sensor, Objektiv MPE 65 mit Zirkularpolfilter, alternatives Objektiv EF 100mm f/2.8L Macro IS mit Stativschelle, Zirkularpolfilter und Zwischenring EF 25 II; alternativ Olympus Systemkamera EM1 oder EM10 mit Mikro-4/3-Sensor, 30mm Makroobjektiv, evtl. Zwischenring
  - stabiles Fotostativ
  - Fotografiergefäß: [www.hellma.com](http://www.hellma.com) Großküvette Typ 700, Art.-Nr.: 700-000-20-10, Bezug über [www.buddeberg.de](http://www.buddeberg.de)
  - Schlitten für Focus-Stacking: [www.igus.de](http://www.igus.de) Schlitten mit Handrad: Art.-Nr.: FLW-0630-150-PA-HR Beratung: Tel.: 022396498262
  - Programm Helicon Focus zum rendern der Bildserien
- 
- Conloc UV Glaskleber mittelviskös zum Schutz der Klebefugen des Fotografiergefäßes und zur Konstruktion der Führung im Deckel des Aufnahmegefäßes
  - scharfe Kanülen  **100 Sterican**® Ø 0,80 x 40 mm  
21 G x 1 1/2"  BLÄB Gr. 2
  - Beleuchtung
  - schwarzes Kartonpapier zum abdunkeln und als Hintergrund;  
schwarzes und farbiges Kartonpapier als Hintergrund

**Optische Grenzflächen werden aufgelöst, indem man den Zahn mit einem Medium infiltriert, das denselben Lichtbrechungsindex hat wie tierisches Gewebe.**

**Für optimale Transparenz muss der Mineralanteil der Zähne herausgelöst werden.**

Bei fetthaltigen Geweben müssen auch Lipide entfernt werden.

**Brechungsindex 1,538**

Wie funktioniert es? Ablauf



Demineralisation  
Salzsäure HCl 3-5%



Dehydrierung  
Ethanol 50%, 80%, 96%



geeignetes Medium  
Methylsalicylat

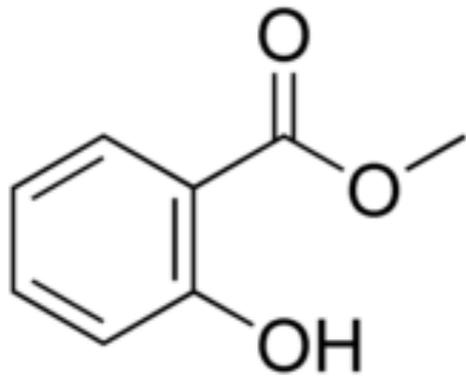
fertig

- Lichtbrechungsindex wie organ. Gewebe: 1,538 – 1,577
- Gewebe kann infiltriert werden
- geringe Gesundheitsgefahr

geeignete Medien:

Methylsalicylat, Methylbenzoat, Xylol, Acrylat, Silikonöl,.....

# Methysalicylat



Xn

gesundheitsschädlich

LD50 (Ratte) 887 mg/kg

- Aufnahme über Haut (Handschuhe tragen) und Schleimhäute (Schutzbrille)
- bei Überdosierung Magen- und/oder Nierenschmerzen

# Methylsalicylat

ausgeprägte hydrophobe Eigenschaften

Die Löslichkeit

- ist sehr gering in H<sub>2</sub>O. Für klare Präparate müssen Wasserreste deshalb gründlich aus den Zähnen herausgelöst werden, bevor sie in Methylsalicylat überführt werden.
- ist gut in allen hydrophoben und amphiphilen Flüssigkeiten wie Alkohol.

Methylsalicylat ist ein potenter Weichmacher für Kunststoffe. Deshalb:

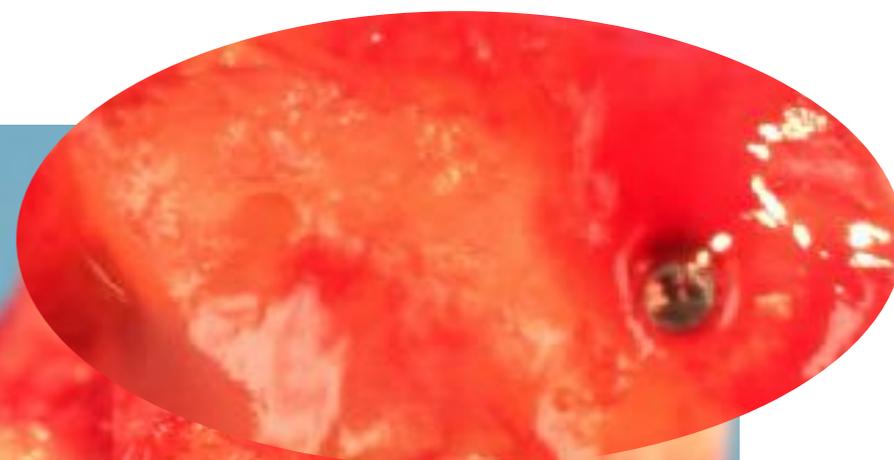
- Vorsicht bei der Auswahl von Aufbewahrungsgefäßen:  
Keine Plastikbecher verwenden!
- Die Klebefugen der Aufnahmegefäße müssen geschützt werden.
- Vorsicht mit verkleckerten Tropfen!

# Nicht zerstörungsfreie Technik



## Dokumentation aller Schritte

- Klin. Rö, Fotos der klin. Situation
- Rö und Fotos des frisch extrahierten Zahns
- Fotos des transparenten Präparats



# Autopsie als Beispiel

Klinische Besonderheiten müssen ebenfalls notiert werden.  
Hier: Pus an mesiobukkalen Apices



Schonende Entfernung des Weichgewebes: Grobe manuelle Kürettage, danach in ein Gefäß mit NaOCl 3-5% und für 5-10 Min. in ein Ultraschallbad.

Die Entfernung von Konkrementen und Zahnstein erfolgt einfacher nach der Demineralisierung.

Danach erneute Fotodokumentation



Vorsicht: Zu lange Einwirkzeit und zu hohe Konzentration von NaOCl zerstören die Kollagenstruktur. In einigen Abschnitten der Wurzeloberfläche ist lediglich der mineralisierte Rest des Hartgewebes übrig geblieben. Der Schaden zeigt sich nur am trockenen Zahn als kreidig-weiße und -weiche Struktur (linkes Bild). Nach anschließender Demineralisation sind auch die mineralischen Reste verloren (rechtes Bild).



# Demineralisierung:

Ziel ist es, den Mineralanteil von Dentin und Zement zu entfernen und das hydrierte Kollagengerüst unverändert zu erhalten.

- Die Zähne einzeln bei Raumtemperatur (20-25 °C) in ein Gefäß mit HCl (3-5%) so auf ein Sieb legen, dass sie sich im oberen Drittel der Flüssigkeit befinden.
- Die Säure wird zunächst nach 6h, danach alle 12h erneuert; für einen unteren Schneidezahn werden insgesamt mindestens 30 ml, für einen Molaren mindestens 100 ml Säure benötigt.
- Die Dauer der Entkalkung ist abhängig von der Temperatur, der Dicke des Dentins und der Säurekonzentration. Für untere Schneidezähne werden ca. 2 Tage benötigt, für Molaren 4-5 Tage. Die Vollständigkeit der Demineralisierung kann röntgenologisch kontrolliert werden oder es wird mit einer scharfen Kanüle geprüft, ob die Zähne penetriert werden können. Im Zweifel schadet ein weiterer Tag in HCl nicht. Die Zähne sind jetzt weich wie al dente gekochtes Gemüse, der Zahnschmelz ist vollständig aufgelöst.
- Die Säure wird in Leitungswasser gründlich ausgewaschen, evtl. noch anhaftende Konkremeente werden vorsichtig abgewischt.

# Demineralisierung



Endzustand nach Demineralisierung:  
Nicht adhäsive Restaurationen lösen sich



# Dehydrierung:

Ziel ist es, das hydrierte Kollagengerüst ohne Formveränderungen in ein amphiphiles Milieu zu überführen. Dazu wird Wasser in einem Diffusionsprozess schrittweise durch Ethanol substituiert.

- Die Präparate in Ethanol ca. 50% legen (1:1 Spiritus + Wasser), je nach Dicke der Zähne 4-6h, die Gefäße regelmäßig bewegen
- Weitere Dehydrierungsschritte in Alkohol 80% und 96% (Spiritus pur)

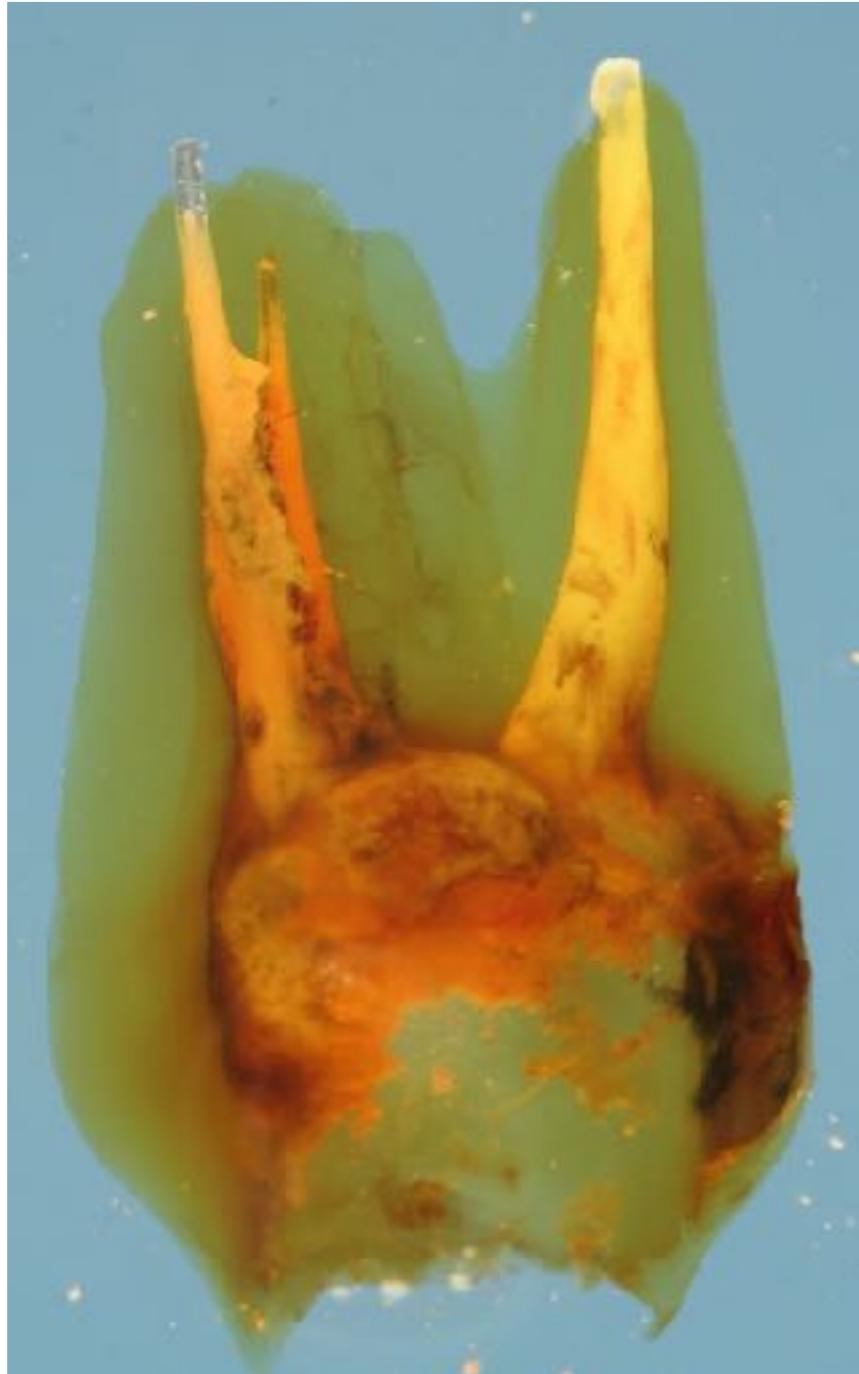


# Überführung in Methylsalicylat

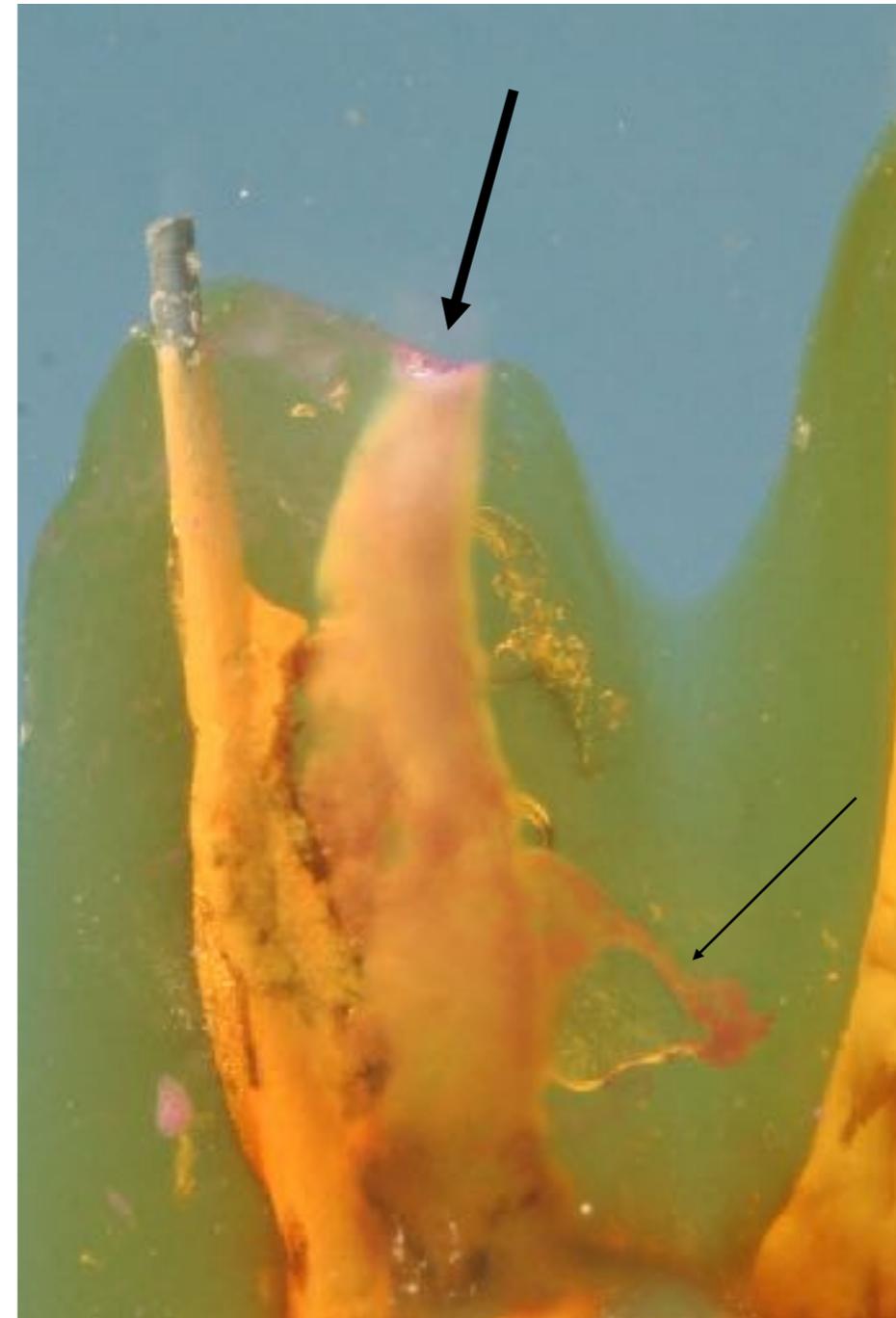
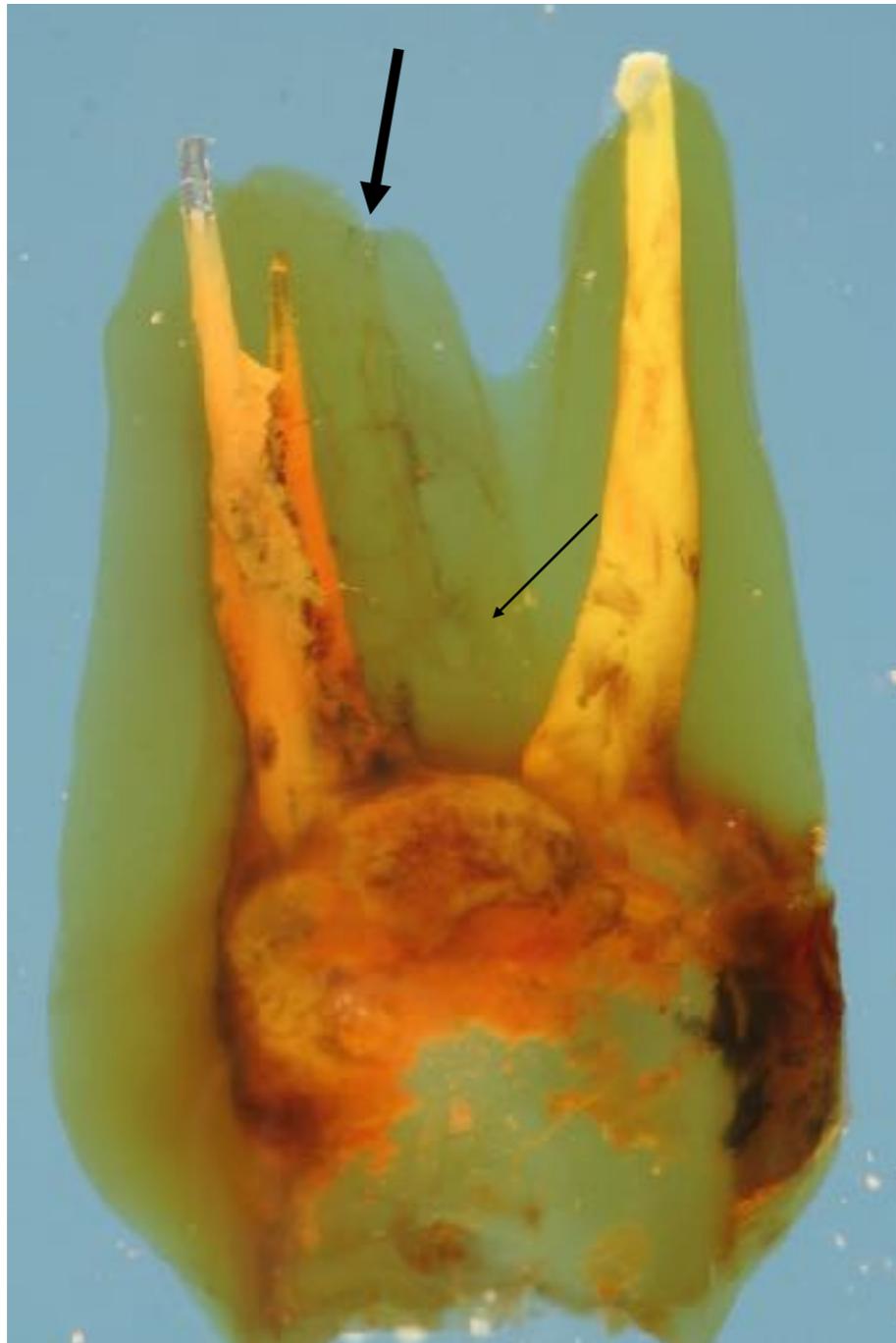
In einem einzigen Diffusionschritt wird Alkohol aus dem Kollagengerüst der Präparate durch Methylsalicylat ersetzt.

- Das Zahnpräparat aus dem Spiritus entnehmen, den Ethanolüberschuss mit Zellstoff abtupfen und das Präparat in ein Gefäß mit Methylsalicylat (pur) legen
- Die Präparate schwimmen zunächst an der Oberfläche und glänzen (wenn sie untergehen, sind sie unvollständig entkalkt oder enthalten Metallrestorationen)
- Nach 1 - 3 h sind die Präparate in der Flüssigkeit abgesunken und vollständig transparent
- Die Präparate werden dauerhaft in Methylsalicylat aufbewahrt. Zur Vermeidung von Verdunstung müssen die Gefäße fest verschlossen sein.

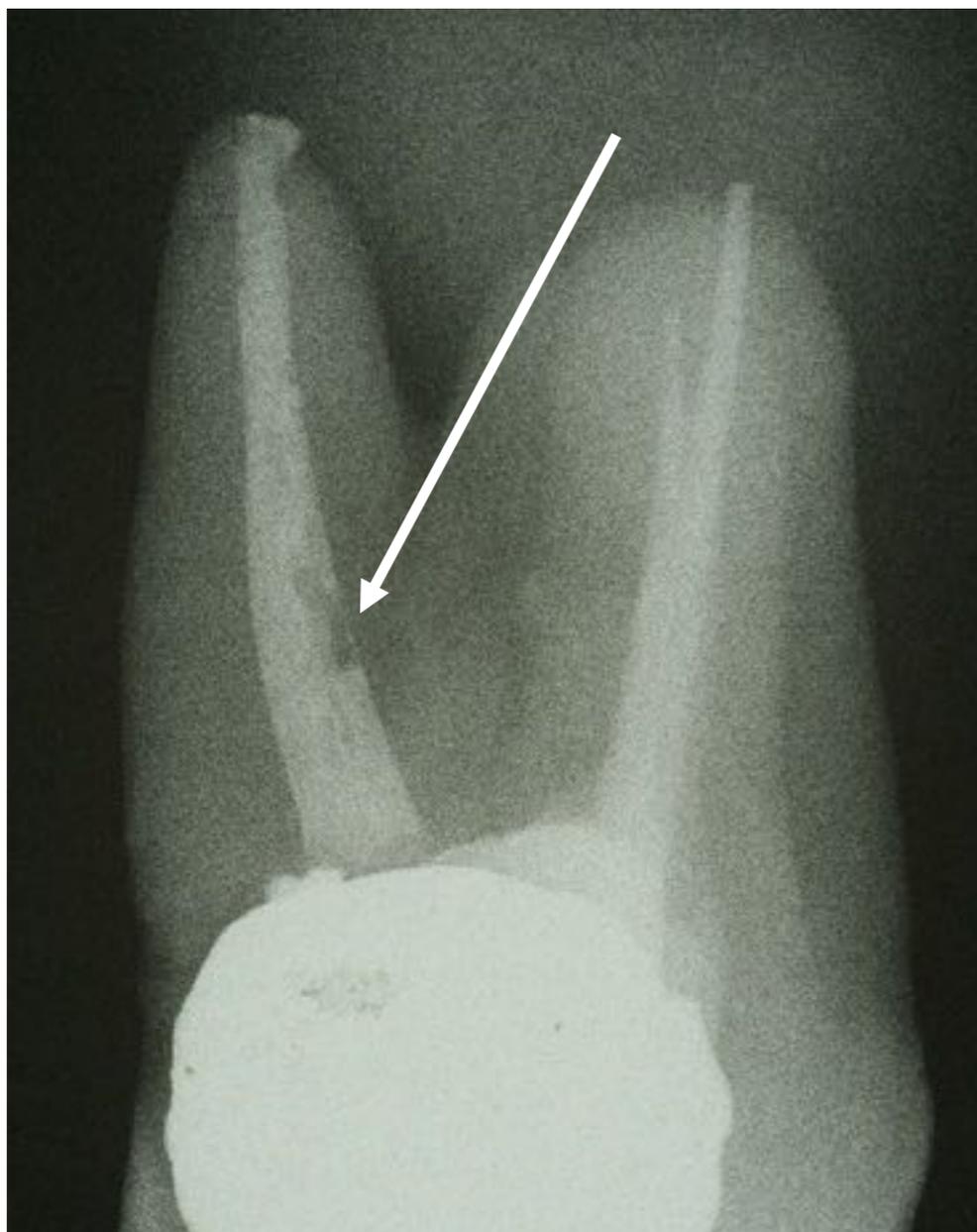
Durch Überführung in Methylsalicylat ist der Zahn transparent geworden.  
Ansicht von zwei Seiten



Hohlraumstrukturen ohne Wurzelfüllmaterial bleiben verborgen, hier das komplette mb2-Kanalsystem.



Transparente Präparate lassen keine Aussage über die Dichte von Wurzelkanalfüllungen zu. Dafür müssen Röntgenbildern, die vor Demineralisation in verschiedenen Projektionen angefertigt werden, herangezogen werden.



# Darstellung der endodontischen Hohlräume

Um die Wurzelkanalsysteme in transparenten Präparaten erkennen zu können, müssen sie mit Hilfe von Farbpigmenten sichtbar gemacht werden. Die Pigmente binden entweder an den internen Dentinoberflächen oder an Geweberesten.

## Problematik:

- Sehr kleine Pigmente können ins Dentin penetrieren und dadurch das optische Ergebnis beeinträchtigen.
- Pulpagewebe, Biofilm und andere Substanzen können die Ausbreitung der Pigmentsuspension in den Hohlraumssystemen behindern, so dass umschriebene Abschnitte der Pulpahohlräume nicht dargestellt werden.
- Die Bindung vieler Pigmente an Dentinoberflächen ist gering. Ein Teil der Pigmente löst sich während der Demineralisierung wieder von den Dentinoberflächen, so dass die Dentinoberflächen nur noch schwach oder gar nicht dargestellt werden. Die Bindung von Pigmenten an demineralisierte Dentinoberflächen ist deutlich besser und empfiehlt sich für eine kräftige Darstellung der Hohlraumssysteme.
- Pigmente binden wesentlich besser an Geweberesten als an Dentinoberflächen. Das kann zu Problemen bei der Beurteilung der Präparate führen.
- Farbpigmente, die versehentlich auf die Wurzeloberfläche gelangt oder in Dentinrisse eingedrungen sind, beeinträchtigen die spätere Auswertung.

# Einbringen der Farbpigmente vor Demineralisierung

1. Kleine okklusale Zugangsöffnung anlegen und Gewebe grob entfernen
2. Die Zähne in Raumluft für einige Stunden/über Nacht trocknen lassen
3. Die getrockneten Zähne in ein Gefäß mit Farbsuspension legen; die Zähne müssen vollständig von der Flüssigkeit bedeckt sein.
4. Das Gefäß mit den Zähnen für mehrere Minuten evakuieren (Vakuumgipsanrührer)
5. Entnahme des Gefäßes aus dem Vakuumgerät und für einige Minuten stehen lassen; optional: das Gefäß in einen Drucktopf stellen und für einige Minuten mit 4 bar beaufschlagen
6. Entnahme der Zähne aus der Suspension, abwischen der Farbe von den äußeren Zahnoberflächen
7. Erneute Trocknung der Zähne für eine bessere Bindung der Pigmente am Dentin
8. .... Demineralisation

Alternativ kann Farbsuspension über Kanülen, die in winzige Zugangsöffnungen einpolymerisiert werden, in die endodontischen Hohlräume eingepresst werden. Damit kann eine größere koronale Öffnung der Präparate vermieden werden. Allerdings lässt sich auf diesem Weg das Pulpagewebe nicht entfernen, was eine gewisse Beeinträchtigung der Präparate bedeutet.

# Einbringen der Farbpigmente

## nach Demineralisierung

1. Dehydrierung in Ethanol/Spiritus 50% (Festigung der Präparate, leichtere Entfernung von Farbüberschüssen von Wurzeloberflächen). Zur Vermeidung von Schrumpfungartefakten durch oberflächliche Schrumpfung (Verdunstung des leicht flüchtigen Alkohols) und für eine noch stärkere Festigung der Präparate ist es sogar empfehlenswert, die Präparate schon vollständig zu dehydrieren und mit Methylsalicylat zu infiltrieren, danach wieder zwei Schritte zurückzugehen (puren Spiritus und danach Spiritus/H<sub>2</sub>O 1:1).
2. Entnahme der Präparate aus dem Alkohol 50%, aussaugen der Präparate mit einem Speichelzieher an den Foramina und der okklusalen Zugangsöffnung
3. Kleine Tropfen Farbsuspension in die Zugangsöffnung geben, bis Farbe an den Foramina zu sehen ist. Bei erschwerter Durchgängigkeit kann zusätzlich apikal mit einem Speichelzieher gesaugt werden. Die Farbinstallation muss sehr vorsichtig geschehen, damit möglichst wenig Farbe auf die äußeren Dentinoberflächen gelangt. Diese kann mit feuchten Zellstoff abgewischt werden. In der Zugangsöffnung sollte der Farbüberschuss grob mit feuchtem Zellstoff entfernt werden.
4. Sofort danach werden die Zähne zurück in 50% Spiritus gelegt und in zwei weiteren Schritten vollständig dehydriert. Nach vollständiger Dehydrierung können Farbpigmente mit feinen Interdentalebürsten und purem Spiritus von den Wurzeloberflächen entfernt werden.

# Darstellung feiner Hohlräume mit Druckluft

## nach Infiltration mit Methylsalicylat

Werden im fertigen Präparat feine Kanalstrukturen vermutet, die nicht angefärbt worden sind, kann versucht werden, diese mit Druckluft sichtbar zu machen.

### Problematik:

- Artefakte durch Disruption der Kollagenstruktur
- instabiles Ergebnis; aufgrund der sehr geringen Oberflächenspannung entweicht die Luft sehr schnell wieder - schnelles Fotografieren ist wichtig!
- vergrößerte Darstellung von Kanalstrukturen aufgrund der Lichtbrechung an den Grenzflächen

### Vorgehen:

1. Die zum Fotografieren vorbereiteten Präparate aus der Flüssigkeit nehmen, abtropfen lassen bzw. mit Zellstoff abtupfen und anschließend mit Druckluft (Dreiwegespritze) von apikal und seitlich auf die Wurzel blasen
2. zurück in Methylsalicylat legen und sofort fotografieren

# wässrige Suspension herstellen vor Gebrauch verrühren

Pelikan Wasserfarbe



lila

magenta

grün



flüssige Gouache  
brillantblau



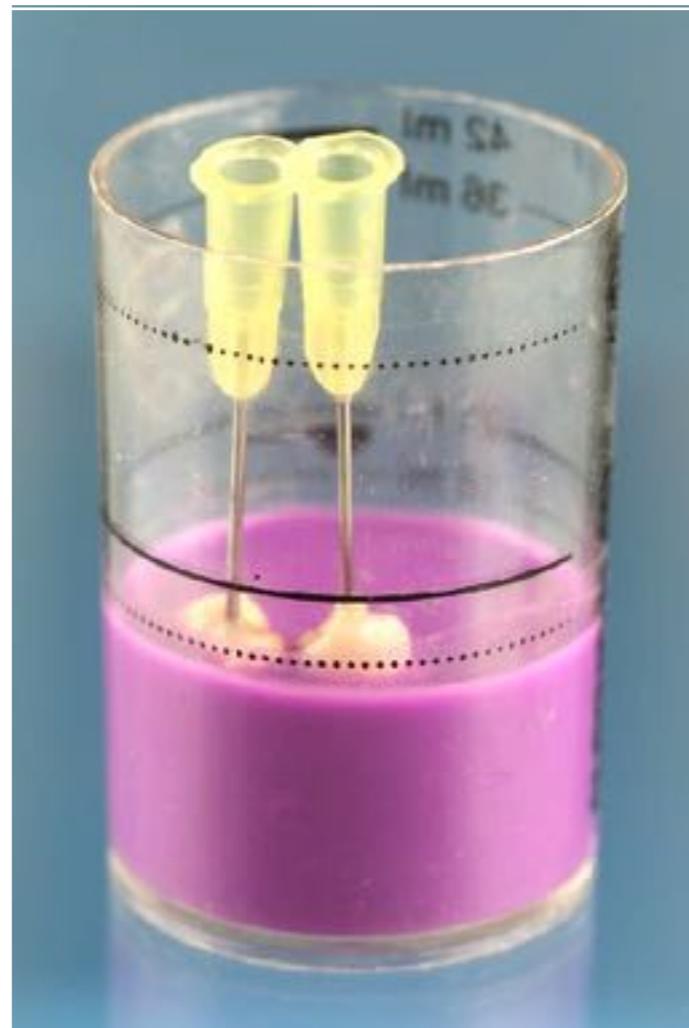
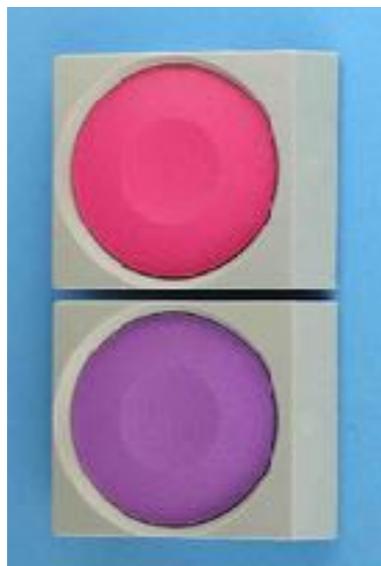
Schmincke  
Linoldruckfarben



Sedimentierung

## Einbringung von Farbpigmenten über Druckdifferenzen

Die Pulpahohlräume müssen trocken sein, zuvor angelegte Zugangsöffnungen und die Extirpation von Pulpagewebe erleichtern die Ausbreitung der Pigmente. Die trockenen Zähne werden in ein Gefäß mit Farbsuspension gelegt. Die Zähne müssen vollständig von Flüssigkeit bedeckt sein. Anschließend wird die Luft aus den Pulpahohlräumen durch Vakuum entfernt (Vakuumpipsenrührer). Durch Kapillarkräfte dringt dann Farbsuspension in die zuvor luftgefüllten Hohlräume. Nach Abschalten des Vakuums wird zusätzlich Farbsuspension durch atmosphärischen Druck in die Hohlraumssysteme gepresst. Durch Überführen des Gefäßes in einen Drucktopf lässt sich der Druck von außen noch erhöhen.



Einbringen von Farbsuspension über eine einpolymersisierte Kanüle, wenn die Darstellung der Kronenpulpa wichtig ist. Die Farbsuspension soll aus allen Foramina austreten. Vorzugsweise sollte die Pulpa über einen größeren Zugang extirpiert werden. Das erleichtert die Ausbreitung der Farbbpigmente im gesamten Kanalsystem.



Nach Infiltration der Farbsuspension werden die Farbüberschüsse grob abgewischt. Dann lässt man die Zähne für einige Stunden trocknen, bevor man die restlichen Farbüberschüsse mit feuchtem Zellstoff gründlich abwischt.



## unvollständige Demineralisation

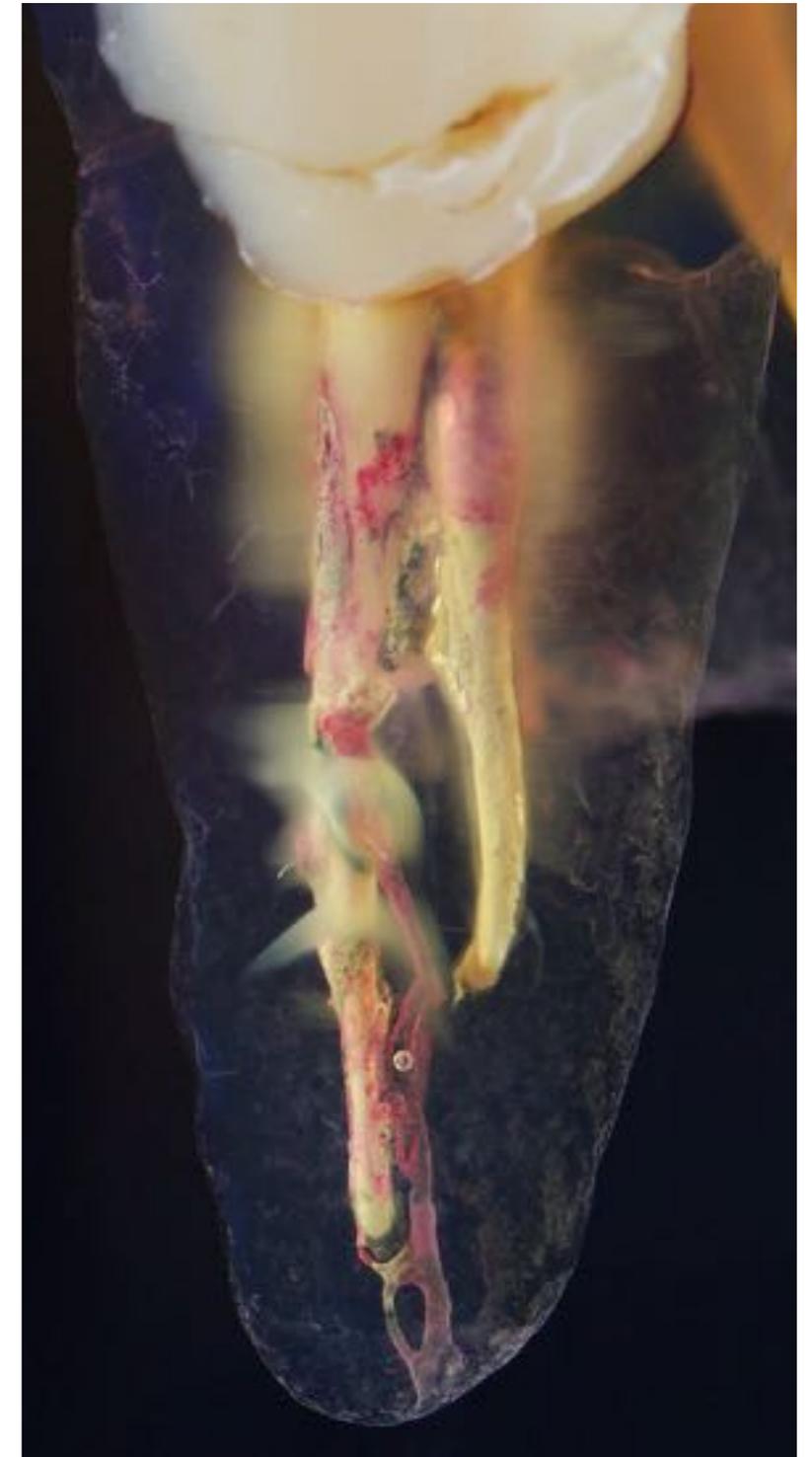
Weißer Schleier um die Wurzelkanäle,  
Struktur der Dentinkanälchen ist manchmal sichtbar

Korrekturmöglichkeit:  
Methylsalicylat herauslösen  
in Ethanol 96% mind. 2x 6h

rehydrieren:  
Ethanol 50% 2x 3h  
viel bewegen,  
H<sub>2</sub>O 1-2h

Demineralisation fortsetzen:  
HNO<sub>3</sub> 5%

wie üblich dehydrieren und  
aufhellen



# Austrocknen während/nach der Demineralisation

Trouble Shooting



# Austrocknen während/nach der Demineralisation



in H<sub>2</sub>O  
rehydrieren



danach wie  
üblich  
dehydrieren  
und aufhellen



# Austrocknen des transparenten Präparats (Verdunstung von Methylsalicylat)

Methylsalicylatreste in  
Ethanol 96%  
herauslösen



rehydrieren:  
Ethanol 50%, H<sub>2</sub>O

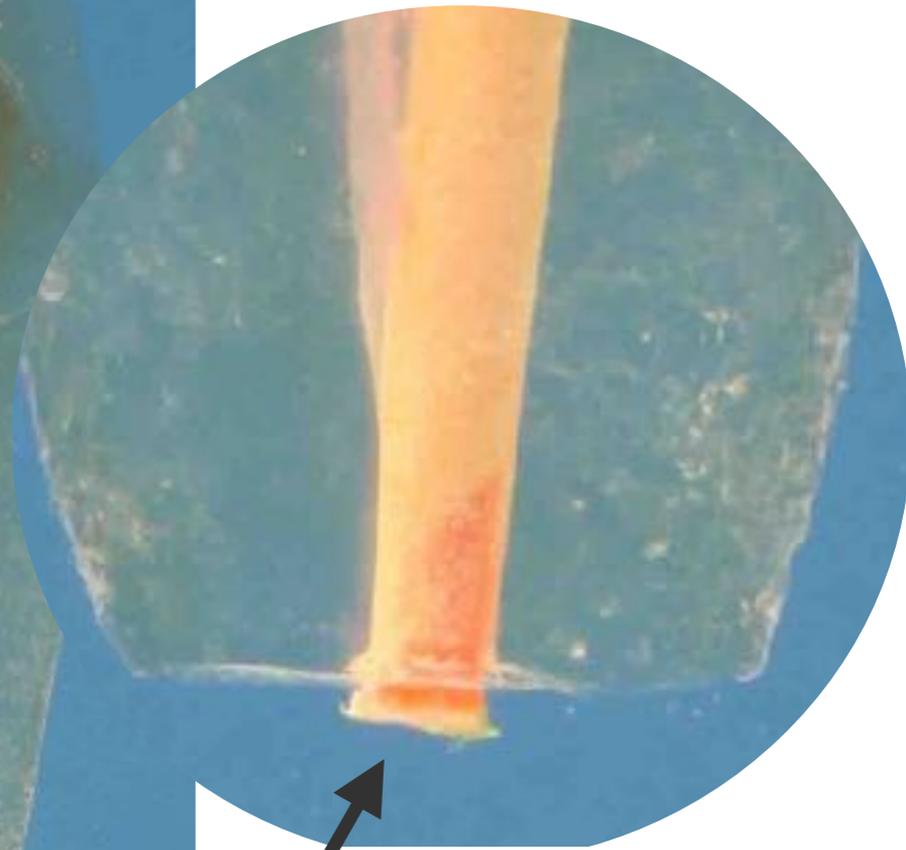
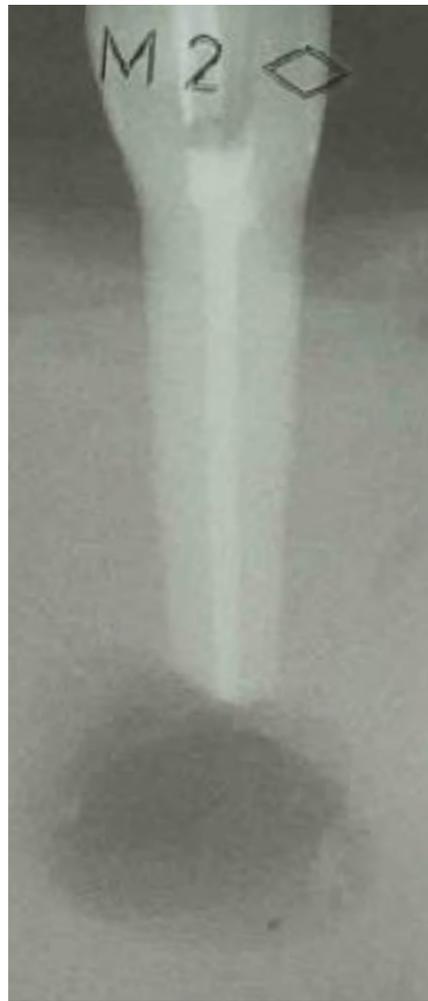


wie üblich dehydrieren  
und aufhellen



# Volumenänderungen

durch Quellung der Guttapercha in Methylsalicylat

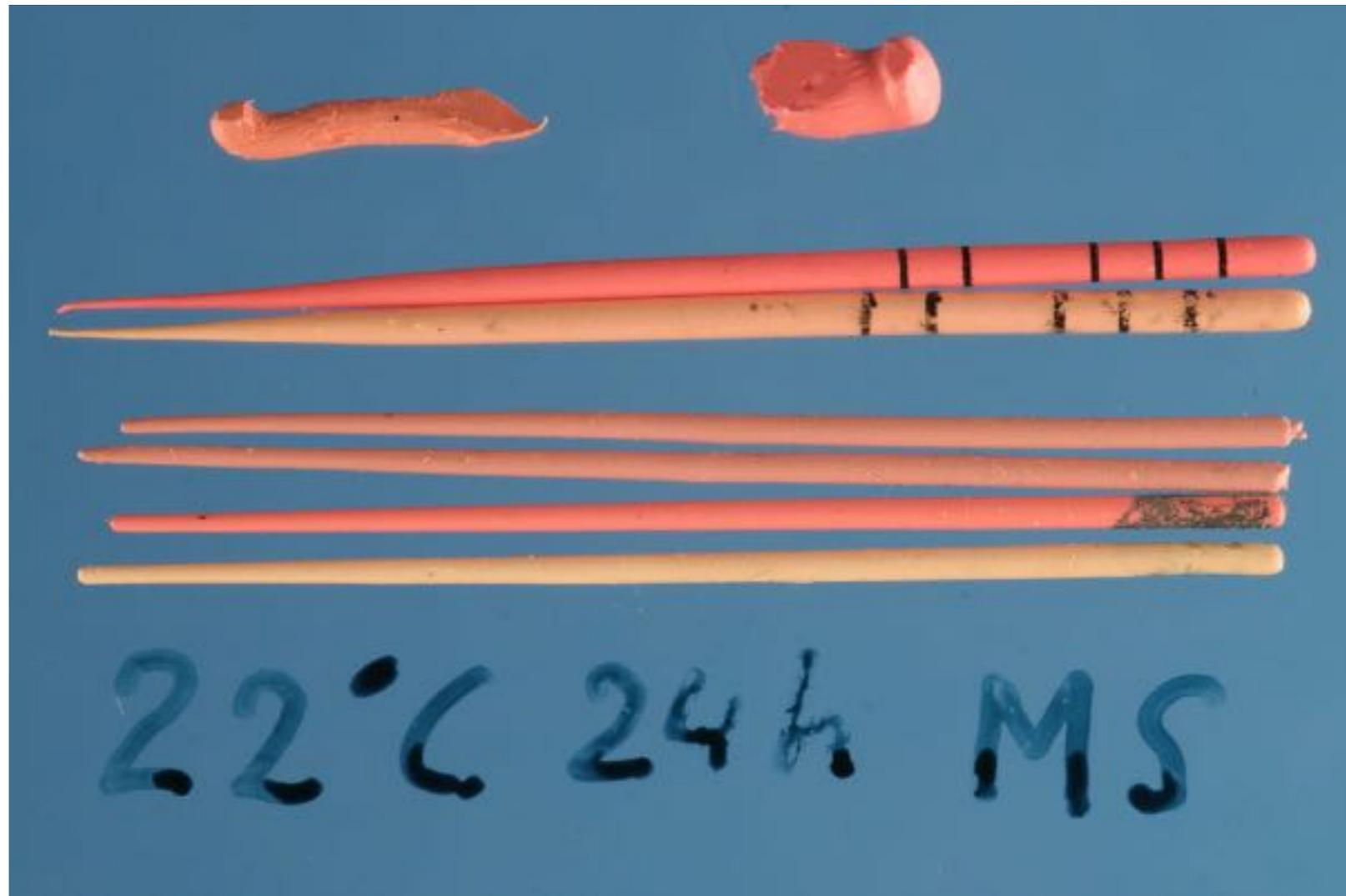


**Volumenänderungen, Farbdiffusion**  
abhängig von der Temperatur und von dem Guttaperchaprodukt.

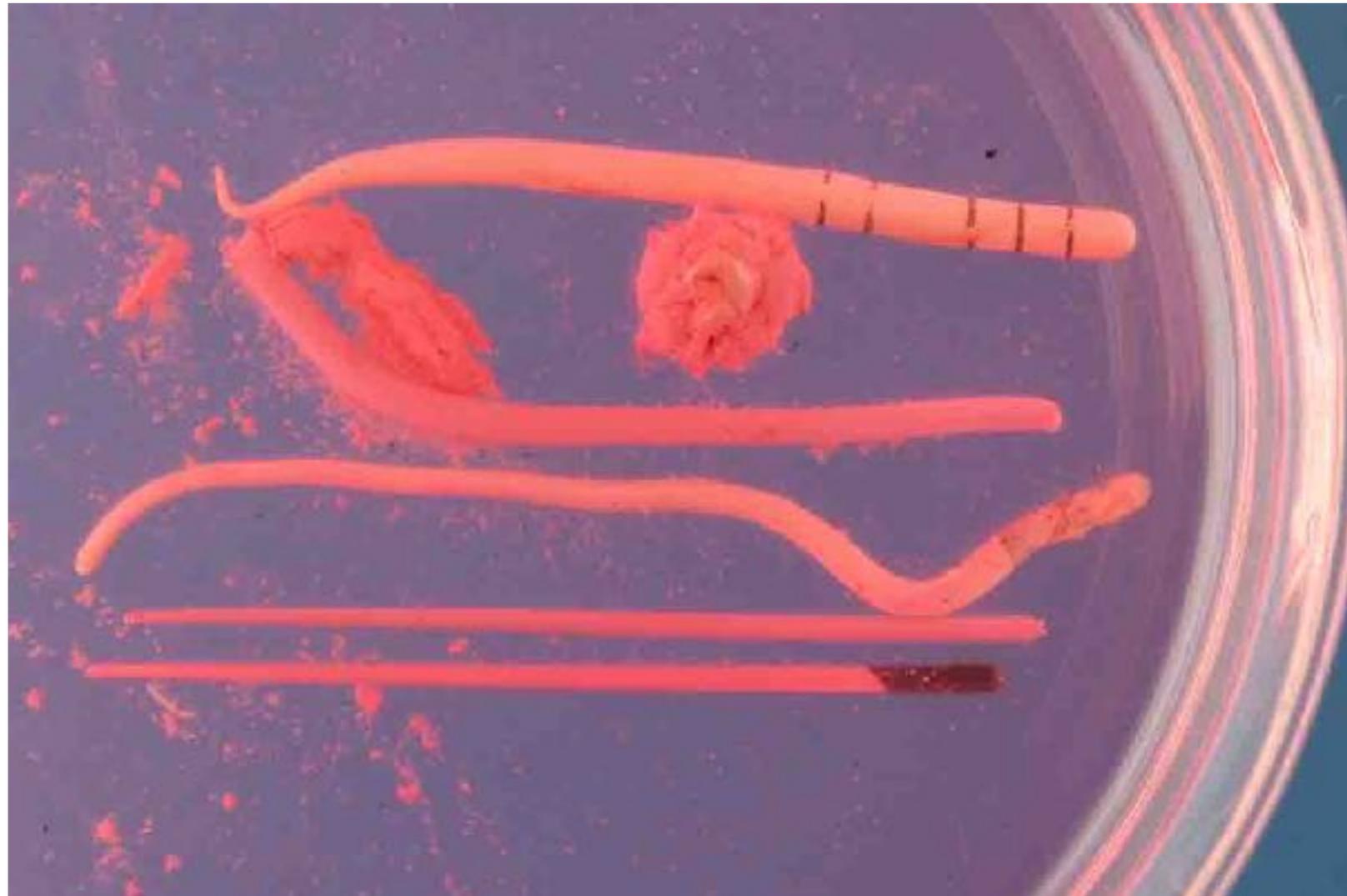


# Volumenänderungen, Farbdiffusion

abhängig von der Temperatur und von dem Guttaperchaprodukt.

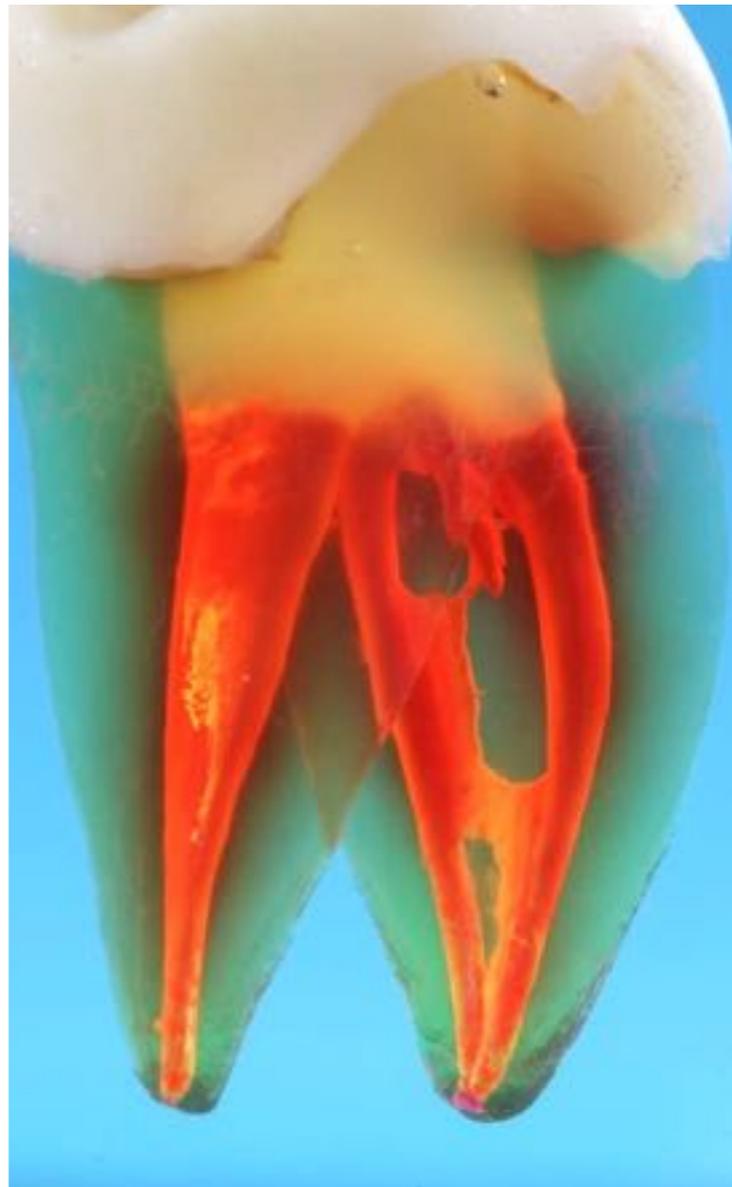


**Volumenänderungen, Farbdiffusion**  
abhängig von der Temperatur und von dem Guttaperchaprodukt.



# Minimierung von Volumenänderungen, Farbdiffusion

- Präparate mit Guttaperchawurzelfüllung kühl lagern, wenn sie in Ethanol oder Methylsalicylat liegen (längere Diffusionszeiten berücksichtigen)
- nach Überführung in Methylsalicylat sofort fotografieren



Ethanol

## Spannungsrisse durch Trocknung

Rissverlauf: von peripher nach zentral  
tritt vorwiegend in dicken Zahnwurzeln auf



## krakelierte Wurzeloberfläche

Ursache:  
Entkalkung der Zahnoberfläche  
durch kurze Lagerung in Säure,  
Unterbrechung der  
Demineralisation und Trocknung  
des Zahns



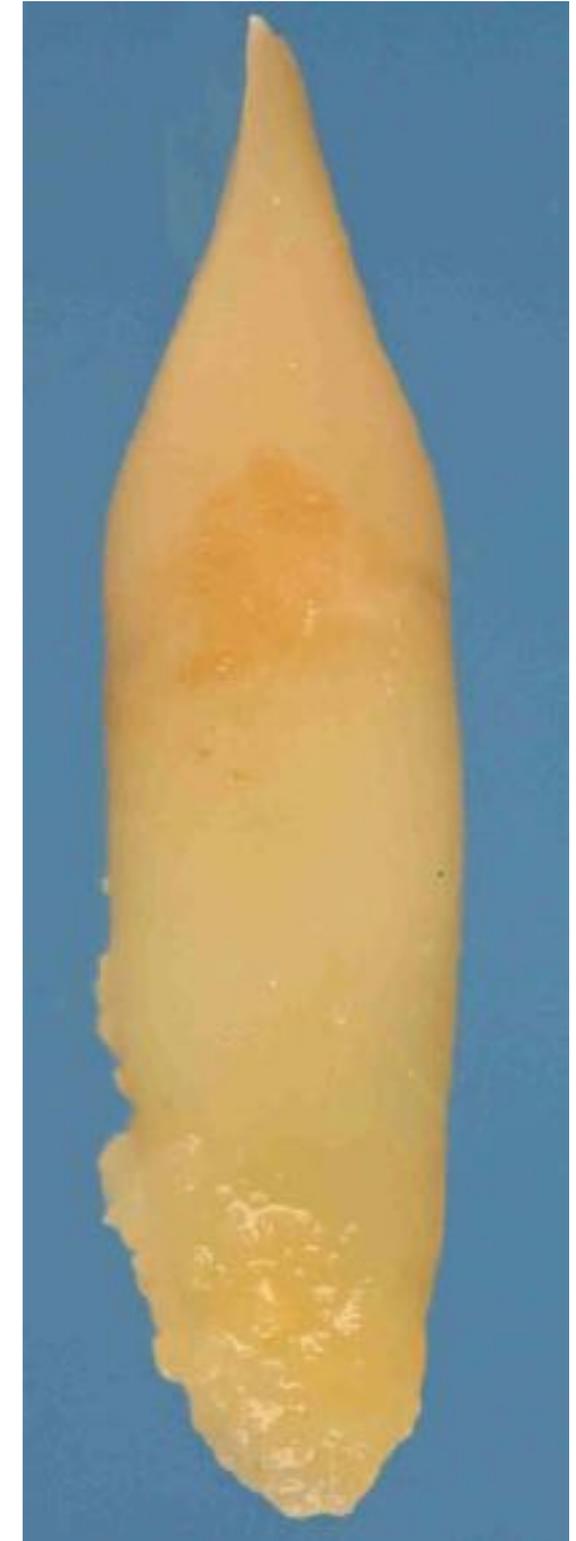
## Wirkung von HCl 5 %

aufgelöst werden:

- Zahnschmelz
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Phosphatzement
- säureempfindliche Kulturen

Konkrementen fallen ab bzw. lassen sich nach der Entkalkung abwischen.

Fett wird gelöst durch Alkohol, Methylsalicylat



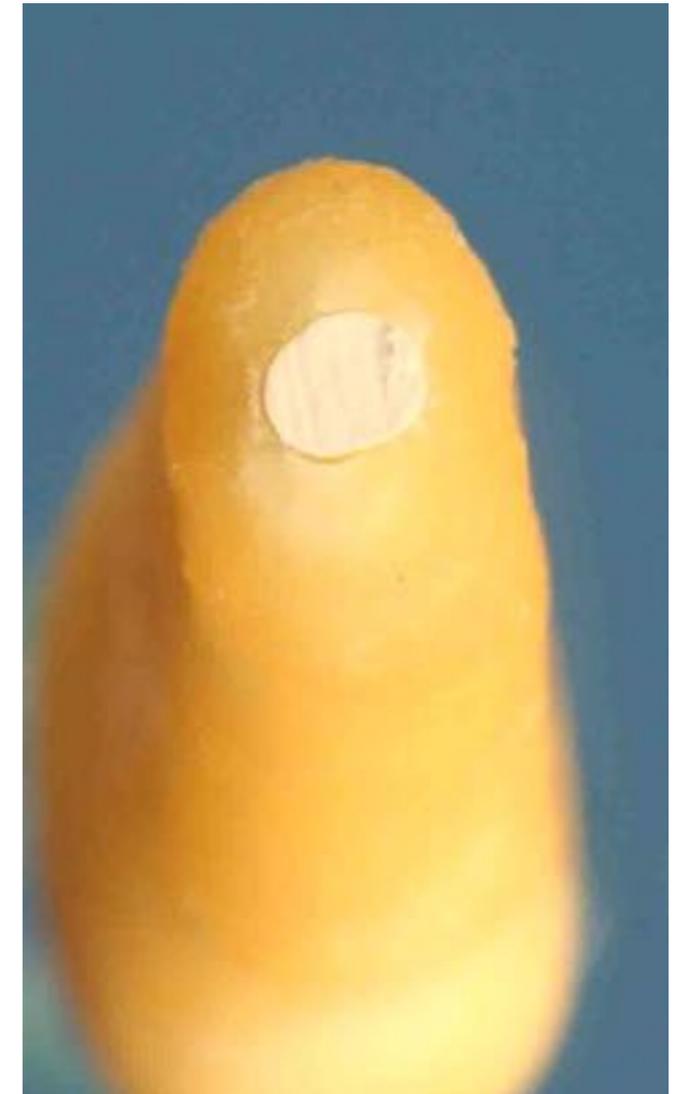
## Wirkung von HCl 5 %

erhalten bleiben:

- Strukturproteine:  
Kollagengeflecht von Dentin  
und Wurzelzement,  
anhaftendes Weichgewebe
- Guttapercha
- Sealer
- Metalle
- MTA
- Komposit



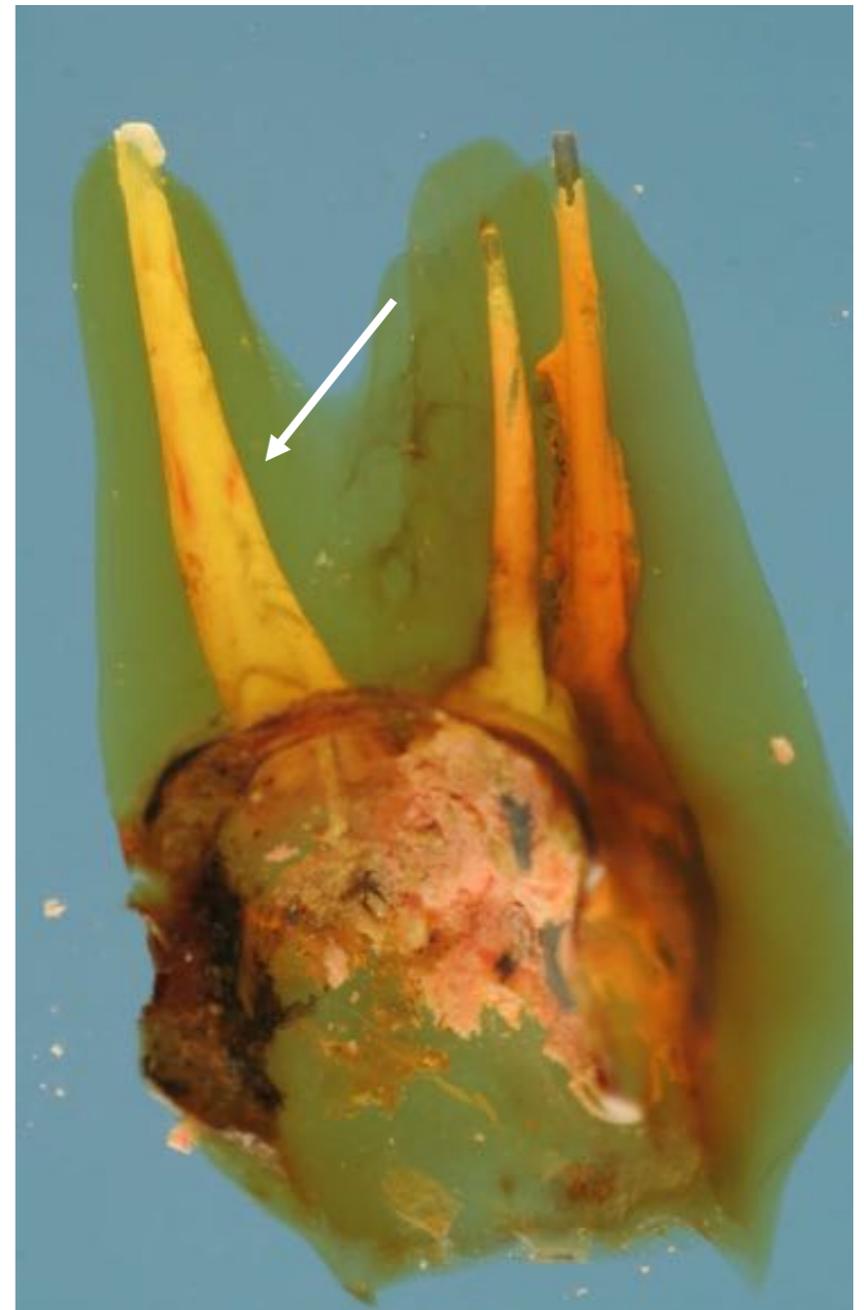
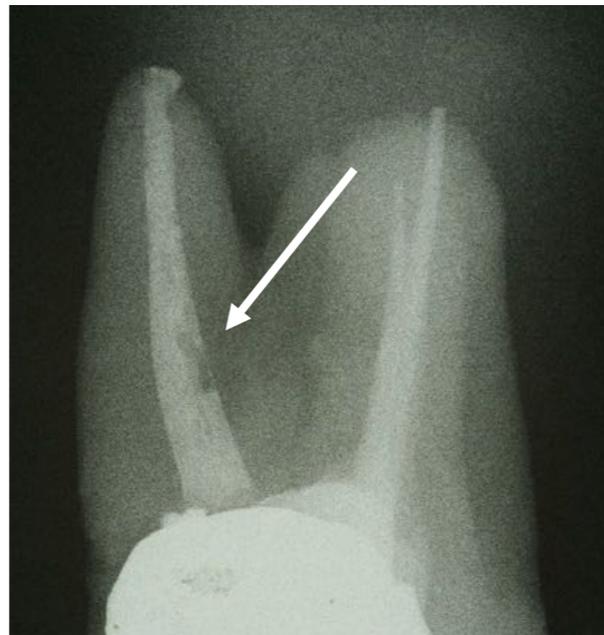
vor



nach

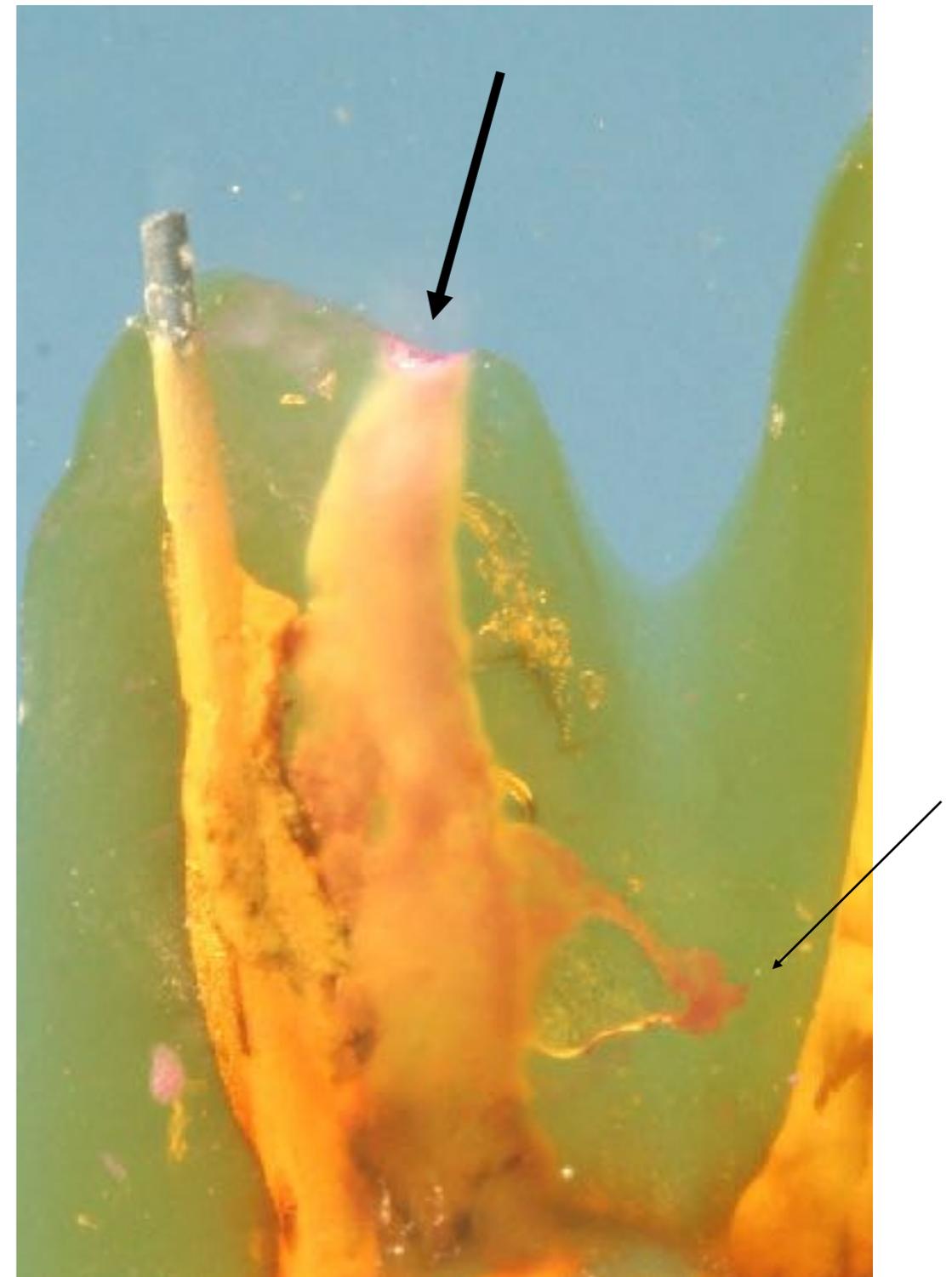
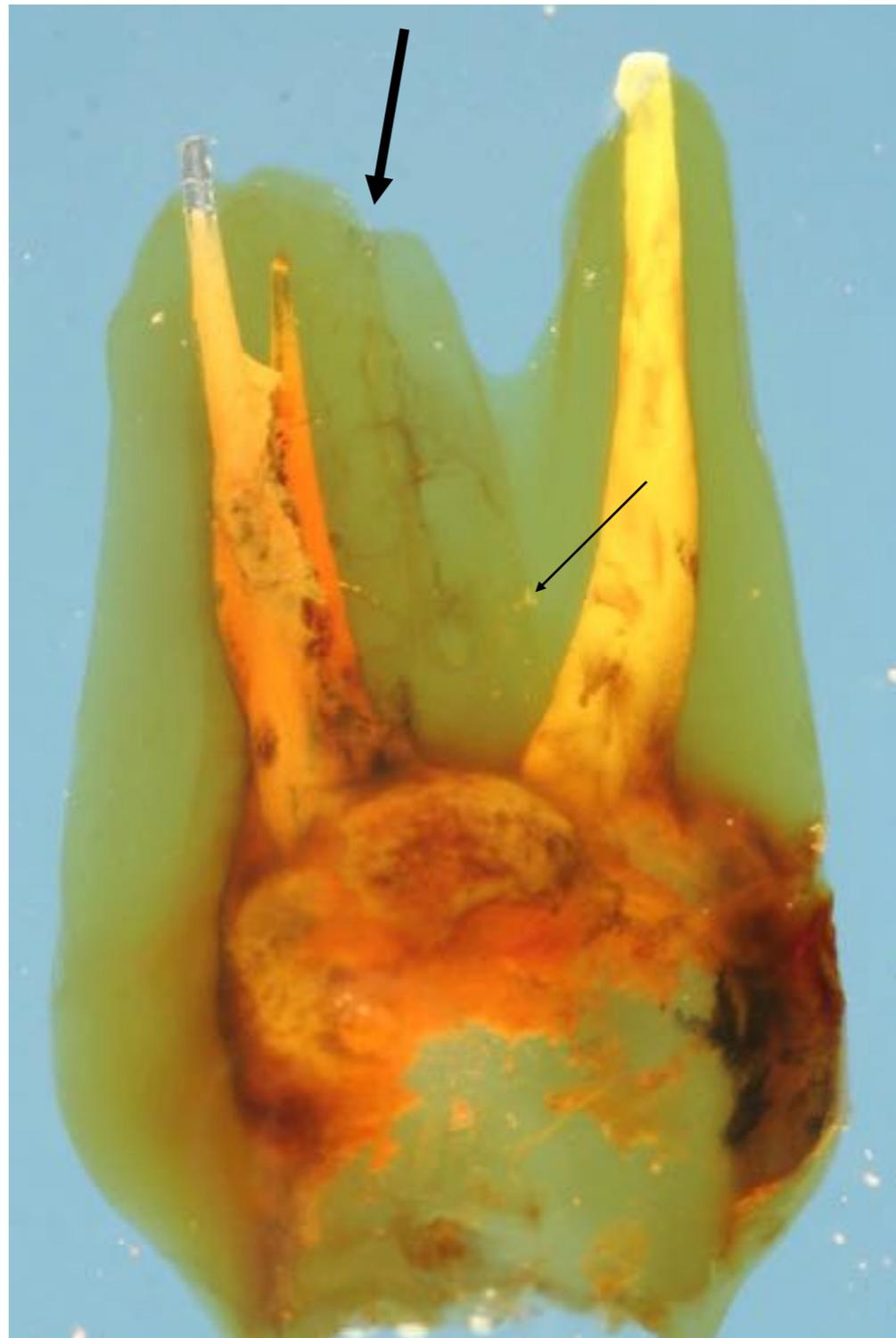
Demineralisation

Die Homogenität von Wurzelkanalfüllungen kann in transparenten Präparaten nicht beurteilt werden. Deshalb müssen zur Bewertung dieses Aspekts Röntgenbilder herangezogen werden.



Endodontische Hohlräume ohne Wurzelfüllmaterial bleiben verborgen (links).

Mit Kontrast gebenden Substanzen können sie dargestellt werden (rechts, Pfeile an korrespondierenden Stellen).



# Betrachtung der Präparate im flüssigen Medium

Das Präparat liegt an der Luft: störende Lichtreflexe an den Oberflächen des Präparats



Das Präparat liegt in Methylsalicylat: keine Lichtreflexe an den Oberflächen des Präparats

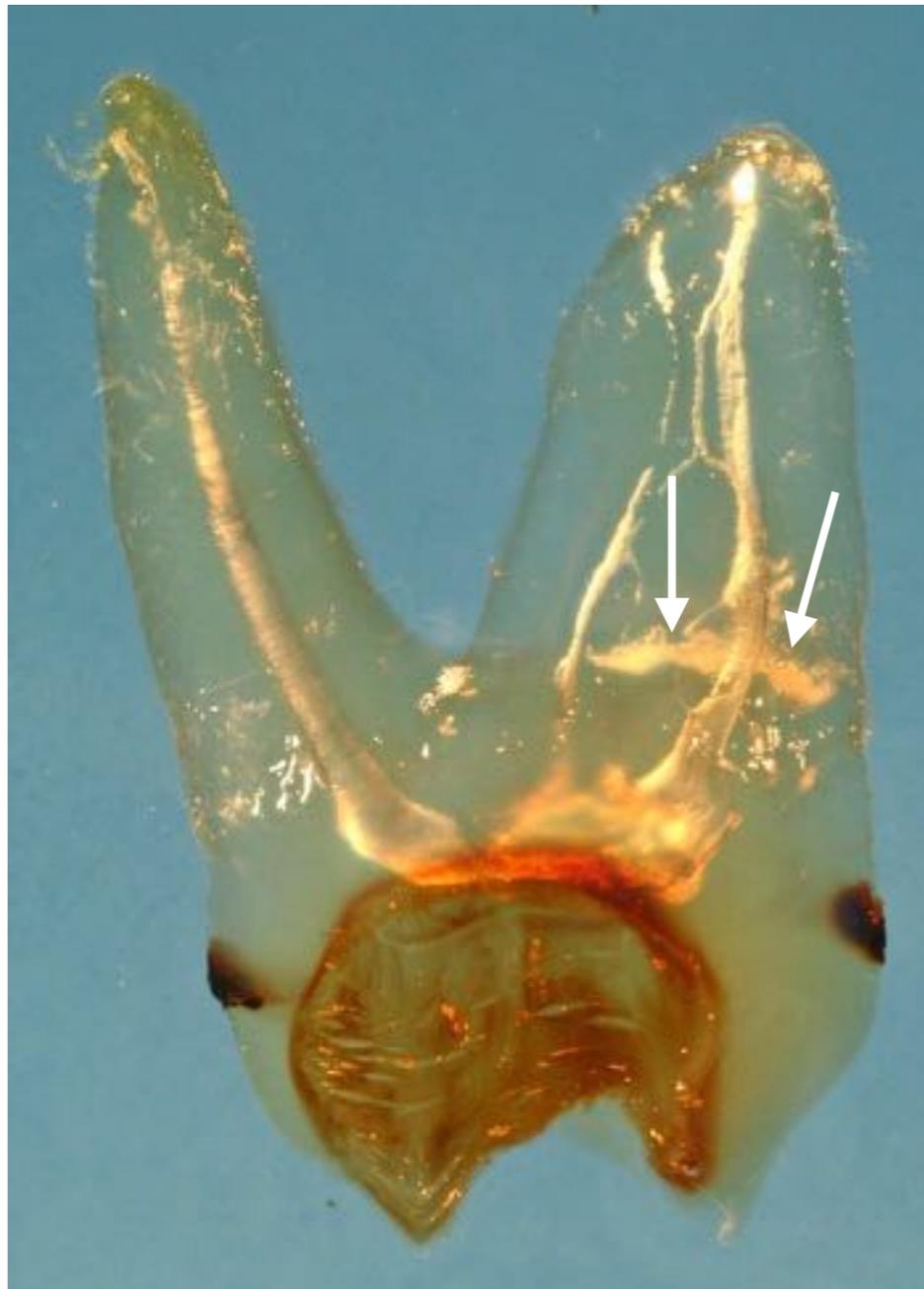


Endodontische Hohlräume ohne Kontrastmittel bleiben verborgen (links).  
Durch Injektion von Luft werden optische Grenzflächen zwischen Dentin und Pulpahohlräumen geschaffen, um die Wurzelkanalsysteme sichtbar zu machen (rechts).

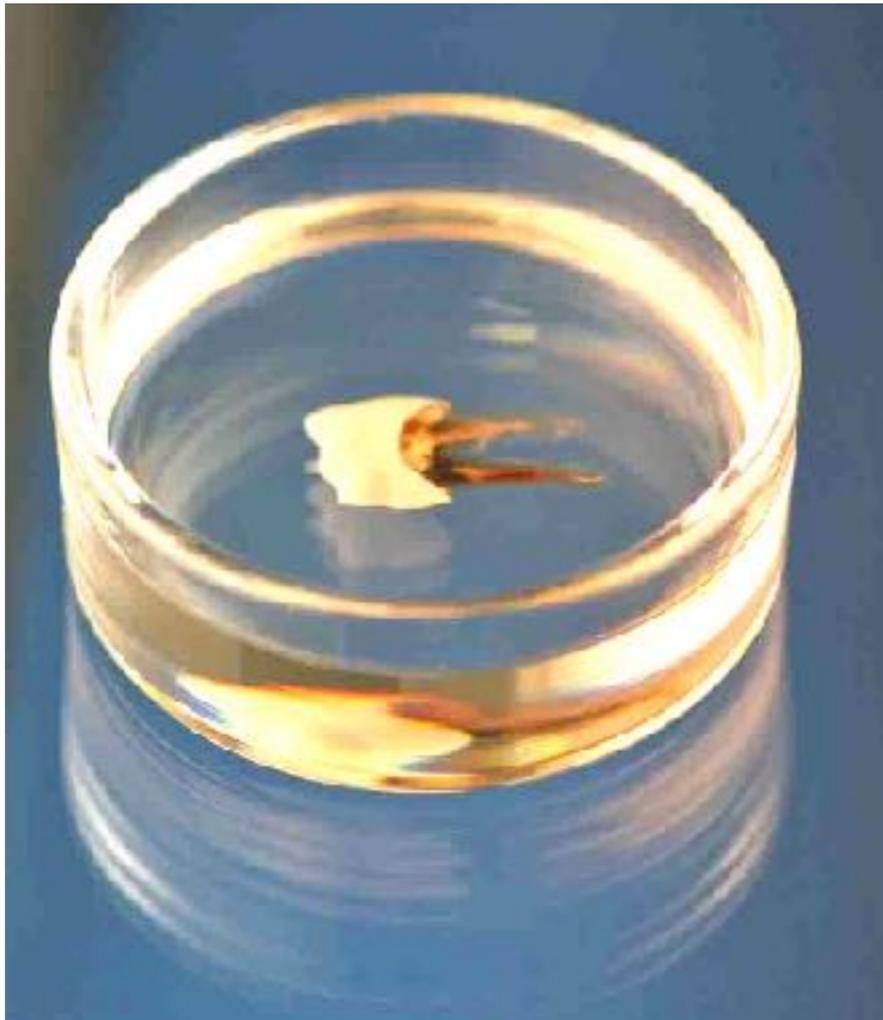


Das Präparat wird nach Luftinjektion in Methylsalicylat zurückgelegt (links). Die Kanalsysteme werden unvollständig und vergrößert dargestellt. Druckluft kann Artefakte durch Disruption der Dentinstruktur verursachen (Pfeile).

Die Foramina können mit Sekundenkleber verschlossen werden, um das Entweichen der injizierten Luft zu verhindern (Marius Wendisch).



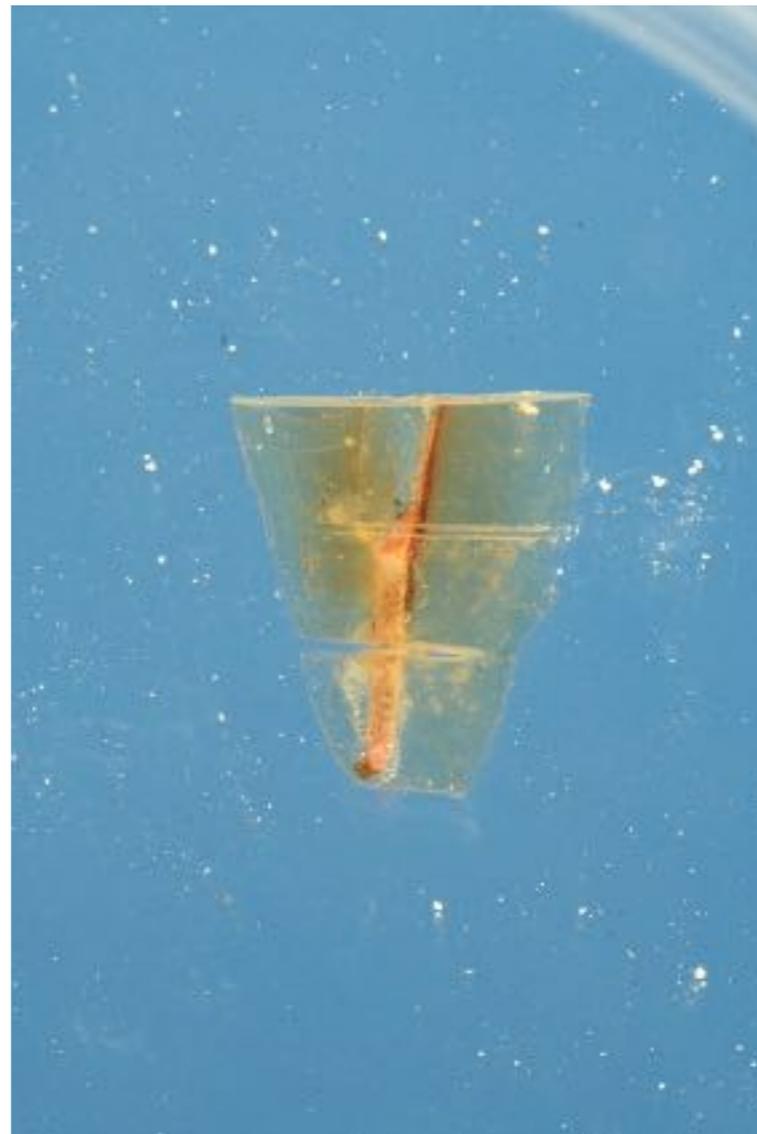
# Konventionelle Fotografie



# Konventionelle Fotografie

## Nachteile:

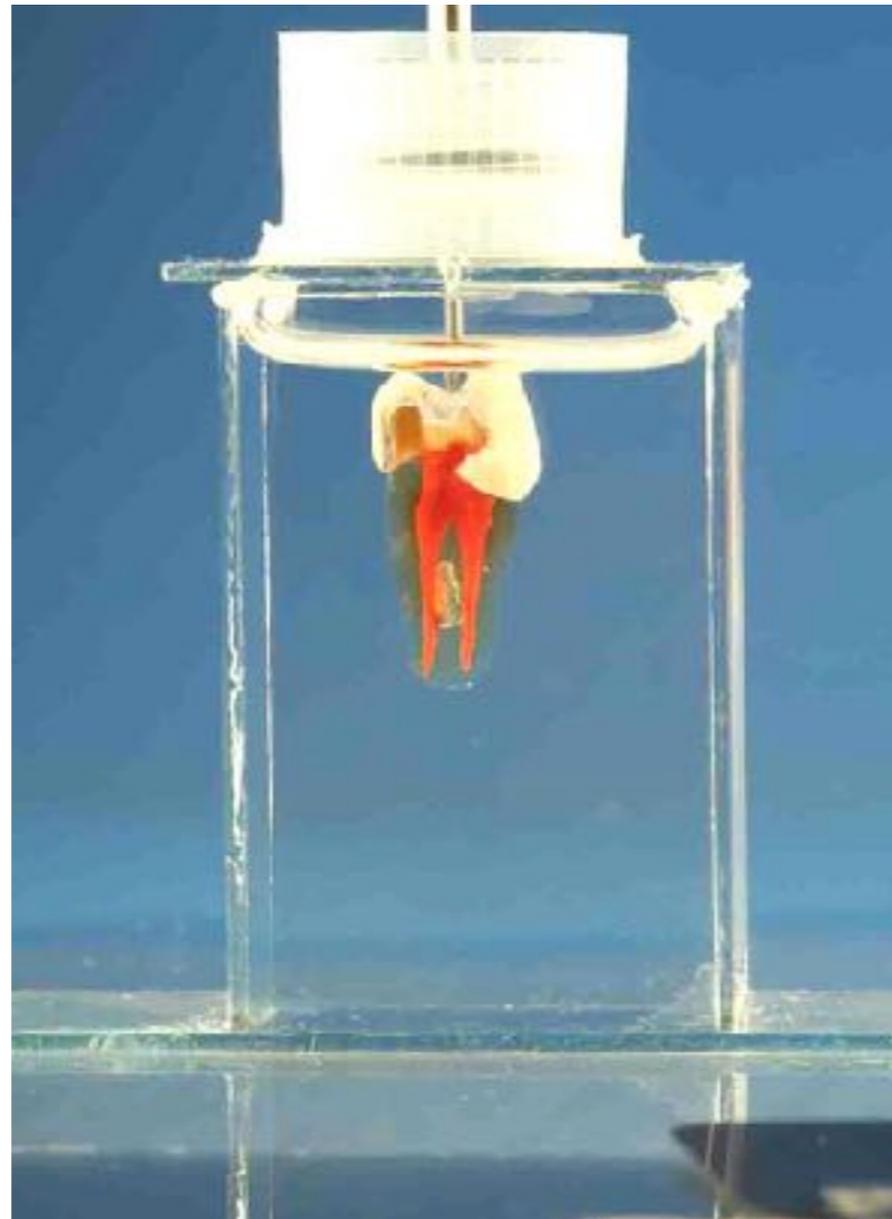
- stark eingeschränkte Ausrichtung der Präparate
- Sedimente
- eingeschränkte Beleuchtungsmöglichkeiten



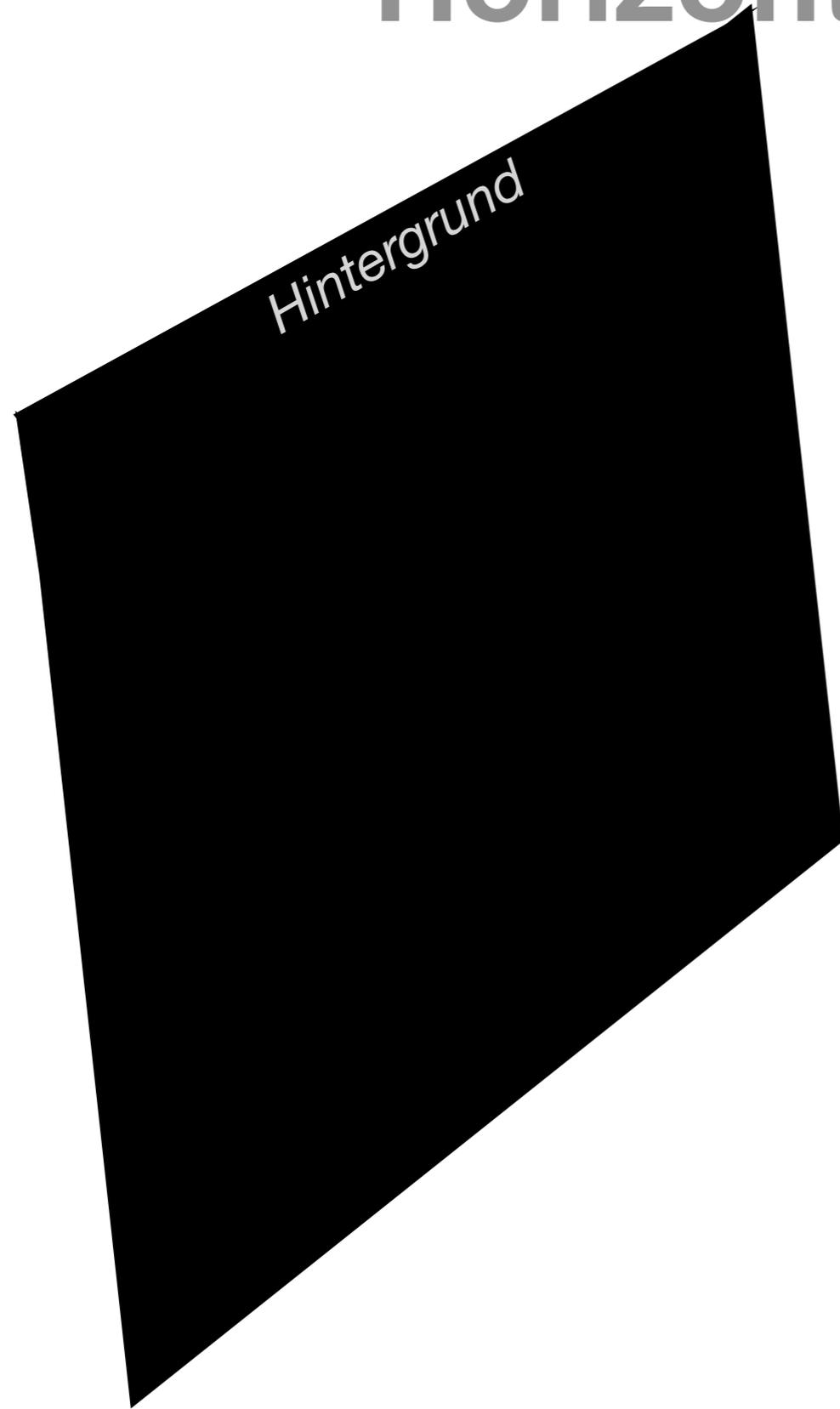
# Horizontale Fotografie

## Vorteil:

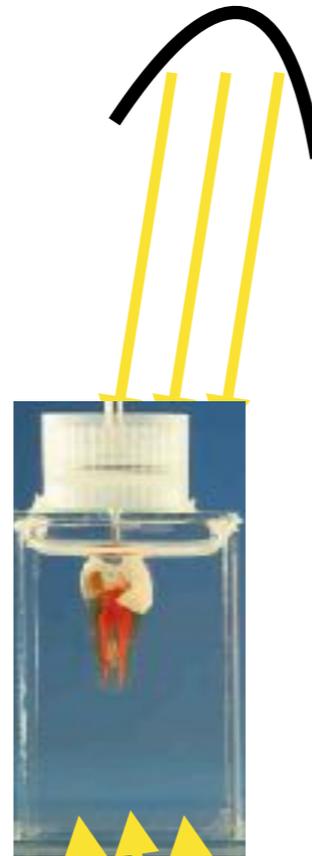
- sehr gute Ausrichtung der Präparate
- keine Sedimente aber wenige Schwebteilchen
- optimale Beleuchtungsmöglichkeiten



# Horizontale Fotografie



Beleuchtung



Beleuchtung



# Beleuchtung

seitlich von rechts und links, Dunkelfeld



# Hintergrund

neutraler  
Hintergrund  
universell



Hellfeld:  
Durch- und  
Auflicht

Für die  
Darstellung feiner  
dunkler  
Strukturen

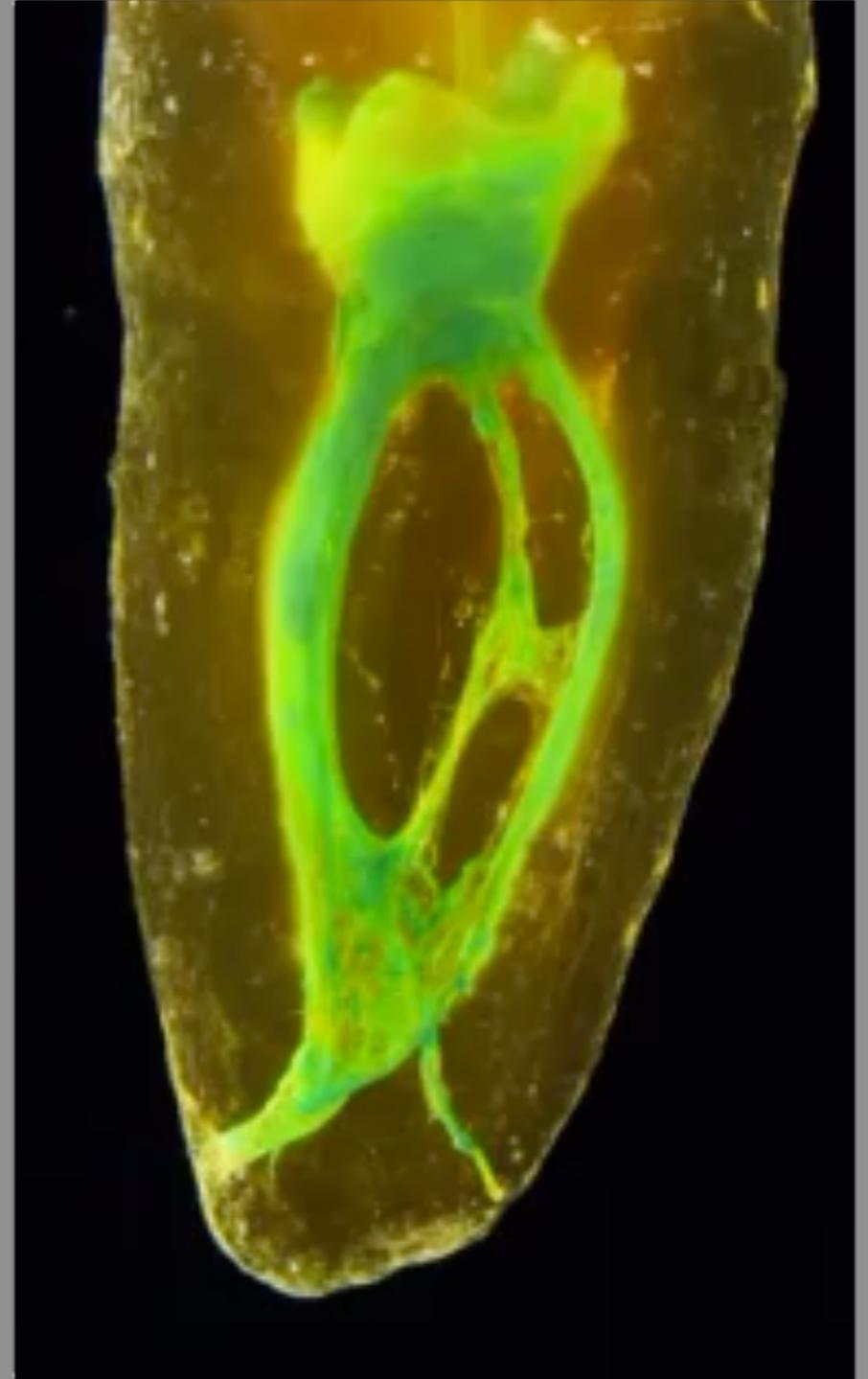
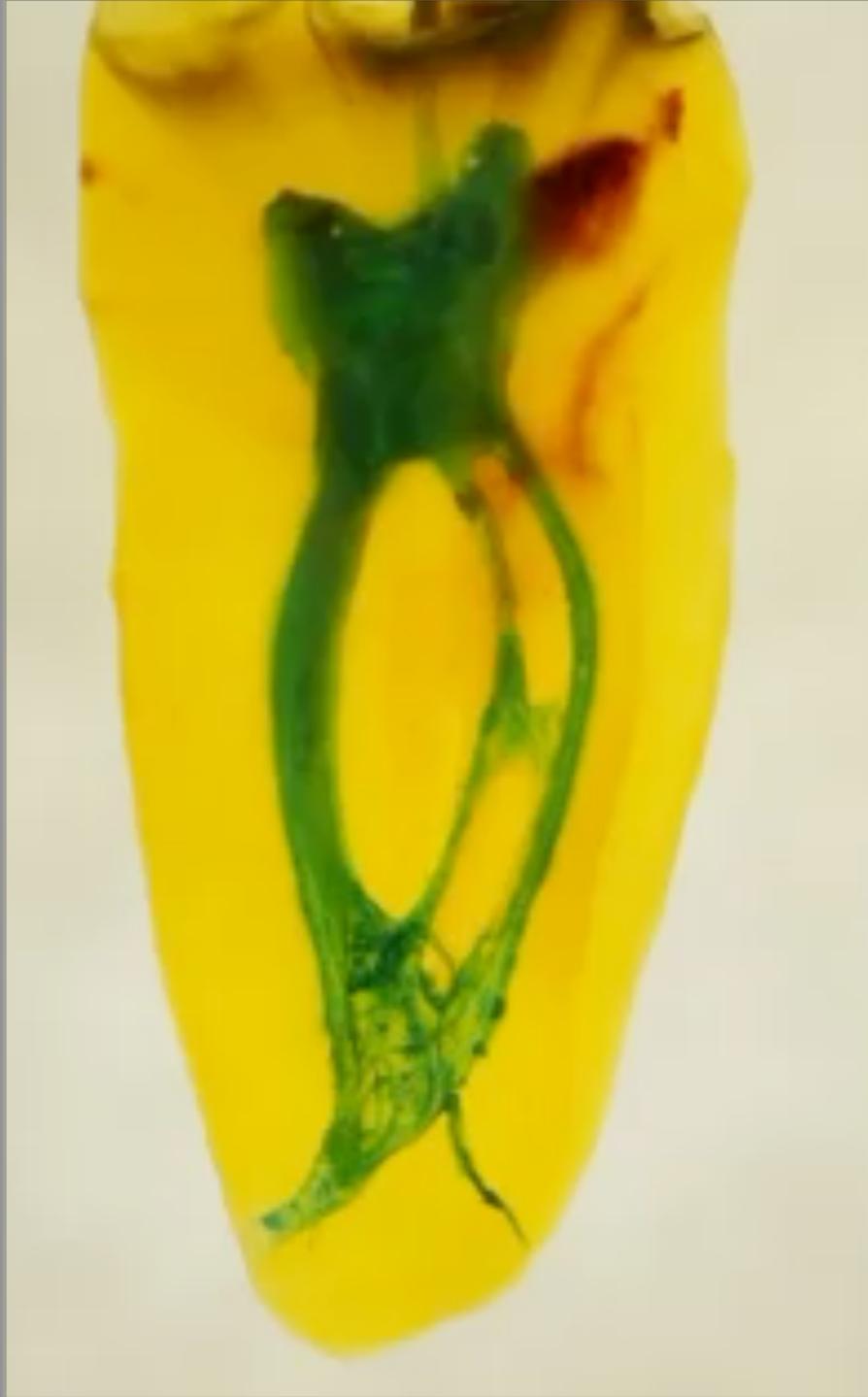
# Hintergrund



Dunkelfeld:  
Auflicht + dunkler  
Hintergrund  
  
für feine reflektierende  
+ opake Strukturen

# Videos im Hell- und Dunkelfeld

Visuelle Aufbereitung



**alles klar?**

- Studium der endodontischen Topografie
- Anschauungsmaterial für Patientenberatung
- Untersuchung von Behandlungsmisserfolgen (Autopsie)
- Überprüfung von in-vitro-Behandlungen

# Studium der endodontischen Topografie



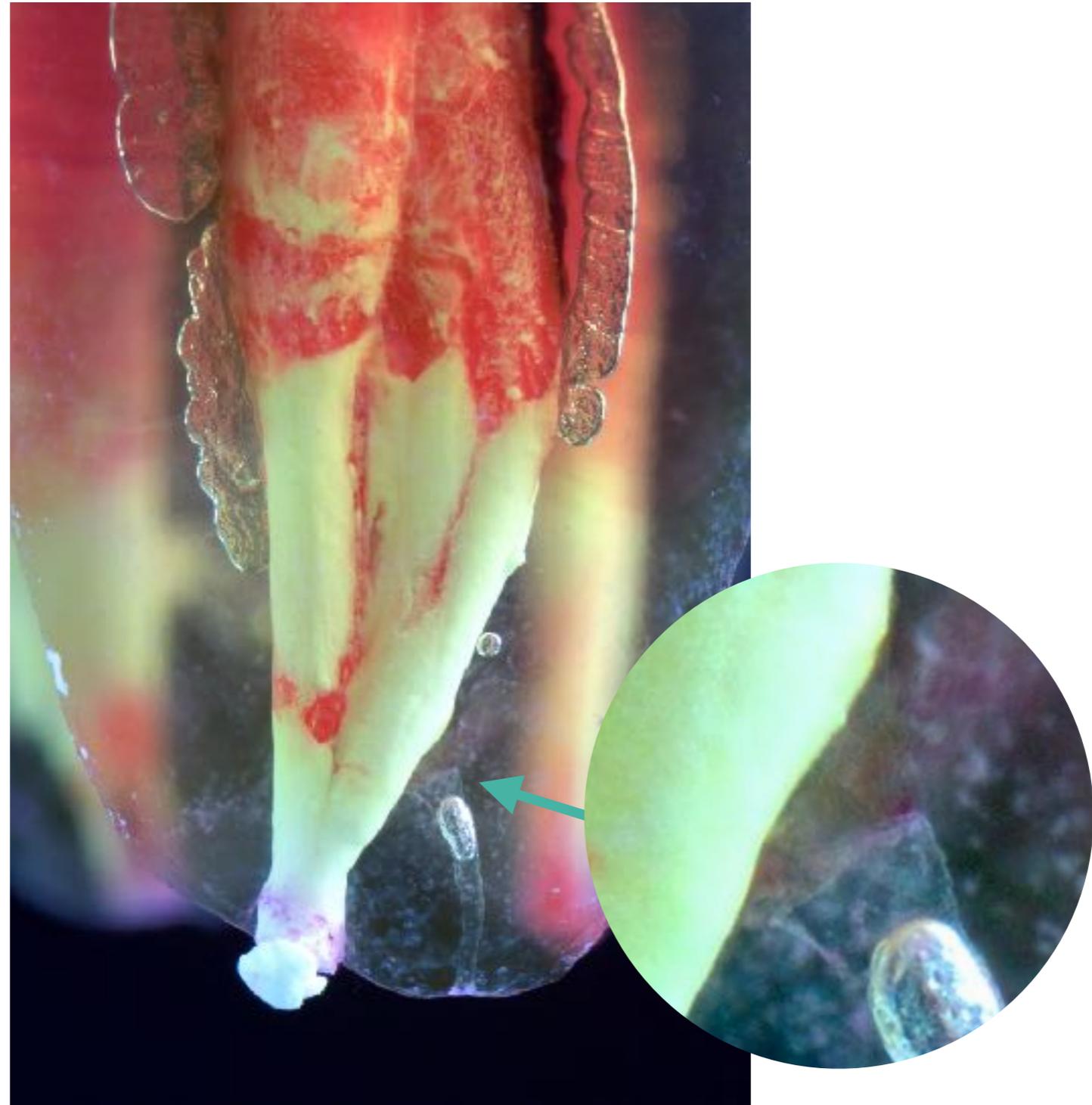
# Patientenberatung

Einsatzbereiche



# Untersuchung von Behandlungsmisserfolgen

Einsatzbereiche



# Überprüfung von in-vitro-Behandlungen

Einsatzbereiche

