

# „Vollautomatische und objektive Qualitätsanalyse einer klinischen Zahnpräparation“

*Dr. P. Weigl<sup>1</sup>, R. Felber<sup>1</sup>, M. Nef<sup>2</sup>, Dr. J. Brandt<sup>1</sup>, E.  
König<sup>1</sup>, Prof. Dr. H.-Ch. Lauer<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Goethe-Universität Frankfurt/M

<sup>2</sup> Cyfex AG, Zürich

# GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT

## IST-SITUATION

- Steigende Studentenzahlen
- Reduziertes Personal
- Zu wenig Betreuungszeit
- Subjektive Beurteilung
- . . . . .
- Die Anforderungen an Dozenten und Studenten steigen kontinuierlich



## Derzeit: Subjektive Bewertung

Motivation:

Problem: Subjektivität

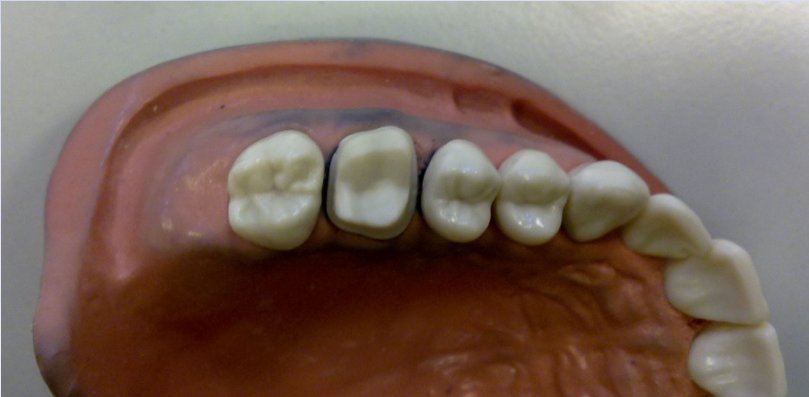
Lösung:

Objektive Beurteilung mit objektiven Messmethoden und Analysefunktionen

Umsetzung:

Optische 3D Messung und Software basierende Bewertung

## Versuchsplanung



- Auf einem KaVo-Modell wird am **Zahn 16 eine Hohlkehle** präpariert.
- Die Präparation wird von mehreren Dozenten bewertet.  
→ **Inter-individuelle** Bewertungsunterschiede
- Die Präparation wird von einem Dozenten mehrmals bewertet.  
→ **Intra-individuelle** Bewertungsunterschiede

# Inter-individuelle Unterschiede bei der Bewertung einer Präparation



## Bewertung des Abstands zum Antagonisten



- Ausgangssituation  
Präparation Hohlkehle 16

Bewertungsbogen Kronenpräparation Zahn Nr.:

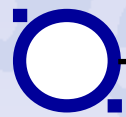
-Studie Annett Kempf-

**Okklusaler Abtrag**

| <input type="checkbox"/> Zu viel | <input type="checkbox"/> Gut (innerhalb des Toleranzbereiches) | <input type="checkbox"/> Zu wenig |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                  |                                                                |                                   |

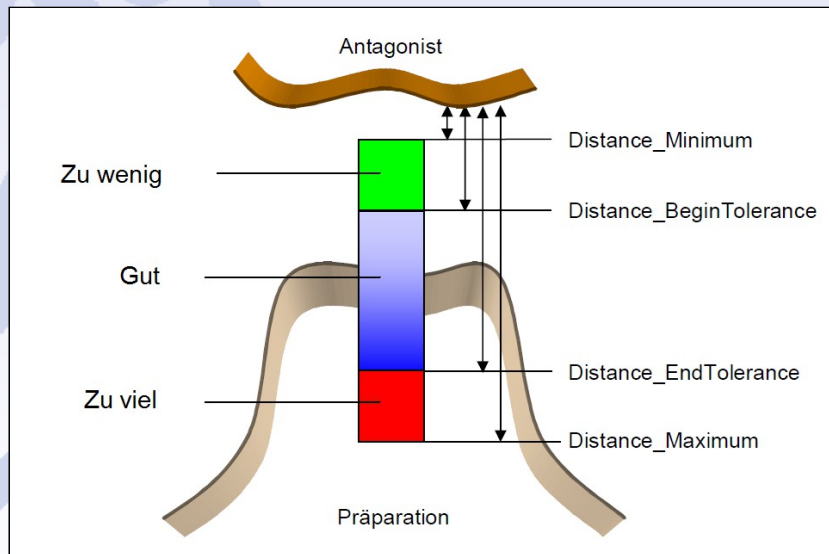
- Bewertungsbogen mit den Kriterien zur Beurteilung

# Inter-individuelle Unterschiede bei der Bewertung einer Präparation



## Bewertung des Abstands zum Antagonisten

|                   | Beurteiler 1    | Beurteiler 2   | Beurteiler 3   | Beurteiler 4    |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Okklusaler Abtrag | <i>Zu wenig</i> | <i>Zu viel</i> | <i>Zu viel</i> | <i>Zu wenig</i> |



## • Bewertungskriterien

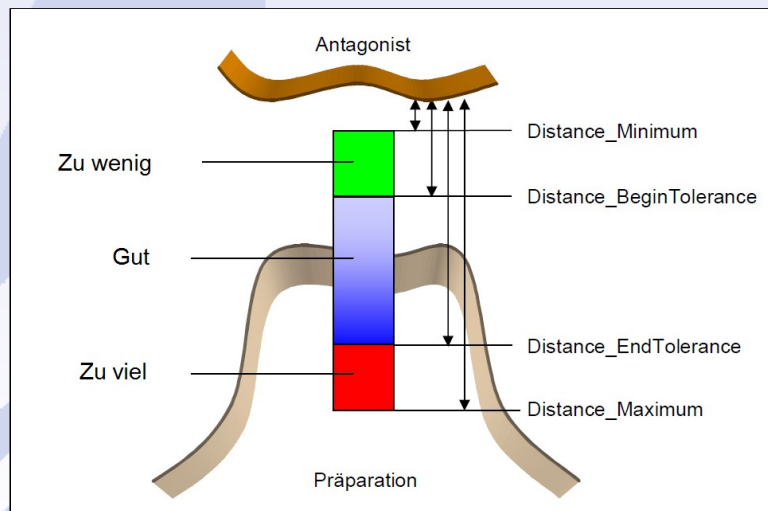


# Intra-individuelle Unterschiede bei der Bewertung einer Präparation



## Bewertung des Abstands zum Antagonisten

| Okklusaler Abtrag | Beurteiler 1    | Beurteiler 2    | Beurteiler 3   | Beurteiler 4    |
|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Bewertung 1       | <i>Zu wenig</i> | <i>Zu viel</i>  | <i>Zu viel</i> | <i>Zu wenig</i> |
| Bewertung 2       | <i>Zu wenig</i> | <i>Zu wenig</i> | <i>Gut</i>     | <i>Zu wenig</i> |



## ● Bewertungskriterien

# Versuchsplanung der Studie



- Auf 64 Zähnen wird eine Hohlkehle 16 Präpariert.
- Die Präparation wird von mehreren Dozenten bewertet.
- Die Präparation wird von jedem Dozenten mehrmals bewertet.

## Auswertung Zahn PH II

### 1. Auswertung Zahn PH II

1.1 Zahn Nummer

|      |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10er | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1er  | x0                       | x1                       | x2                                  | x3                       | x4                       | x5                       | x6                       | x7                       | x8                       | x9                       |

1.2 Bewerter Nummer

|      |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10er | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1er  | x0                       | x1                       | x2                       | x3                                  | x4                       | x5                       | x6                       | x7                       | x8                       | x9                       |

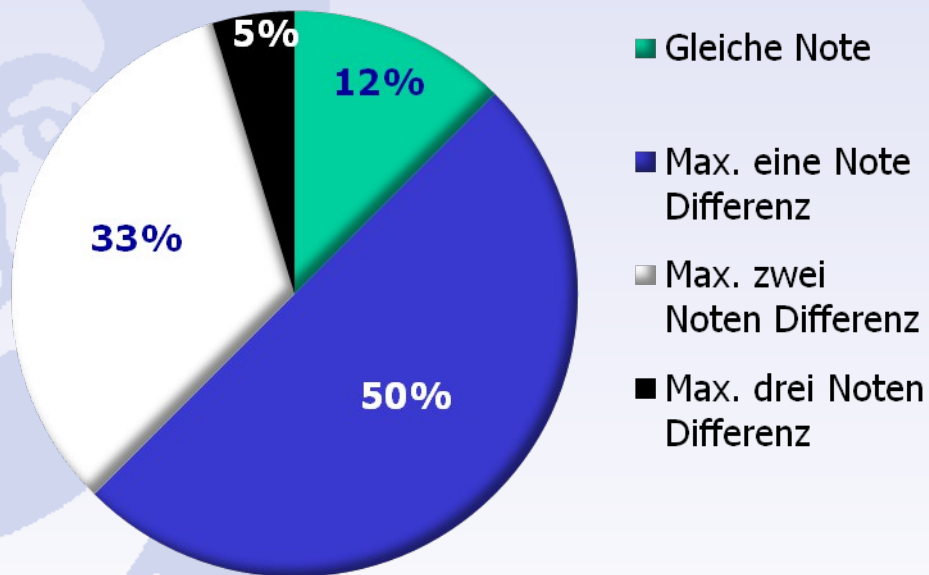
### 2. Gesamtnote

|                |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2.1 Gesamtnote | 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        |
|                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



## Derzeit: Subjektive Bewertung

### Abweichung der Noten bei 3 Bewertern

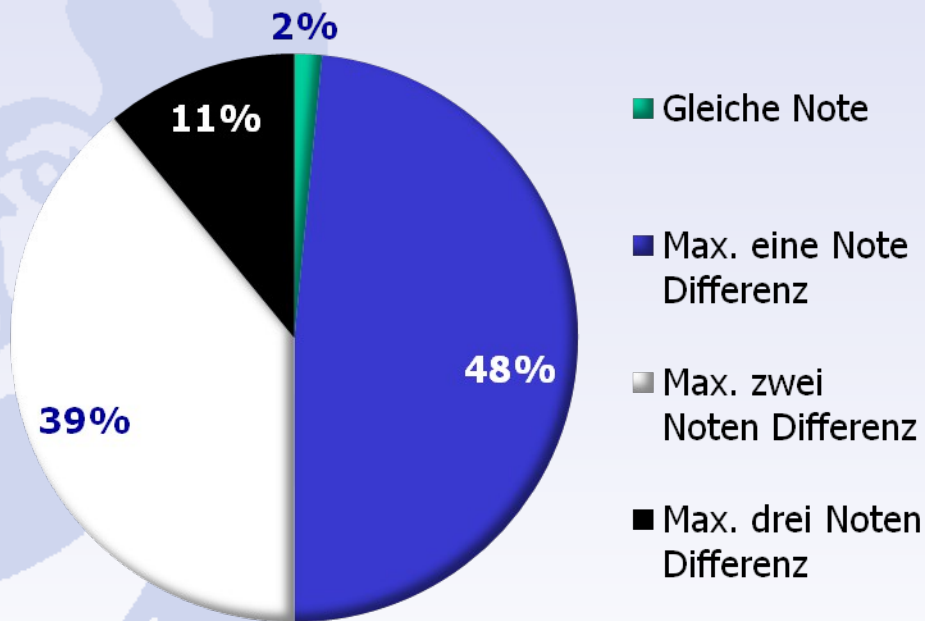


### IST-SITUATION

- 64 Präparationen wurden bewertet
- 3 Prüfer bewerten die Arbeit
- In 12% der Fälle stimmt die Note überein
- Immerhin war man sich in 50% der Fälle bis auf eine Note einig

## Derzeit: Subjektive Bewertung

### Abweichung der Noten bei 5 Bewertern

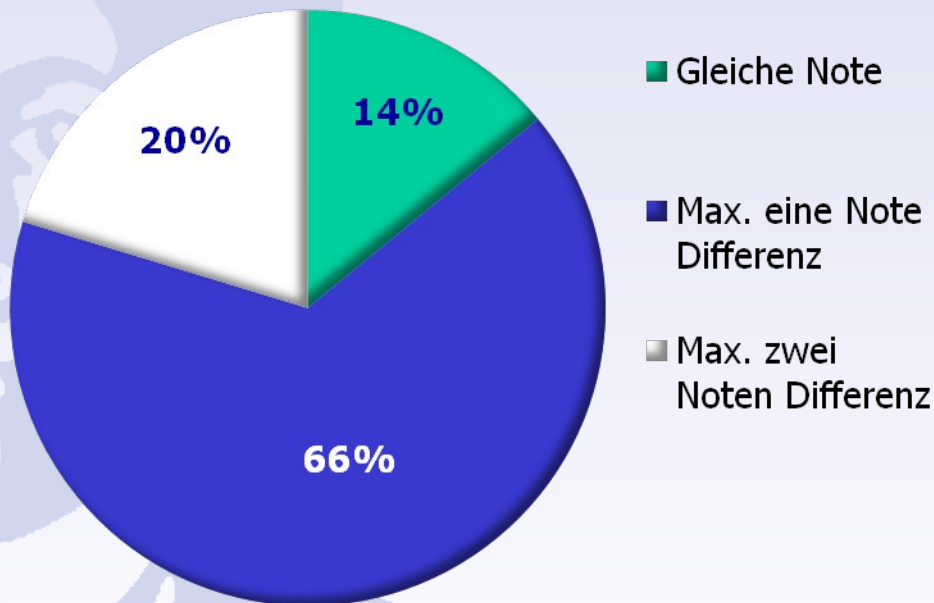


### IST-SITUATION

- 64 Präparationen wurden bewertet
- 5 Prüfer bewerten die Arbeit
- In 2% der Fälle stimmt die Note überein
- Immerhin war man sich in 48% der Fälle bis auf eine Note einig
- Aber es gab auch 11% mit drei Noten Abweichung auf Grund des Prüfers

## Derzeit: Subjektive Bewertung

### Abweichung der Noten eines Bewerters bei mehreren Beurteilungen

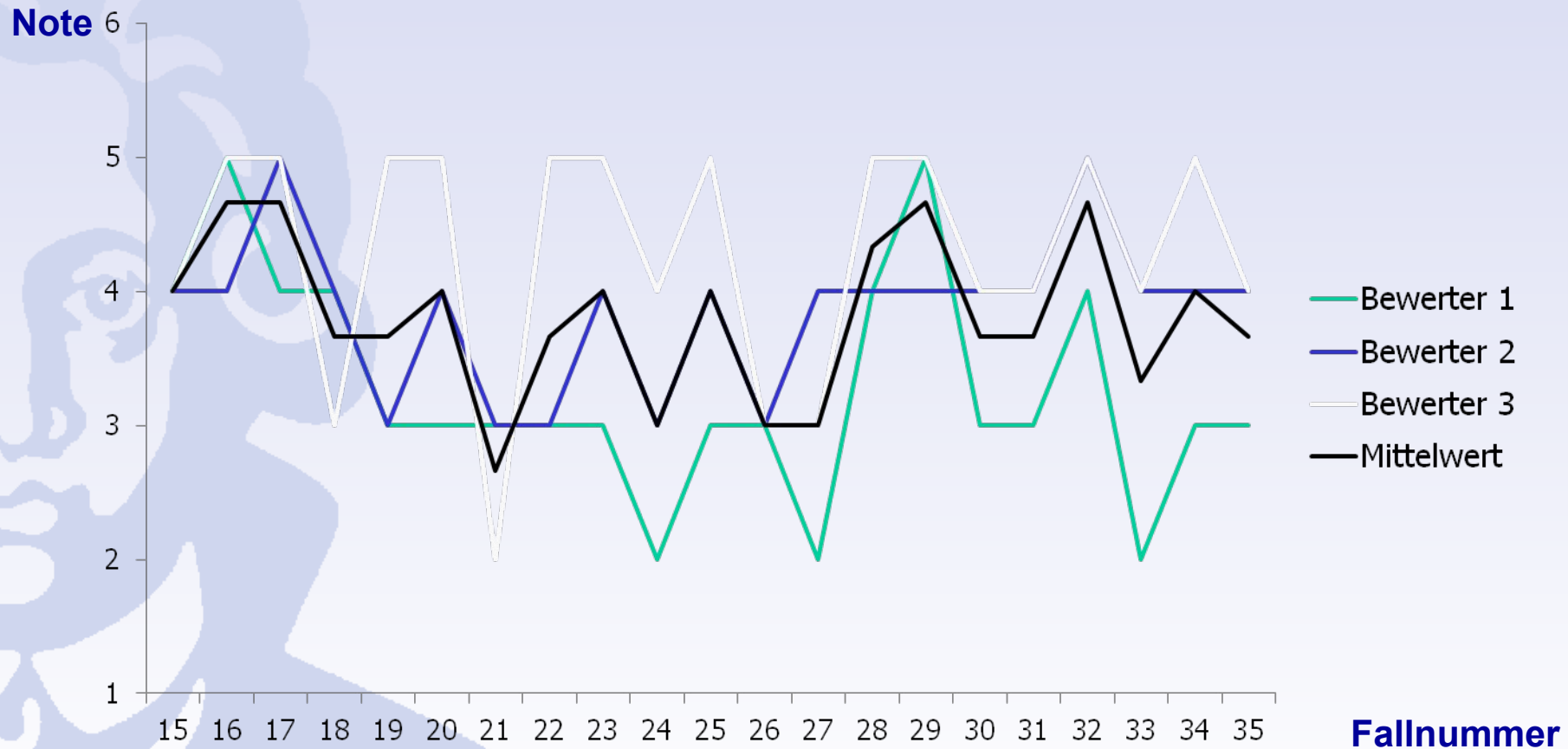


### IST-SITUATION

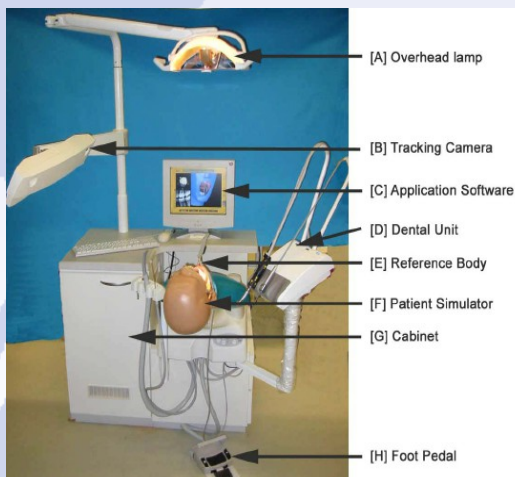
- 64 Präparationen wurden bewertet
- Der Prüfer bewertet zweimal
- In 14% der Fälle stimmt die Note überein
- In 66% der Fälle lag die Zweitbewertung um eine Stufe daneben
- Aber es gab auch 20% mit zwei Noten-stufen Abweichung

# Derzeit: Subjektive Bewertung

## Beurteilung der Zähne durch verschiedene Bewerter



## Lösungen



### Vorteile

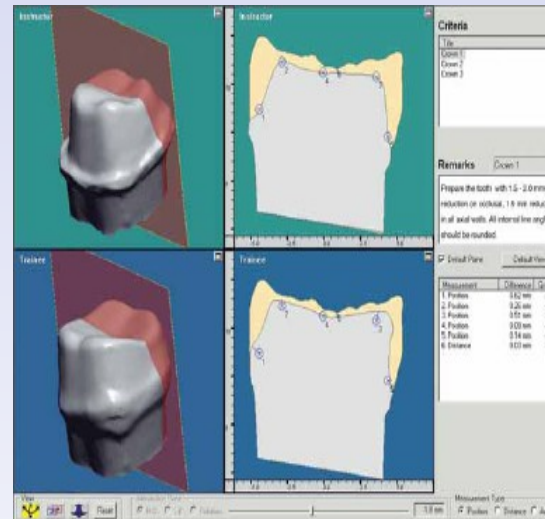
- Real time tracking

### Nachteile

- Master-Präparation muss vorhanden sein
- Hoher Wartungsaufwand
- Weit entfernt von einem Anwender freundlichen System
- Kaum Akzeptanz bei den Studenten



## Lösungen

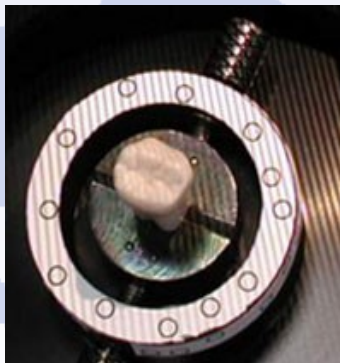


### Vorteile

?

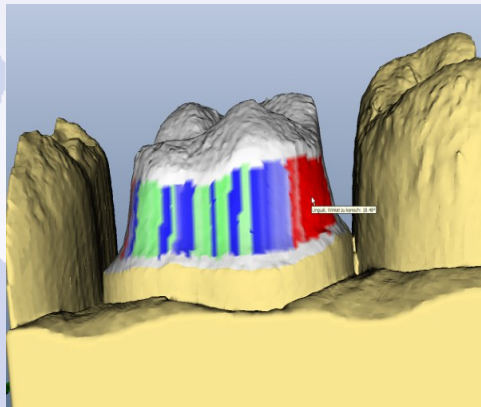
### Nachteile

- Master-Präparation muss vorhanden sein
- Hoher Zeitaufwand beim Scannen
- Hoher Zeitaufwand beim Analysieren
- Kaum Akzeptanz bei den Studenten



## Vollautomatische Analyse einer Zahnpräparation

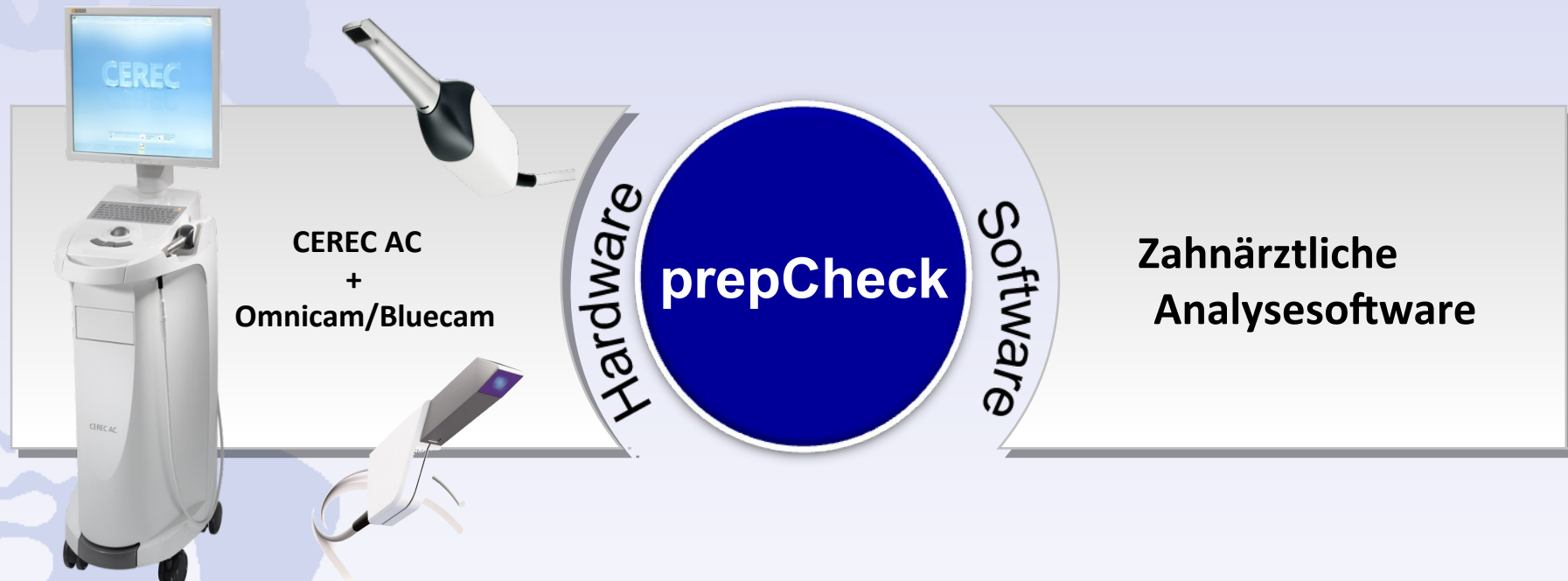
### Eigene Lösung:



### Ziel:

- Intraorale Aufnahme von Präparation, Nachbarzähne und Antagonisten
- Bewertung ohne Master-Präparation
- Vollautomatische Analyse-Software
- Einfacher und schneller Workflow
- Hohe Akzeptanz bei den Studenten

## prepCheck- objektives Analysesystem



prepCheck ist eine Kombination aus CEREC AC mit Omnicam oder Bluecam und einer zahnärztlichen Analysesoftware.

## Wie funktioniert prepCheck?



### Arbeitsablauf



#### Präparieren

Der Student erstellt die Präparation an einem Übungszahn an einem Phantomgebiss, oder an einem Patienten.



#### Digitale Abformung mit CEREC AC

Er scannt das Ergebnis mit der CEREC Omnicam ein. Dabei werden Präparation, Nachbarzähne und Antagonisten intraoral vermessen.

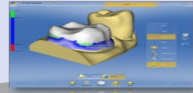


#### Bewerten mit prepCheck

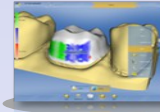
Die Analysesoftware stellt verschiedene interaktive oder automatische Tools zur Einordnung des Ergebnisses im Vergleich zu vordefinierten Werten zur Verfügung.

# Analysefunktionen Kronen

Analyse des  
Randabschlusstyps



Analyse der  
zirkulären  
Winkel



Analyse der  
Unterschnitte



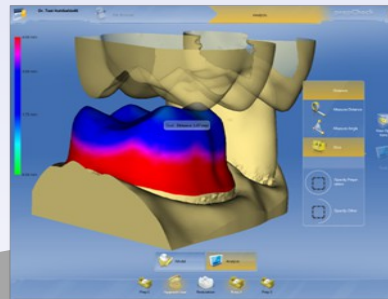
Analyse des  
Präparationsrandes



Analyse der  
Oberflächen-  
beschaffenheit



Distanzmessung  
zwischen Kavität  
und Gegenzahn





# ANALYSEFUNKTION

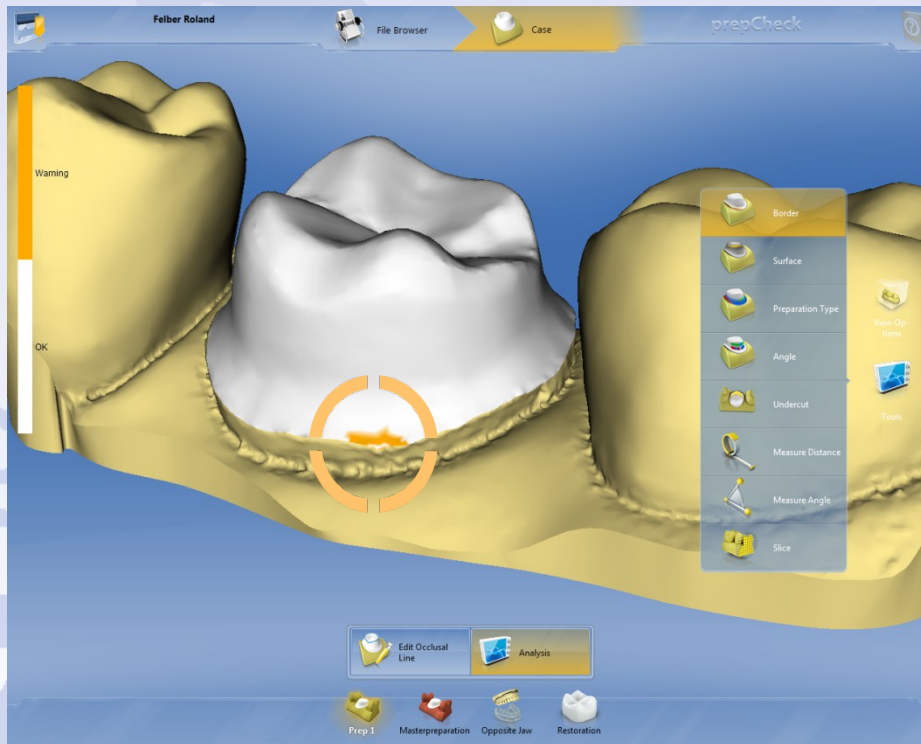
## ○ Analyse des Präparationsrandes

*Visualisierung von Einbuchtungen  
bzw. scharfe Kanten am Präparationsrand*

Stellen des Präparationsrandes,  
welche nicht glatt erscheinen

Stellen des Präparationsrandes,  
die glatt erscheinen

- Diese Analyse steht für Kronen- und Inlay-Präparationen zur Verfügung

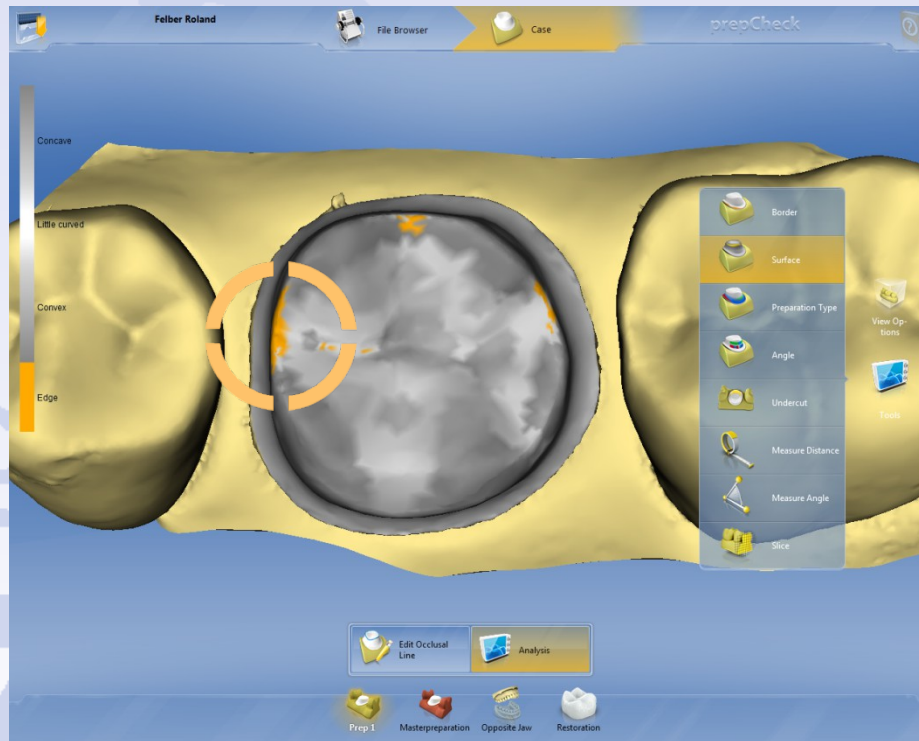




## ANALYSEFUNKTION

### ○ Analyse der Oberflächen- beschaffenheit

*Krümmungen der Oberfläche werden lokal auf der Kavität berechnet*



Visualisierung von Einbuchtungen bzw. scharfe Kanten am Präparationsrand

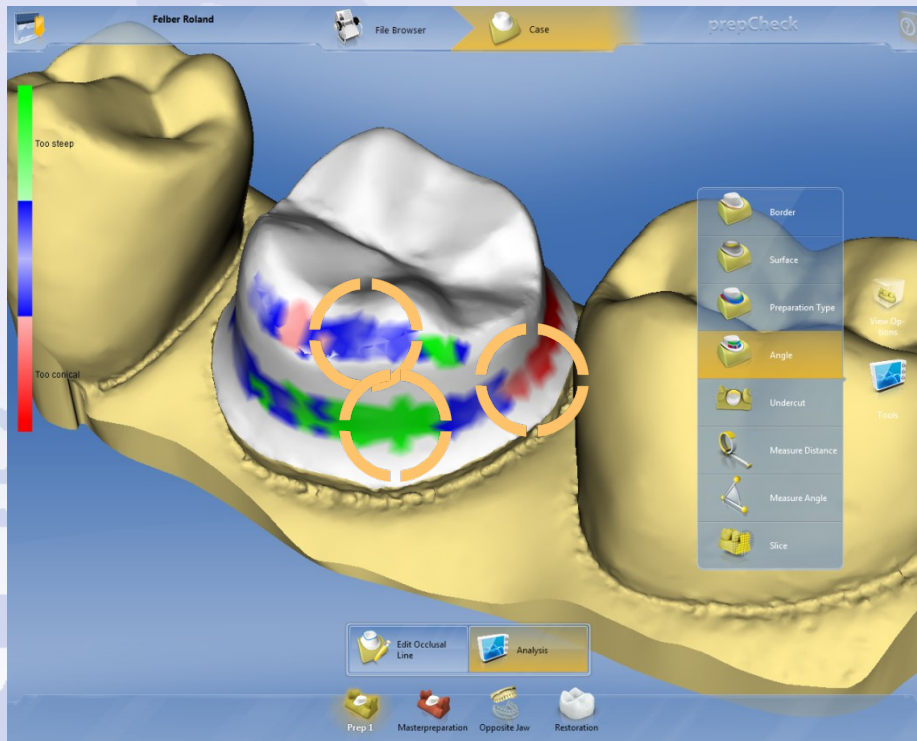
Sattelpunkte, flache Bereiche u. gekrümmte Bereiche (konkav oder konvex). Die Intensität korreliert mit der Stärke der Krümmung der Oberfläche

- Diese Analyse steht für Kronen- und Inlay-Präparationen zur Verfügung

## ANALYSEFUNKTION

### **Analyse der zirkulären Winkel**

*Winkelberechnung zwischen der Seitenfläche der Präparation und der Einschubrichtung. Lingual wird ein einziger Winkel berechnet, bukkal sind es zwei*



 Der Winkel an der Seitenfläche ist zu klein. Die Seitenfläche ist zu steil. Eine Korrektur ist möglich.

 Der Winkel an der Seitenfläche liegt innerhalb der Toleranz.

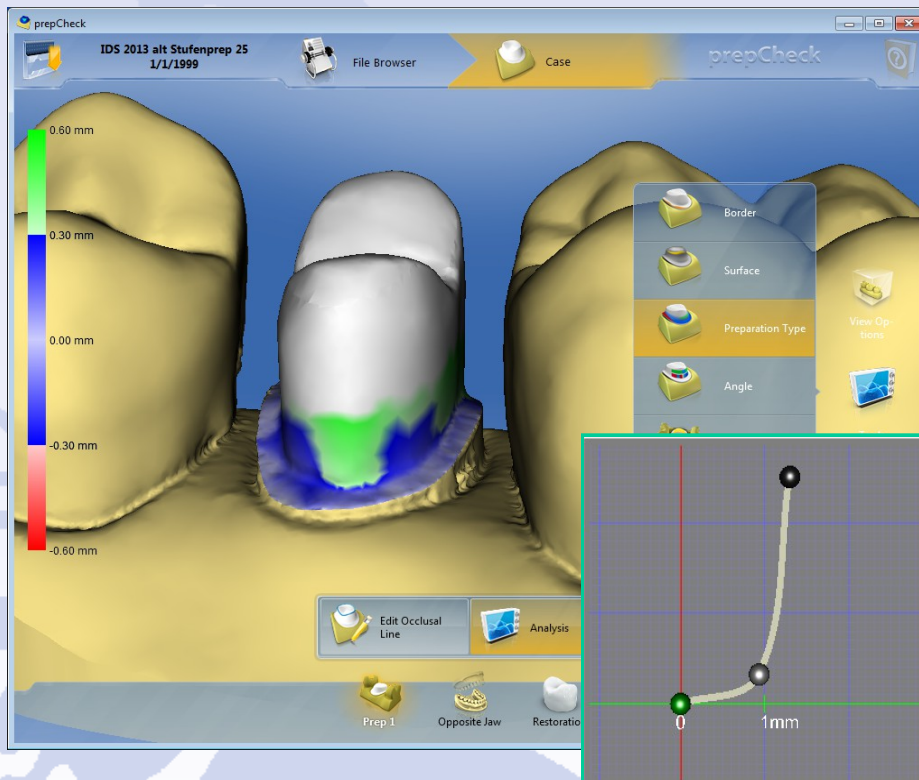
 Der Winkel an der Seitenfläche ist zu groß. Die Seitenfläche ist zu flach bzw. es wurde zu viel Material abgetragen.

- Diese Analyse steht für Kronen-Präparationen zur Verfügung

## ANALYSEFUNKTION

### Analyse des Präparationstyps

*Die Funktion überprüft den Verlauf der Präparation. Dieser soll exakt einer vorgegebenen Kurve folgen und wird vom Kursleiter vorgegeben.*



Der Präparationsverlauf folgt nicht der vorgegebenen Kurve. Es muss noch Material abgetragen werden.

Der Verlauf der Präparation liegt innerhalb der Toleranz.

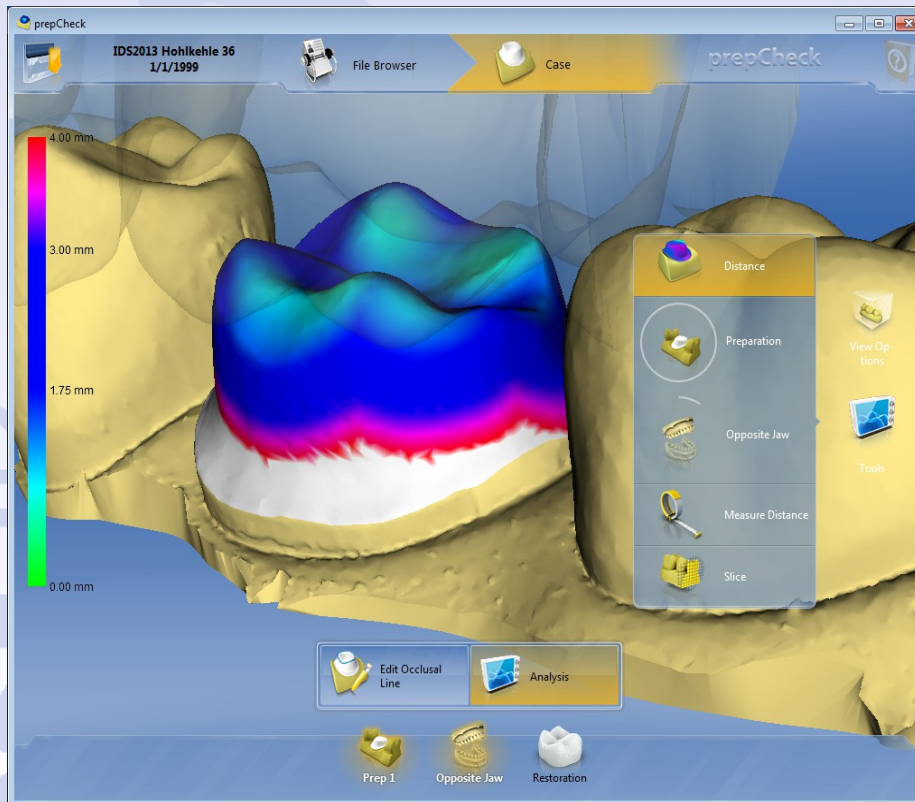
Der Präparationsverlauf folgt nicht der vorgegebenen Kurve. Es wurde bereits zu viel Material abgetragen.

• Diese Analyse steht für Kronen-Präparationen zur Verfügung

## ANALYSEFUNKTION

### ○ Analyse der okklusalen Reduktion

*Die Funktion vermisst die Distanz zwischen Präparation und Antagonist.*



**Green:** Bereiche, welche noch zu nahe beim Antagonisten liegen, werden grün angezeigt.

**Blue:** Blaue Bereiche liegen innerhalb der vorgegebenen Abstandstoleranz.

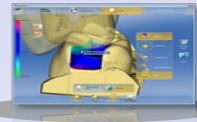
**Red:** Rote Bereiche sind bereits zu weit vom Antagonisten entfernt.

- Diese Analyse steht für Kronen- und Inlay-Präparationen zur Verfügung



## Analysefunktionen Kavitäten u. Füllungen

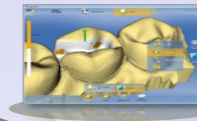
**Distanzmessung  
zwischen Kavität  
und Gegenzahn**



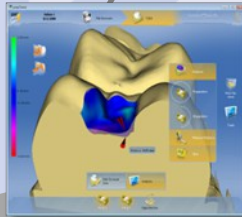
**Analyse der  
Oberflächen**



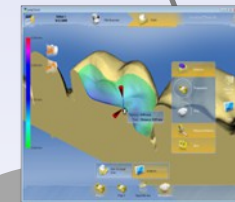
**Analyse der  
Unterschnitte**



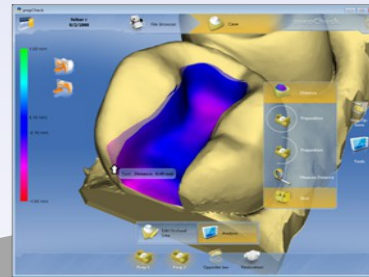
**Analyse der  
Schichtung  
von Füllungen**



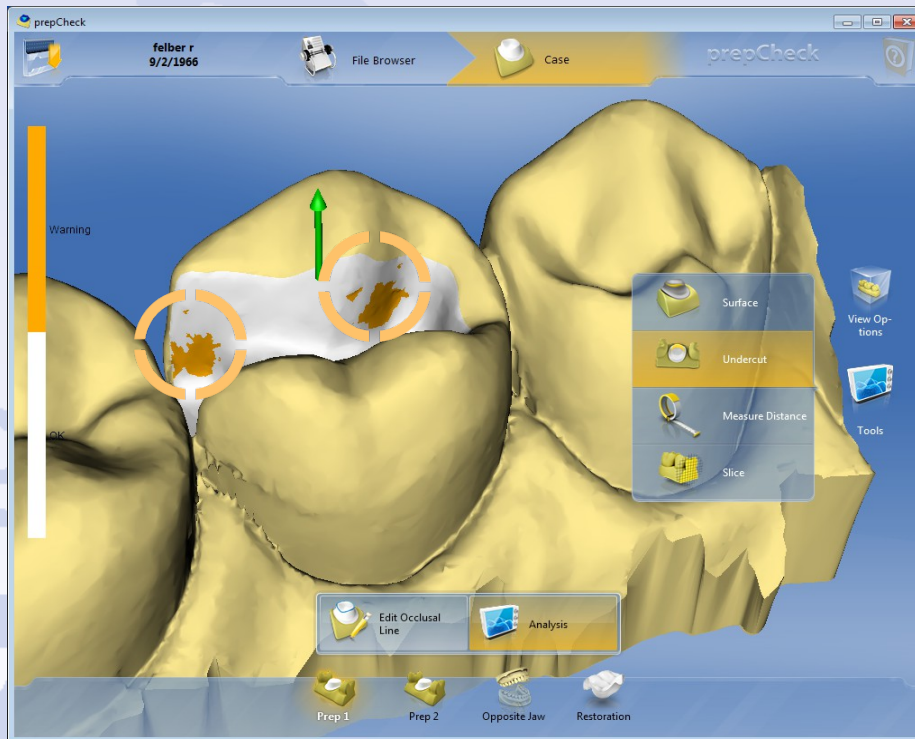
**Analyse  
der Mindest-  
fisiurenstärke**



**Vergleich Student  
zu  
Masterpräparation**



# ANALYSEFUNKTION



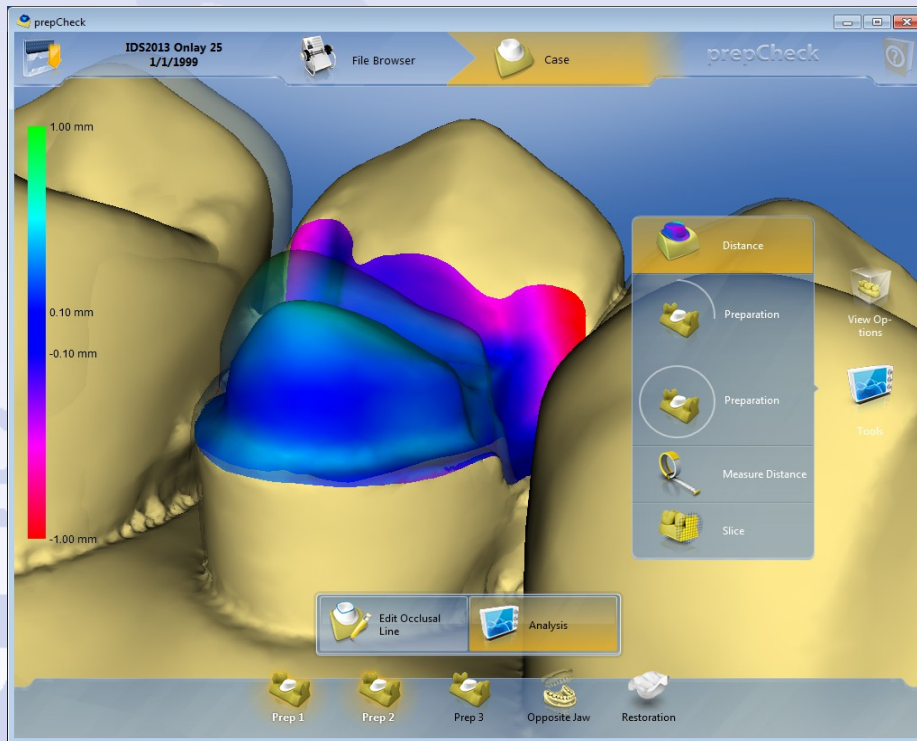
- **Analyse von Unterschnitten**  
*Zeigt unter sich gehende Bereiche in Bezug auf die Einschubrichtung an.*

- **Unterschnitte innerhalb der Kavität**
- **Aktuelle Einschubrichtung.** Diese wird in der Cerec- Software vom Anwender definiert.

- Diese Analyse steht für Kronen- und Inlay-Präparationen zur Verfügung



# ANALYSEFUNKTION

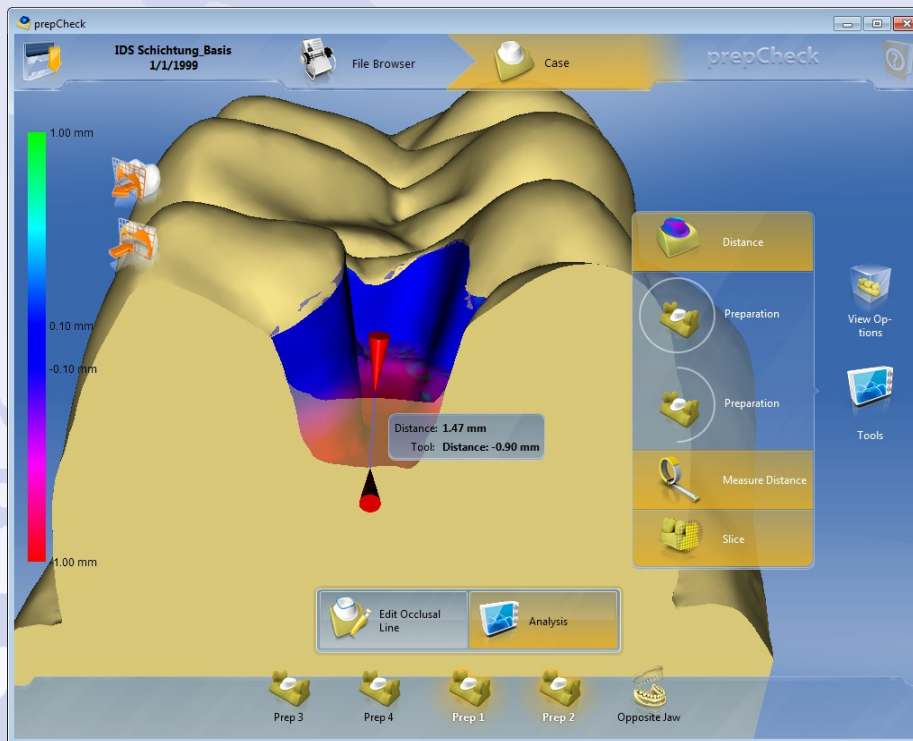


## 3D Vergleich von Master und Studenten-Präparation

*Der 3D-Vergleich erlaubt dem Anwender zwei Präparationen miteinander zu vergleichen. Mit dieser Technik können alle Präparationsarten (Inlay, Onlay und Veneer) bewertet werden.*

- Die Analysefunktion berechnet die Differenz zwischen den beiden Scans und stellt diese farblich dar.
- Diese Analyse steht für alle Präparationen zur Verfügung

# ANALYSEFUNKTION

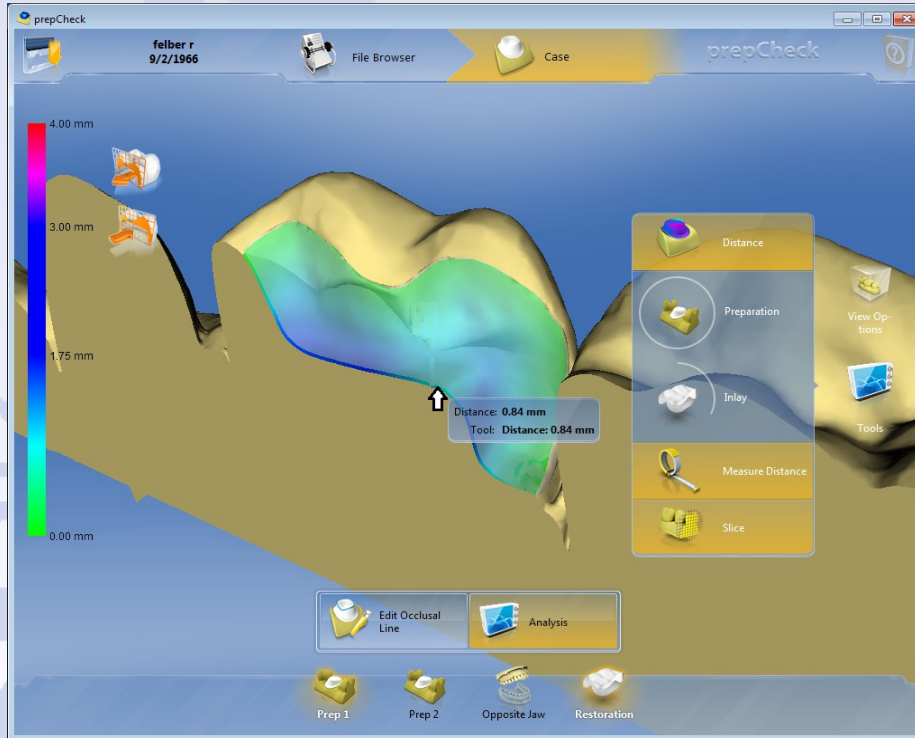


## Volumen-Analyse der Schichtstärke bei der Füllungslegung

*Während dem Erstellen von Füllungen legt der Student mehrere Schichten des Füllungsmaterials. Der prepCheck ermöglicht dem Studenten die einzelnen Schichtdicken zu überprüfen.*

- Die Analysefunktion berechnet die Differenz vor und nach der aufgetragenen Füllungsschicht und stellt diese farblich dar.
- Diese Analyse steht für Füllungskavitäten zur Verfügung

## ANALYSEFUNKTION

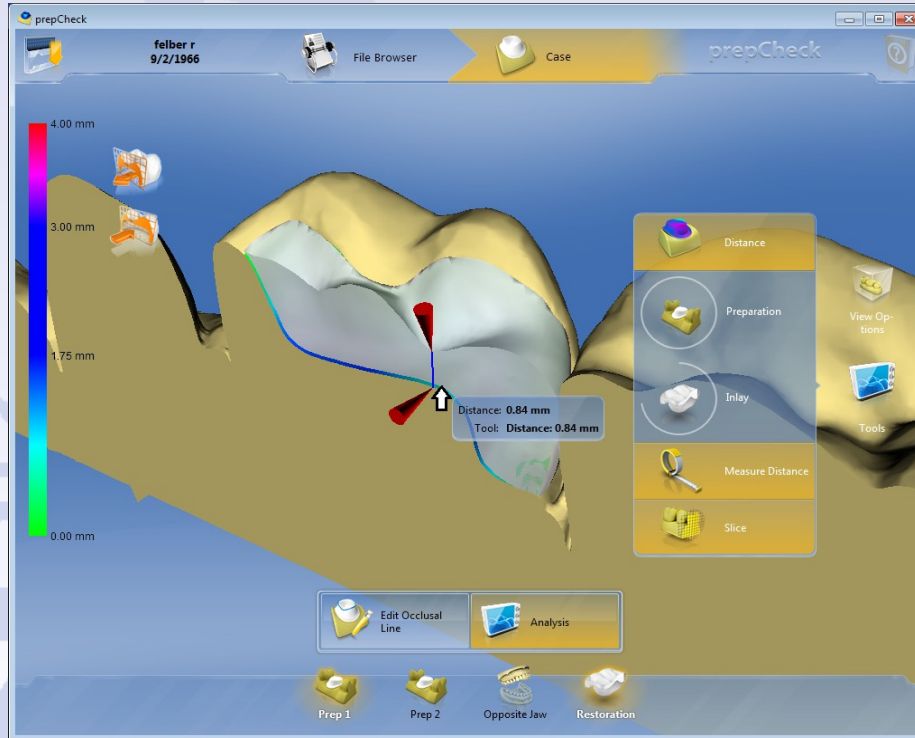


### Analyse der Mindest-Fissurenstärke

*Kontrolle der Materialstärke des geplanten Inlays*

- Neben der Präparation wird auch der von Cerec berechnete Inlay-Vorschlag im prepCheck analysiert. Der Anwender kann sich dabei die Wandstärken über das gesamte Inlay farblich anzeigen lassen.
- Diese Analyse steht für Inlay-Präparationen zur Verfügung

# ANALYSEFUNKTION



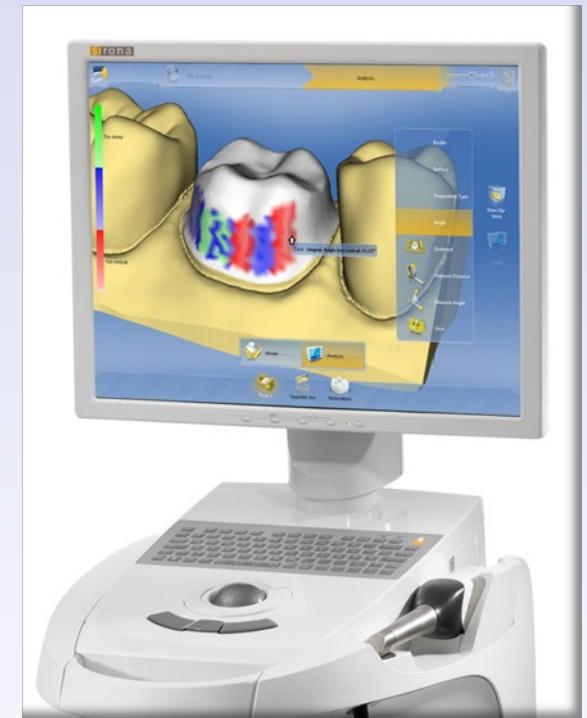
## Manuelle Analysefunktionen

*Manuelles Messen von Längen und Winkeln*

- Über die Funktion „*Measure Distance*“ setzt der Anwender zwei Punkte, um deren Abstand zu erfahren. Die Funktion „*Measure Angle*“ berechnet den Winkel zwischen drei vom Anwender definierten Punkten.
- Diese Analyse steht für alle Präparationen zur Verfügung

## Vorteile

- Objektive Beurteilung
- Reproduzierbare Ergebnisse
- Einfache intuitive Handhabung
- Dokumentation
- Änderungen am Original Scan sind nicht möglich
- Anwendung: Vorklinik und am Patienten
- Praxisnahe Anwendung
- Puderfrei mit Omnicam
- Für alle gängigen konservierenden und prothetischen Einzelzahnversorgungen
- Individualisierung von Masterpräparationen und Parametern
- Effektives Lernen durch Selbstkontrolle

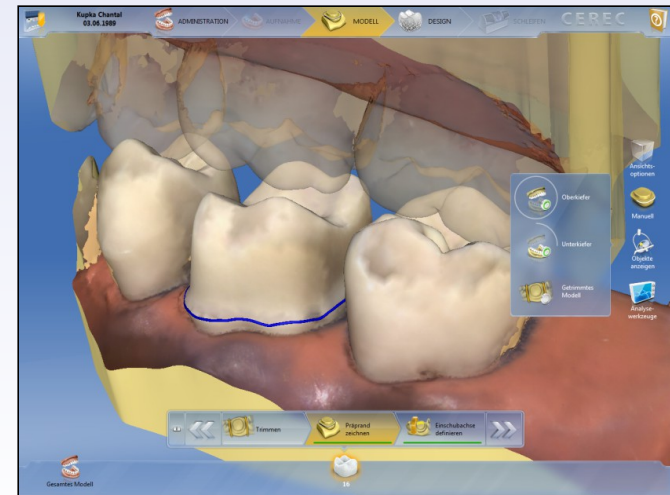
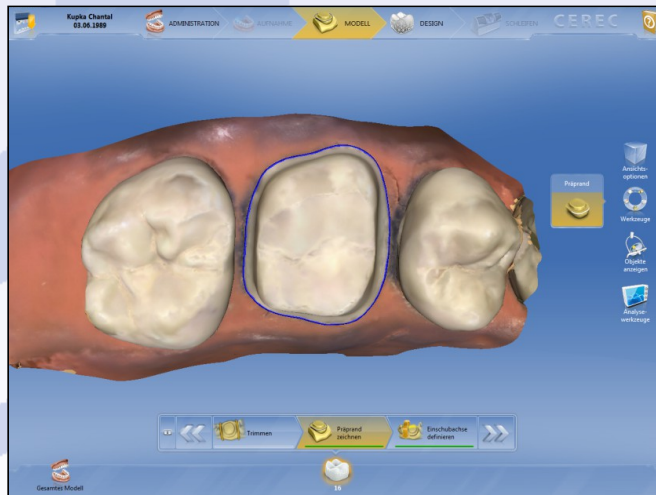




## prepCheck im Vergleich zur manuellen Bewertung



- Die 10 bis 20 fache Vergrößerung am Bildschirm erleichtert die visuelle Begutachtung.
- Optische Werkzeuge, wie Transluzenz oder das Ausblenden von Zähnen geben einen guten Einblick auf die Patientensituation.



## prepCheck im Vergleich zur manuellen Bewertung

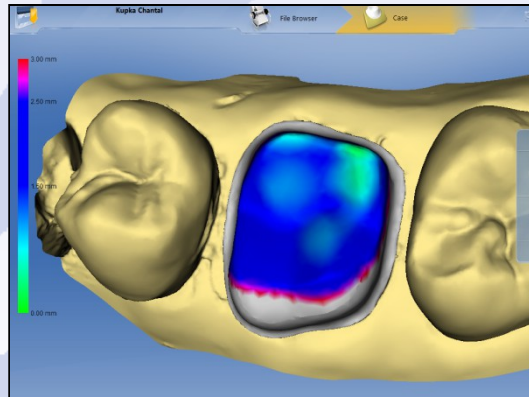
### Manuelle Bewertung

| Okklusaler Abtrag | Beurteiler 1 | Beurteiler 2 | Beurteiler 3 | Beurteiler 4 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Bewertung 1       | Zu wenig     | Zu viel      | Zu viel      | Zu wenig     |
| Bewertung 2       | Zu wenig     | Zu wenig     | Gut          | Zu wenig     |

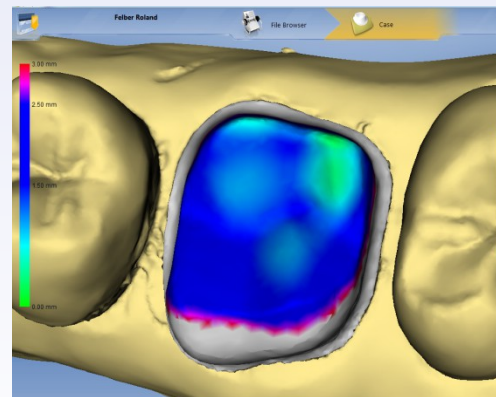


### prepCheck

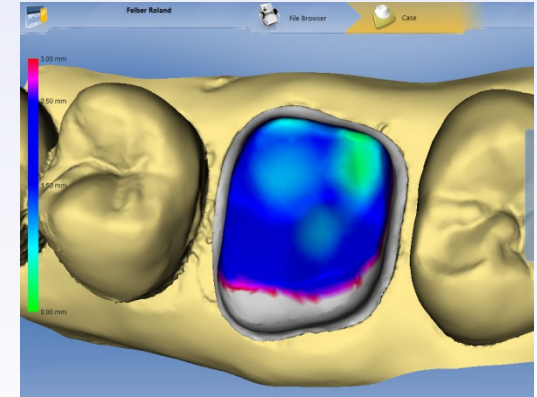
Reproduzierbare und Anwender unabhängige Ergebnisse mit prepCheck



Beurteiler 1



Beurteiler 2 / Versuch 1



Beurteiler 2 / Versuch 2

## ZUSAMMENFASSUNG

### Objektive Beurteilung

---

### Keine inter-individuellen Unterschiede

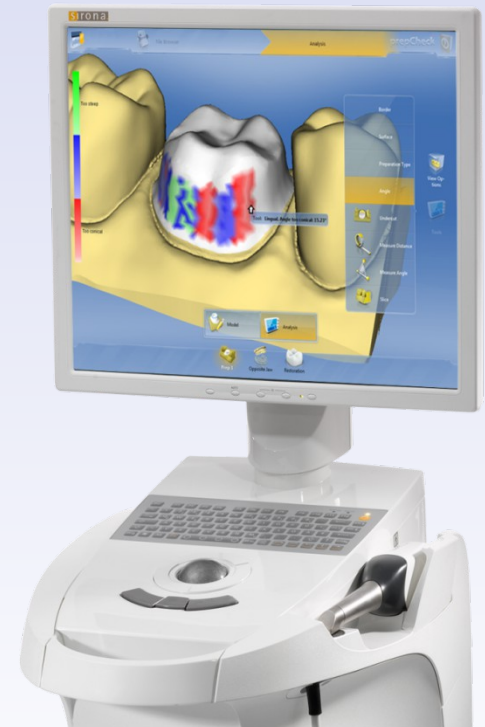
Bewerten von Präparationen oder Füllungen, durch ein Mess- und Analyse-system

### Reproduzierbare Ergebnisse

---

### Keine intra-individuellen Unterschiede

Alle Ergebnisse und Auswertungen werden dokumentiert und sind jederzeit abrufbar.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Kontakt:**

***weigl@em.uni-frankfurt.de***

***felber@em.uni-frankfurt.de***

