

Wissenschaftliche Dokumentation

IPS EMPRESS[®]

**Forschung und Entwicklung
Wissenschaftlicher Dienst / Oktober 1997**

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
1.1 Allgemeines	3
1.2 Vollkeramik-Systeme	3
1.2.1 Allgemeines	3
1.2.2 Spezielle Eigenschaften der Vollkeramik-Systeme	4
1.3 Möglichkeiten zur Verhinderung der Rissausbreitung	4
1.4 Glaskeramik	5
1.5 Gründe für die hohe Festigkeit der IPS Empress-Keramik	5
2. TECHNISCHE DATENBLÄTTER	7
3. WERKSTOFFKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN (IN-VITRO)	12
3.1 Einleitung	12
3.2 Biegefestigkeit	13
3.2.1 Biegefestigkeit in Abhängigkeit von der Testmethode	13
3.2.2 Vergleich der Biegefestigkeit verschiedener Vollkeramik-Kronen	14
3.2.3 Steigerung der Biegefestigkeit durch Heisspressen und Glasieren	15
3.3 Bruchzähigkeit	16
3.3.1 Vergleich der Bruchresistenz verschiedener Vollkeramik-Kronen	16
3.3.2 Bruchfestigkeit in Abhängigkeit der Zementiermodalitäten	17
3.4 Bruchhärte (K_{IC})	18
3.5 Vickershärte	19
3.6 Randspaltbreite bei Kronen	20
3.7 Löslichkeit	21
3.8 Abrasionsverhalten	22
4. KLINISCHE STUDIEN	23
4.1 Einleitung	23
4.2 Langzeitstudien	24
4.3 Klinische Evaluation von adhäsiv befestigten Inlays und/oder Onlays ...	25
4.3.1 ... bei Schmelz-begrenzten Zähnen	25
4.3.2 ... bei nicht Schmelz-begrenzten Zähne	26
4.4 Klinische Evaluation von IPS Empress-Kronen	27
4.5 Klinischer Vergleich von adhäsiv und konventionell zementierten Kronen und Inlays	28
4.6 Klinische Evaluation der Passgenauigkeit von IPS Empress Restaurationen	28
5 TOXIKOLOGIE	30
5.1 Toxikologische Beurteilung für Patienten	30
5.1.1 Einleitung	30
5.1.2 Chemische Beständigkeit	30
5.1.2 Zytotoxizität	30
5.1.3 Sensibilisierung, Irritation	30
5.1.4 Subchronische Toxizität, Gentoxizität und Karziogenität	31
5.2 Zusätzliche toxikologische Beurteilung für ZahntechnikerInnen	31
5.3 Schlussfolgerung	31
5.4 Literatur zur Toxizität	32
6. LITERATUR	33

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

Keramik wird seit längerem als Dentalwerkstoff eingesetzt. Der um die Jahrhundertwende erstmals vorgestellten Jacket-Krone folgten ab den 60er-Jahren die metall-keramischen Systeme. Anfang der 80er-Jahre erfuhr die Vollkeramikkrone dank neuen Werkstoffen und Technologien eine Renaissance, da u.a. die metall-keramischen Systeme den gewachsenen Anforderungen an die Ästhetik nicht mehr immer genügten.

Die seither ständig fortschreitende Entwicklung brachte unterschiedliche Dentalkeramik-Systeme hervor, so auch das IPS Empress-System, welches wie folgt charakterisiert werden kann:

Das IPS Empress-System

- ist ein **Vollkeramik-System**
- ist eine **Glaskeramik**
- ist **leucitverstärkt**
- basiert auf dem Prinzip der **Oberflächenkristallisation**
- besitzt dank der Nutzung der **Dispersionsverspannungen** eine erhöhte Festigkeit
- wird im **Heisspressverfahren** verarbeitet

Diese Charakteristiken werden in den Kapiteln 1.2 - 1.5 kurz beschrieben.

1.2 Vollkeramik-Systeme

1.2.1 Allgemeines

Zur Herstellung keramischer Massen werden in den meisten Fällen kristalline Ausgangsprodukte verwendet, welche bei hohen Temperaturen zusammengesintert werden. Die dadurch entstehende Glasphase, welche als Kitmittel zwischen den Kristallen figuriert, macht im Allgemeinen nur einen geringen Anteil (Volumengehalt) der Keramik aus (Haller und Bischoff, 1993). Es können die Werkstoffgruppen „Sinterkeramik“, „Keramik infiltriert mit Glas“ und „Glaskeramik“ unterschieden werden. Empress gehört zur Werkstoffgruppe der Glaskeramik (s. 1.4). Die nachfolgende Tabelle gibt mögliche chemische Zusammensetzungen verschiedener Dentalkeramiken wieder.

Bestandteile	Angaben in Gew.-%			
	Vitadur N (Sinterkeramik)	IPS Empress Maltechnik (Glaskeramik)	Dicor (Glaskeramik)	In-Ceram (Keramik infiltriert mit Glas)
SiO ₂	29 - 33	60 - 63	58 - 62	3.6
Al ₂ O ₃	57 - 60	16 - 19.5	0 - 1	90.8
K ₂ O	3.0 - 4.7	11 - 14	13 - 15	1
Na ₂ O	2.0 - 3.5	4.0 - 6.5		
CaO	0.5 - 1.5	0.5 - 3.0		0.4
Ba ₂ O		0.0 - 1.0		

CrO ₂				
TiO ₂		0.0 - 0.5		
F			4 - 6	
BaO		0.0 - 1.5		
CeO ₂		0.4 - 0.9		
La ₂ O ₃				4.3

aus: Kappert HF (1996) Chemische Zusammensetzung verschiedener Vollkeramiksysteme

1.2.2 Spezielle Eigenschaften der Vollkeramik-Systeme

Keramik besitzt eine hohe Form- und Farbstabilität und eine hohe chemischen Beständigkeit. Sie ist erosions- und abrasionsfest, und der thermische Expansionskoeffizient und die Wärmeleitfähigkeit sind denen von Schmelz und Dentin sehr ähnlich. Die relative Sprödigkeit von Keramik ist oft der Grund für Einschränkungen beim Einsatz von Keramik als Dentalwerkstoff.

1.3 Möglichkeiten zur Verhinderung der Rissausbreitung

Mit nachfolgenden Entwicklungen wurde versucht, die Gefahr der Rissausbreitung in der Keramik zu mindern oder zu verhindern und dadurch die Festigkeit der Keramik zu erhöhen.

- mikroskopische Defekte wie Poren oder Verunreinigungen werden verringert, indem die Keramikrohlinge vom Hersteller unter **optimalen, kontrollierbaren Bedingungen** hergestellt werden (z.B. Keramik für die Cerec Methode wie Vita Mark II, In-Ceram, Dicor MGC).
- Mit dem Einsatz von hochverdichteten **Keramikfasern**, Kurzfasern, Whisker oder Platelets wird die Rissausbreitung zu stoppen versucht. (z.B. Vitadur N, Mirage II fibre)
- Die **Lanthanglas-Aluminiumoxid-Infiltrationskeramik** liefert Hartkerne mit erhöhter Festigkeit¹ (z.B. In-Ceram).
- Durch eine entsprechende **Formgebung** des Hartkeramik-Kerns wird versucht, die Festigkeit zu erhöhen. (Hartkern-Keramik-Systeme sind z.B. Hi-Ceram, In-Ceram, Mirage II)

Die bei der IPS Empress-Glaskeramik angewandten Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit werden unter 1.4 und 1.5 näher vorgestellt, es sind dies:

- Herstellung von **leucitverstärkter Glaskeramik**
- Erzeugung von **Druckspannungen im Oberflächenbereich** und **Dispersionsverspannungen im Volumeninnern**, welche Poren und Risse zusammenpressen
- Herstellung indirekter Restaurationen im Heisspressverfahren

¹ Die relativ kleinen Al³⁺-Ionen erlauben einen kleinen Ionenabstand mit entsprechend hohen interatomaren Bindungskraften und eine hohe Anzahl von Bindungen pro Flächeneinheit.

1.4 Glaskeramik

Der klassische Weg zur Entwicklung einer Glaskeramik geht von einem Ausgangsglas aus und führt über eine spezielle thermische Behandlung dieses Glases zu einem Produkt, in dem Kristalle in einer Glasmatrix eingebettet sind. Dieses mehrphasige Produkt aus Glas und Kristallen wird als Glaskeramik bezeichnet. Auf diesem Weg müssen verschiedene Teilprozesse genau beherrscht werden. Es ist die **Entwicklung eines Spezialglases** notwendig, welches eine **gezielte Keimbildung** und eine **gesteuerte Kristallisation** erlaubt.

Glaskeramik ist somit eine Werkstoffgruppe, die sowohl Eigenschaften der Gläser als auch der Keramik besitzt. Gleichzeitig werden aber auch Eigenschaften möglich, die weder von Gläsern noch von Keramiken bekannt sind (Höland W, 1994).

Die zwei Möglichkeiten des Kristallwachstums bei der Glaskeramik-Herstellung wird an den Beispielen von Dicor und IPS Empress vorgestellt:

- Bei der **gesteuerten Volumen kristallisation** des Ausgangsglases von Dicor (chemisches Grundsystem: $\text{SiO}_2\text{-MgO-K}_2\text{O-F}$) wachsen Kristalle von nahezu gleicher Grösse und Morphologie einheitlich im Volumen des Ausgangsglases. Die Teilprozesse Keimbildung und Kristallisation überlagern sich dabei zeitlich.
- Das Ausgangsglas von IPS Empress (chemisches Grundsystem $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$) kann nicht durch gesteuerte Volumen kristallisation in eine Glaskeramik übergeführt werden. Daher wird für die Glaskeramik-Herstellung ein neuer Mechanismus und zwar der einer **gesteuerten Oberflächen kristallisation** verwendet. Dabei wird die Keimbildung an den Korngrenzen des gemahlene Ausgangsglases initiiert. So entstehen nach relativ kurzer Zeit der thermischen Behandlung (900-1200 °C) 1-3µm grosse **Leucitkristalle**² welche gezielt von der Oberfläche ins Innere des Glaspartikels wachsen. Keimbildung und Kristallisation überlagern sich dabei zeitlich nur sehr wenig.

1.5 Gründe für die hohe Festigkeit der IPS Empress-Keramik

- Durch den beschriebenen heterogenen Gefügebautbau aus Glasmatrix und Leucitkristallen wird eine Festigkeitssteigerung erreicht. Seghi R (1995) zeigte anhand von Aufnahmen mit dem Raster-Elektronen-Mikroskop, dass die Festigkeitssteigerung in erster Linie durch die **Ablenkung der Risse an den Leuzit-Kristallen** zustande kommt.
- Da die Glasur einen kleineren thermischen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten (WAK) besitzt als die Keramik, kommen **Druckspannungen** zustande, welche eventuell vorhandenen Mikrorisse zusammendrücken und die Festigkeit erhöhen. Die Festigkeit wird auch dadurch erhöht, dass die Kristalle in der Glasphase einen höheren WAK haben als die sie umgebende Glasmatrix.

² Leuzit besitzt die chemische Formel $\text{K(AlSi}_2\text{O}_6)$ bzw. $\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{4SiO}_2$

- Die industriell vorgebrannten Keramikrohlinge werden im Zahntechnischen Labor bis zum plastischen Zustand erhitzt und bei 3 - 4 bar in die mittels Wachsmodelation hergestellte Form gepresst. Durch dieses **Druckverfahren** werden Porositäten eliminiert und die Ausbildung von Mikrorissen vermieden (Wohlwend und Schärer, 1990). Gleichzeitig kommt dadurch auch eine gleichmässige Verteilung der Leucitkristalle in der Glasmatrix zustande, was nochmals zu einer höheren Festigkeit des Materials führt (Dong et al., 1992 a+b).

Bezüglich der Verarbeitungstechnik von IPS Empress sei auf die ausführlichen Beschreibungen von Dong et al. (1992 a+b) und Wohlwend und Schärer (1990) verwiesen.

In den an diese kurze Einführung anschliessenden Kapiteln zwei bis vier kommen technische, werkstoffkundliche und klinische Aspekte von IPS Empress zur Sprache.

2. Technische Datenblätter

TECHNISCHES DATENBLATT

IVOCLARProdukt: **IPS EMPRESS**Materialtyp: **Dentin-Rohlinge für die Schichttechnik****Standard - Zusammensetzung:**

(Angaben in Gew.-%)

Al ₂ O ₃	18.0 - 22.5
B ₂ O ₃	0.0 - 1.0
BaO	0.0 - 1.5
CaO	0.5 - 3.0
CeO ₂	0.0 - 1.0
K ₂ O	10.0 - 14.0
Na ₂ O	3.5 - 6.5
SiO ₂	58.0 - 62.0
TiO ₂	0.0 - 0.5
Pigments	0.5 - 2.0

Physikalische Eigenschaften:***Eigenschaften in Anlehnung an:***

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Dental ceramic fused to metal restorative materials

Biegefestigkeit	110 N/mm ²
Chemische Löslichkeit	< 200 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient (25 - 500 °C)	15.0 µm/(m·K)
Transformationstemperatur	650 °C

F+E / Wissenschaftlicher Dienst**Visum: P. Oehri**Ausgabedatum / Referenz: *August 1995 - PO /ma*Ersetzt Ausgabe vom: *Juni 1991*

EMP-R-D.DOC

TECHNISCHES DATENBLATT**IVOCLAR**Produkt: **IPS EMPRESS TL**Materialtyp: **TL Rohlinge für Schichttechnik****Standard - Zusammensetzung:****(Angaben in Gew.-%)**

Al ₂ O ₃	18.0 - 23.0
B ₂ O ₃	0.0 - 1.0
BaO	0.0 - 1.5
CaO	0.5 - 3.5
CeO ₂	0.0 - 1.0
K ₂ O	10.0 - 14.0
Na ₂ O	3.0 - 7.0
SiO ₂	57.0 - 63.0
TiO ₂	0.0 - 0.5
+ Pigmente	0.5 - 1.0

Physikalische Eigenschaften:***Eigenschaften geprüft in Übereinstimmung mit:***

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Dental ceramic fused to metal restorative materials

Biegefestigkeit	110 N/mm ²
Chemische Löslichkeit	< 2000 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient (25 - 500 °C)	15.0 ± 0.5 µm/(m·K)

F+E / Wissenschaftlicher Dienst**Visum: P. Oehri**Ausgabedatum / Referenz: *März 1997 - PO /ma*
Ersetzt Ausgabe vom: ---

EMP-TL-D.DOC

TECHNISCHES DATENBLATT**IVOCLAR**Produkt: **IPS EMPRESS**Materialtyp: **Opaque-Rohlinge, O1 und O2****Standard - Zusammensetzung:****(Angaben in Gew.-%)**

Al ₂ O ₃	17.0 - 21.0
B ₂ O ₃	0.0 - 1.0
BaO	0.0 - 1.5
CaO	0.5 - 2.5
CeO ₂	0.0 - 1.0
K ₂ O	10.0 - 14.0
Na ₂ O	3.5 - 6.5
SiO ₂	59.0 - 63.0
TiO ₂	0.0 - 0.5
Pigmente	1.0 - 1.5

Physikalische Eigenschaften:***Eigenschaften geprüft in Übereinstimmung mit:***

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Dental ceramic fused to metal restorative materials

Biegefestigkeit	120 N/mm ²
Chemische Löslichkeit	< 200 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient (25 - 500 °C)	17.0 µm/(m·K)
Transformationstemperatur	625 °C

F+E / Wissenschaftlicher Dienst**Visum: P. Oehri**Ausgabedatum / Referenz: *Februar 1995 - PO /ma*

EMP-OI-D-DOC

Ersetzt Ausgabe vom: ---

TECHNISCHES DATENBLATT**IVOCLAR**Produkt: **IPS EMPRESS**Materialtyp: **Transpa-Rohlinge, T1 und T2****Standard - Zusammensetzung:****(Angaben in Gew.-%)**

Al ₂ O ₃	17.0 - 21.0
B ₂ O ₃	0.0 - 1.0
BaO	0.0 - 1.5
CaO	0.5 - 2.5
CeO ₂	0.0 - 1.0
K ₂ O	10.0 - 14.0
Na ₂ O	3.5 - 6.5
SiO ₂	59.0 - 63.0
TiO ₂	0.0 - 0.5
Pigmente	0.0 - 0.5

Physikalische Eigenschaften:***Eigenschaften geprüft in Übereinstimmung mit:***

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Dental ceramic fused to metal restorative materials

Biegefestigkeit	120 N/mm ²
Chemische Löslichkeit	< 200 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient (25 - 500 °C)	17.0 µm/(m·K)
Transformationstemperatur	625 °C

F+E / Wissenschaftlicher Dienst**Visum: P. Oehri**Ausgabedatum / Referenz: *Februar 1995 - PO /ma*

EMP-TI-D.DOC

Ersetzt Ausgabe vom: ---

TECHNISCHES DATENBLATT**IVOCLAR**Produkt: **IPS EMPRESS**Materialtyp: **Transpa-Color Rohlinge, TC 1 bis TC 5****Standard - Zusammensetzung:****(Angaben in Gew.-%)**

Al ₂ O ₃	17.0 - 21.0
B ₂ O ₃	0.0 - 1.0
BaO	0.0 - 1.5
CaO	0.5 - 2.5
CeO ₂	0.0 - 1.0
K ₂ O	10.0 - 14.0
Na ₂ O	3.5 - 6.5
SiO ₂	59.0 - 63.0
TiO ₂	0.0 - 0.5
Pigmente	0.5 - 1.0

Physikalische Eigenschaften:***Eigenschaften geprüft in Übereinstimmung mit:***

ISO 6872 Dental ceramic

ISO 9693 Dental ceramic fused to metal restorative materials

Biegefestigkeit	120 N/mm ²
Chemische Löslichkeit	< 200 µg/cm ²
Ausdehnungskoeffizient (25 - 500 °C)	17.0 µm/(m·K)
Transformationstemperatur	625 °C

F+E / Wissenschaftlicher Dienst**Visum: P. Oehri**Ausgabedatum / Referenz: *Februar 1995 - PO/ma*

EMP-TC-D.DOC

Ersetzt Ausgabe vom: ---

3. Werkstoffkundliche Untersuchungen (in-vitro) und Vergleich mit Konkurrenzmaterialien

3.1 Einleitung

In der Fachliteratur findet sich eine Vielzahl von Studien, welche die Material-Eigenschaften von IPS Empress unter kontrollierten Laborbedingungen geprüft haben. Auch wenn die Resultate solcher In-vitro-Untersuchungen nicht immer 1:1 auf die klinische Anwendung des Materials übertragen werden können, geben sie doch wichtige Hinweise auf seine klinische Eignung und lassen verschiedene Dentalprodukte untereinander vergleichen.

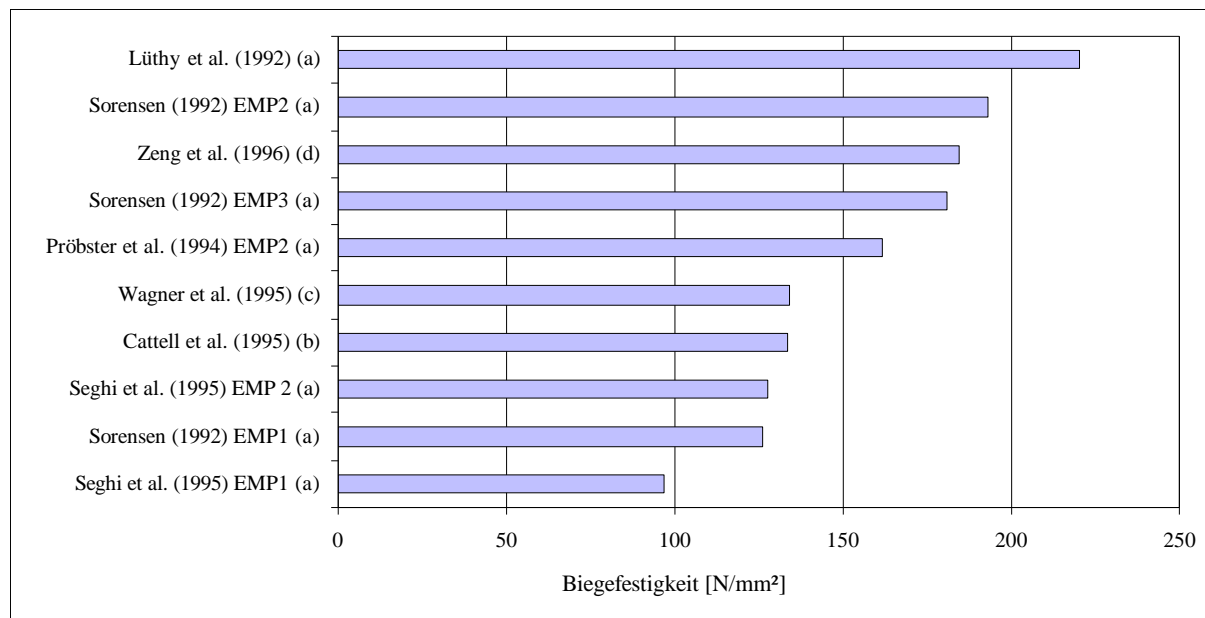
Kapitel	physik. Eigenschaften / Test	Resultate	Bemerkungen
3.2	Biegefestigkeit	100 - 220 MPa	abhängig von der Testmethode und der Zubereitung der Prüfkörper; wird durch adhäsive Zementierung und weitere Glasur-, Mal- und Verblendbrände erhöht
3.3	Bruchresistenz	0.5 - 1 kN	vergleichbar mit Dicor; mit adhäsive Zementierung wird eine höhere Bruchfestigkeit erreicht als mit konventioneller Zementierung
3.4	Bruchzähigkeit K_{IC} (DIN 51109)	1.3 MN/m ^{3/2}	eine der grössten K_{IC} - für leucitverstärkte Keramik
3.5	Vickershärte	6.5 GPa	vergleichbar mit den übrigen Glaskeramiksystemen
3.6	Passgenauigkeit	< 50 µm Randspalten bei Kronen	auch unter Alltagsbedingungen hergestellte Kronen zeigen eine gute Passgenauigkeit
3.7	Löslichkeit (ISO 6872)	< 0,05 % des Ausgangsgewichts	vernachlässigbar kleine Löslichkeit
3.8	Abrasionsverhalten	geringe Abrasion der Keramik und des Antagonisten	Abrasionsverhalten ähnlich wie Schmelz

Übersicht über die Resultate einiger Material-Untersuchungen von IPS Empress, die in den Kapiteln 3.2 - 3.7 vorgestellt werden.

3.2 Biegefestigkeit

3.2.1 Biegefestigkeit in Abhängigkeit von der Testmethode

Vergleich der Biegefestigkeit, wie sie von verschiedenen Autoren mit verschiedenen Messverfahren für die IPS Empress-Keramik gemessen wurde.



Vergleich der Biegefestigkeit von IPS Empress aus Literaturdaten

[EMP1 = IPS Empress unbehandelt / EMP2 = IPS Empress bemalt und glasiert / EMP3 = IPS Empress Veneer-Keramik]

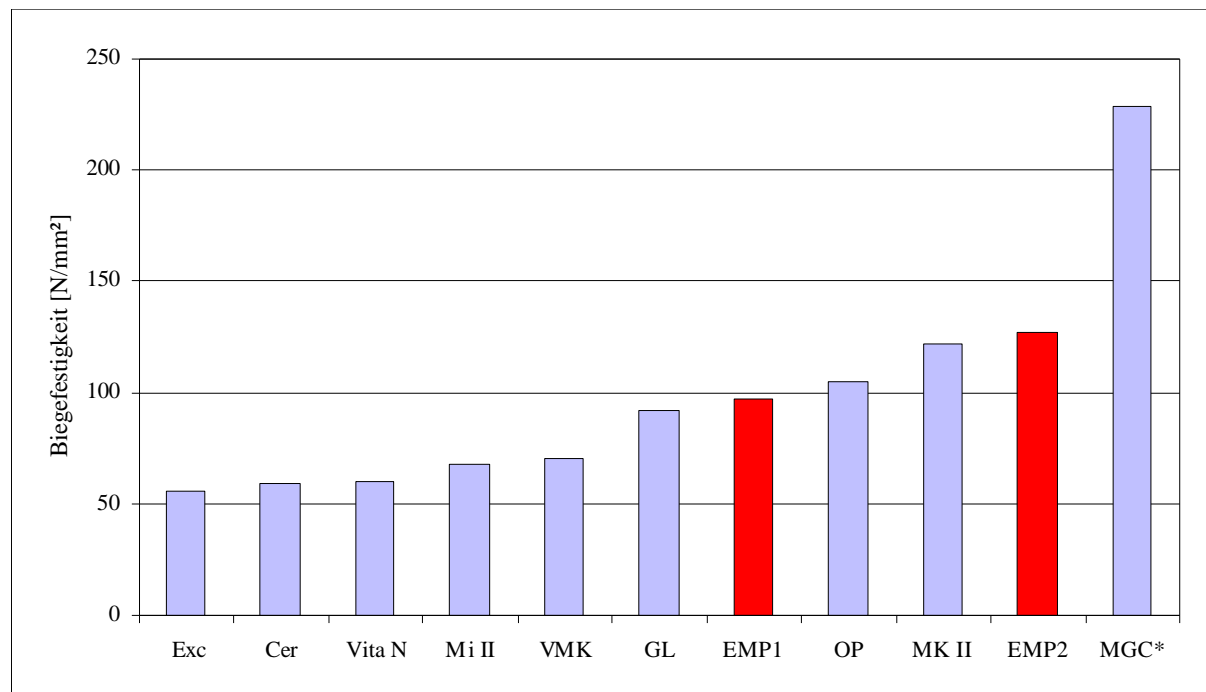
[a = 3-Punkt-Biegetest / b = 2-Punkt Biegetest / c = biaxial Flexural test (ISO 6872) / d = Ring-on ring Test]

Fazit:

Die Messresultate der Biegefestigkeit hängen stark von der Testmethode und den präparierten Prüfkörpern ab. Die Biegefestigkeit der unbehandelten IPS Empress Glaskeramik liegt bei 100 - 140 N/mm², jene der bemalten und/oder glasierten variiert zwischen 140 - 220 N/mm².

3.2.2 Vergleich der Biegefestigkeit verschiedener Vollkeramik-Kronen

Die Biegefestigkeit verschiedener Vollkeramik-Systeme (sowie einer Metall-Keramik und einem *soda-lime glass* als Vergleich) wurde mit dem 3-Punkt-Biegetest gemäss ISO 6872 bestimmt.



Vergleich der Biegefestigkeit verschiedener Vollkeramik-Kronen

Seghi und Sorensen, Relative Flexural Strength of Six New Ceramic Materials, Int J Prosthodont 8 (1995) 238-246

[Exc=Excelco / Cer=Ceramco II / Vita N=Vitadur N (core) / Mi II=Mirage II (fibre) / VMK= Vita VMK / GL=Sode-lime glass / EMP1=IPS Empress Pressrohling ohne weitere Brände / OP=Optec / MK II=Mark II / EMP2=IPS Empress mit Glasurbrand / MGC=Dicor MGC, poliert bis 1,0 µm]

Fazit: Nach Dicor MGC erreicht die glasierte IPS Empress-Keramik die höchste Biegefestigkeit.

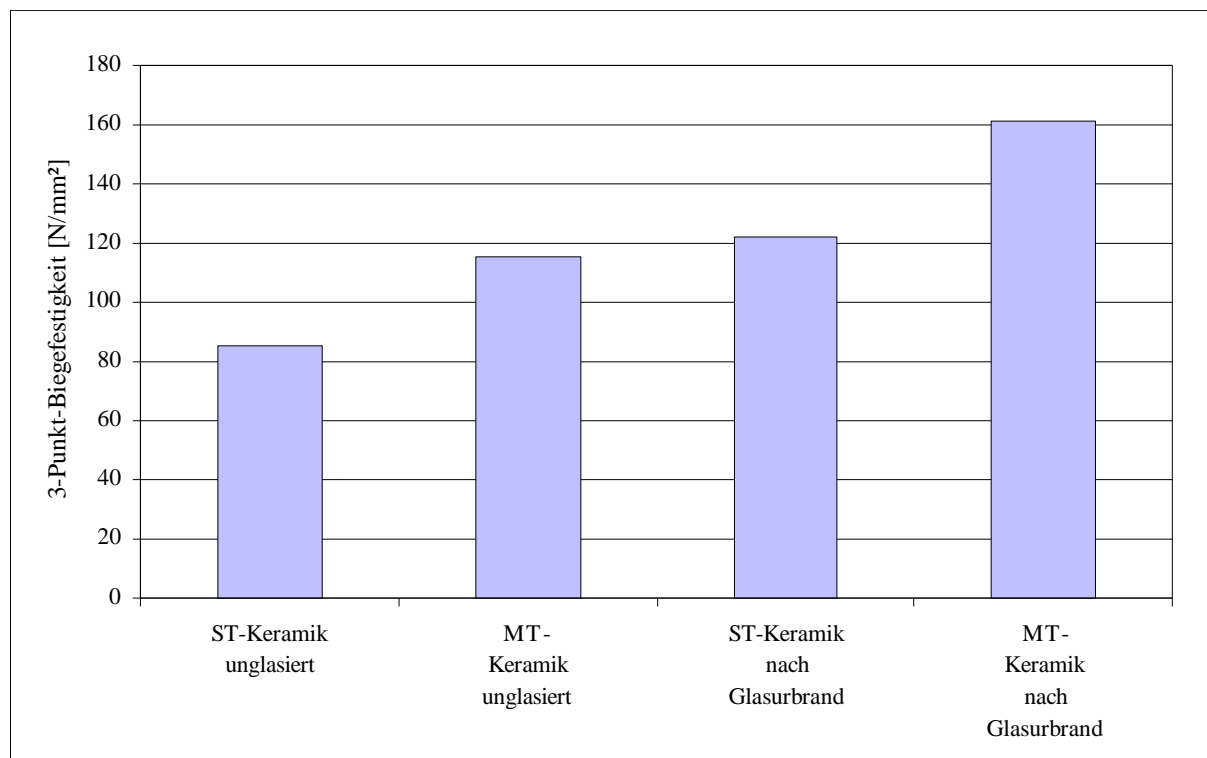
* Grossmann (1991) gibt die Biegefestigkeit von Dicor MGC – je nach Testmethode und Vorbehandlung der Prüfkörper – mit Werten zwischen 130 - 220 N/mm² an. Die Biegefestigkeit von Dicor liegt also im Bereich von jener von Empress (vergleiche dazu 3.2.1)

P.S. Die Biegefestigkeit von In-Ceram sind hier nicht aufgeführt, da sie zwar eine höhere Festigkeit besitzen, aber eine viel schlechtere ästhetische Resultate als z.B. IPS Empress erreichen.

Weitere Literatur: Bieniek und Marx (1994)
Cattell et al. (1995 a)
Campbell (1996 a+b)

3.2.3 Steigerung der Biegefestigkeit durch Heisspressen und Glasieren

Pröbster und Kirchner (1994) haben die 3-Punkt-Biegefestigkeit von glasierter und unglasierter IPS Empress-Keramik für die Maltechnik (MT) und Schichttechnik (ST) gemessen.



Vergleich der Biegefestigkeit von glasierter und unglasierter IPS Empress-Keramik der Mal- und Schichttechnik

Pröbster und Kirchner, In-vitro strength evaluation of a new glass ceramic restorative system, J Dent Res 73 (1994) 980

Fazit: Durch den Glasurbrand wird sowohl für die Keramik der Maltechnik als auch für die Keramik der Schichttechnik eine signifikante Festigkeits-erhöhung erreicht.

Weitere Literatur: Verschiedene Arbeiten zeigen, dass durch das Heisspressen und den anschliessenden Verblendbrand, Farbbrand und Glasurbrand eine signifikante Erhöhung der Biegefestigkeit erreicht wird.

Lüthi et al. (1993)

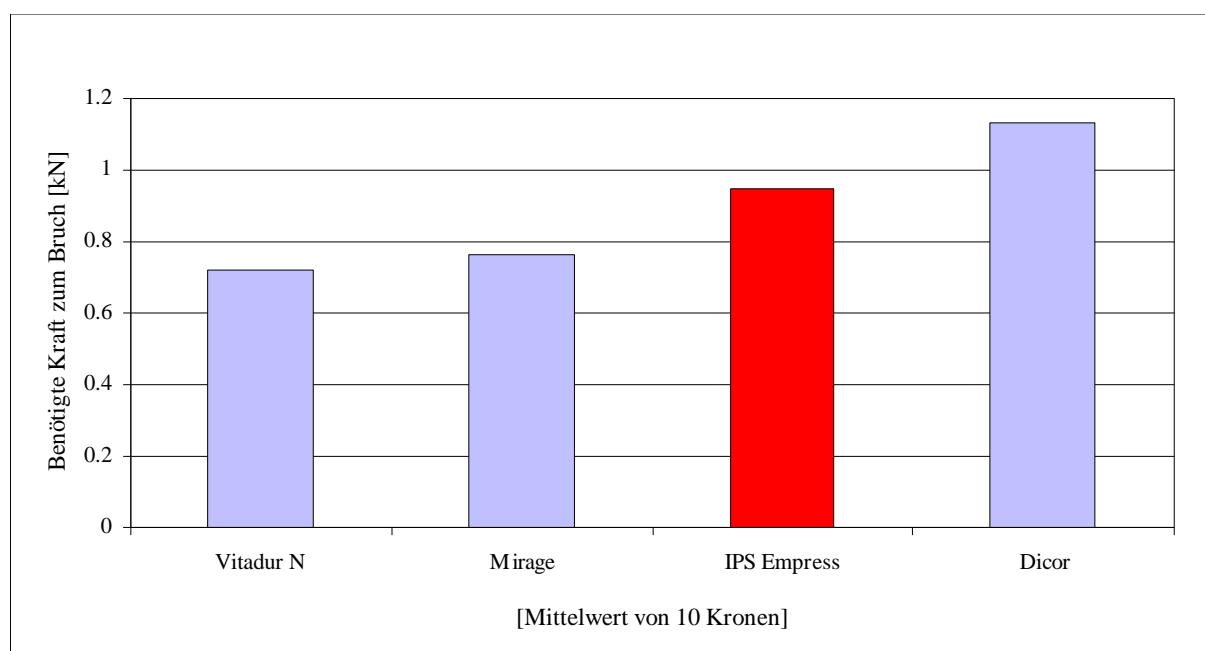
Kanchanatawewat et al. (1997)

Sorensen et al. (1992, 1997)

3.3 Bruchzähigkeit

3.3.1 Vergleich der Bruchresistenz verschiedener Vollkeramik-Kronen

Je 10 Vollkeramik-Kronen wurden gemäss Anleitung des Herstellers gefertigt und anschliessend mit Mirage ABC kit und Mirage FLC kit (Chameleon Dental) gemäss Gebrauchsanweisung befestigt. Nach 24 h wurde die Kraft bestimmt, welche zum Bruch der Kronen führt.



Vergleich der Bruchresistenz verschiedener Vollkeramik-Kronen

Mak et al., The effect of different ceramic materials on the fracture resistance of dentin-bonded crowns, Quintessence Int 28 (1997) 197-203

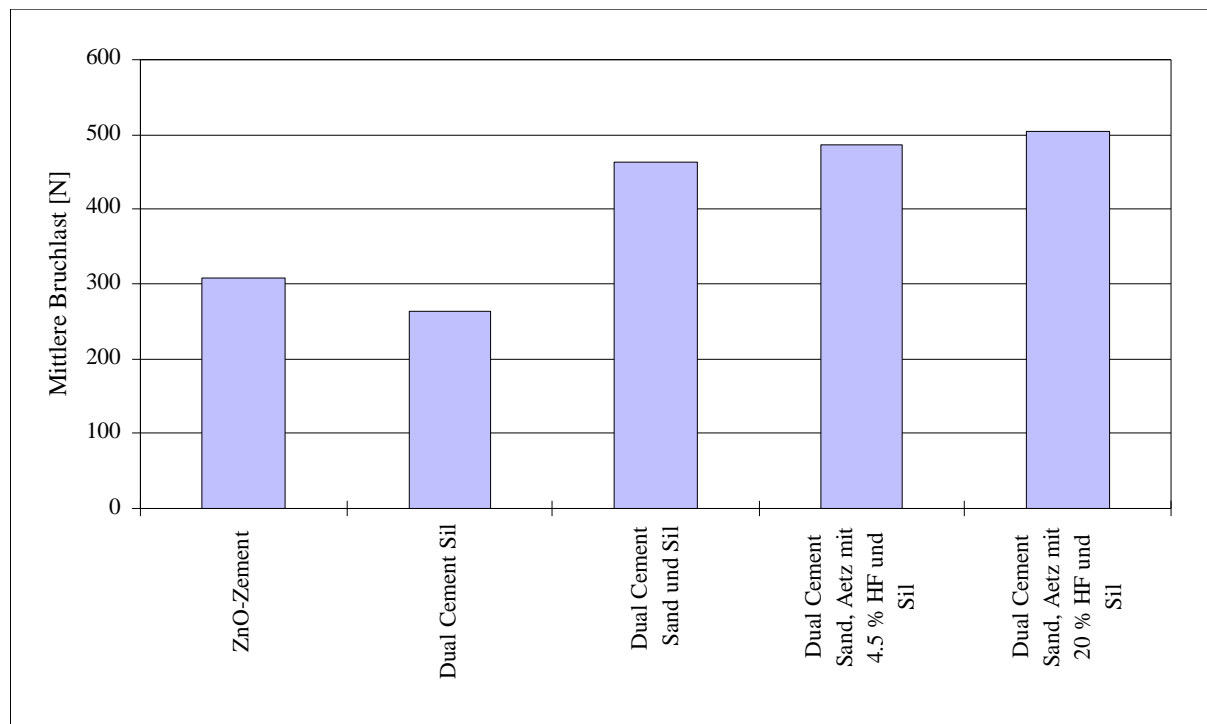
Fazit: Im Vergleich mit anderen Vollkeramik-Kronen zeigt IPS Empress mit 0.95 kN eine gute Bruchresistenz. Die Bruchresistenz von Dicor ist nicht signifikant höher als jene von IPS Empress (Tukey's multiple comparison test), aber signifikant höher als jene von Mirage und Vitadur.

Von den Brüchen der IPS Empress Kronen befanden sich 40 % innerhalb des Dentins und 60 % an der Grenze Dentin/Verbundmaterial. Keine Brüche wurden in der Keramik oder an der Grenze Keramik/Verbundmaterial beobachtet.

Weitere Literatur: Ludwig (1991)
Masao et al. (1994)

3.3.2 Bruchfestigkeit in Abhängigkeit der Zementiermodalitäten

Gemäss der Maltechnik hergestellte Keramikkrone wurden entweder mit ZnO-Zement oder – nach unterschiedlicher Konditionierung der Kroneninnenflächen – mit dem Befestigungscomposite Dual Cement eingefügt und anschliessend bis zum Bruch belastet.



Vergleich der Bruchfestigkeit von IPS Empress Kronen in Abhängigkeit von der Zementiermodalität

Ludwig et al., Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von IPS Empress Kronen in Abhängigkeit der Zementiermodalität, Quintessenz Zahntech 20 (1994) 247-256

[Sand=Sandstrahlung / Sil=Silanisierung / Aetz=Aetzung]

Fazit:

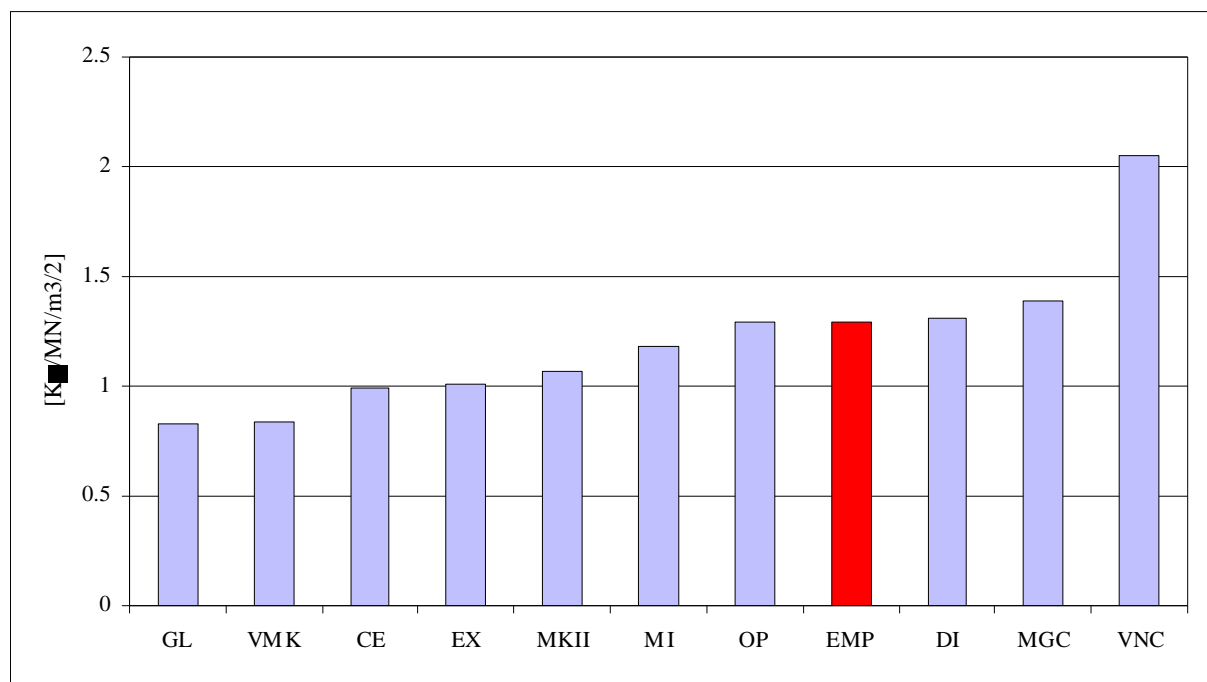
Die Bruchfestigkeit von IPS Empress hängt stark von den Zementiermodalitäten ab. Die besten Resultate (die höchste Bruchfestigkeit) wird mit Sandstrahlung, Ätzung mit 20 %-iger Flusssäure und anschliessender Silanisierung erzielt. Bei Zementierung mit ZnO-Zement lagen die Bruchlastwerte signifikant um > 40 % unter denen bei optimaler Adhäsivbefestigung. Aus diesem Grund wird eine adhäsive Befestigung der IPS Empress Restaurationen empfohlen.

Weitere Literatur: Altvater und Pröbster (1994) wiesen nach, dass durch Ätzung, Silanisierung und Verwenden eines Composite-Zementes eine Erhöhung der Biegefestigkeit erreicht wird.

Hofmann et al. (1993 a) zeigt, dass das genügend lange Ätzen der Keramikoberfläche mit 5 %-HF Gel die Scherhaftfestigkeit erhöht.

3.4 Bruchhärte (K_{IC})

Der K_{IC} -Wert (Bruchhärte) von 11 Vollkeramik-Systemen wurde bestimmt.



Vergleich der K_{IC} -Werte verschiedener Vollkeramiksysteme

Seghi RR, Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics, J Prosthet Dent 74 (1995) 145-150

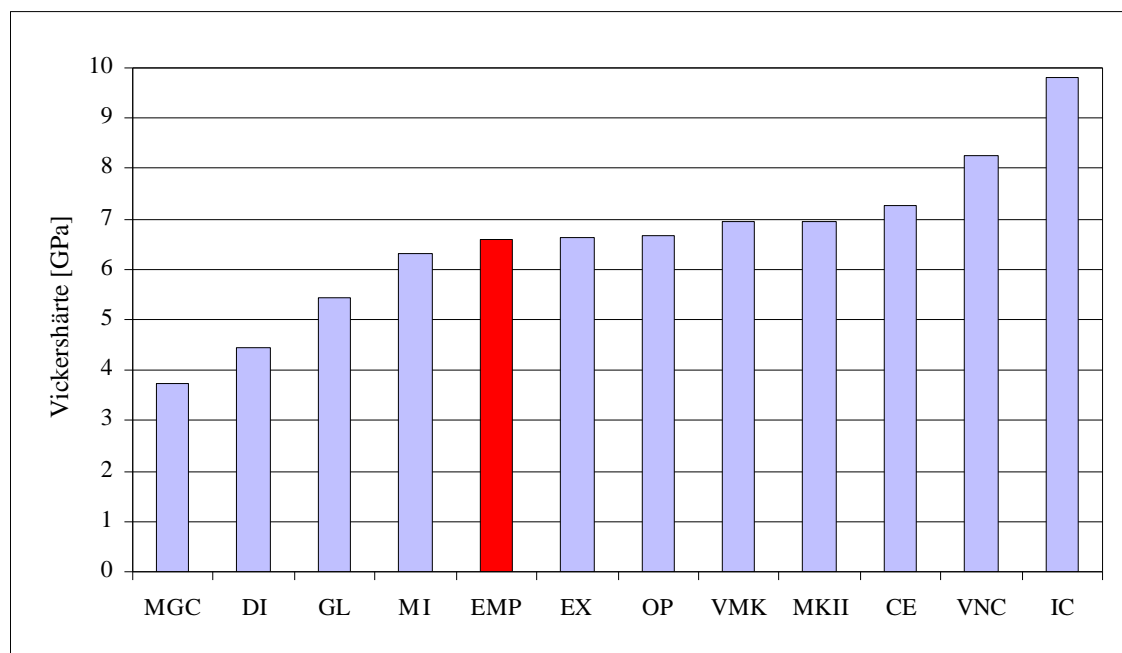
[GL=Soda-lime glass / VMK=Vita VMK 68 / EX=Excelco / CE=Cerinate / MI=Mirage II (fibre) / MKII=Mark II / OP=Optec H.S.P. / EMP=IPS Empress (unbehandelt) / Di=Dicor / MGC=Dicor MGC / VNC=Vitadur N (core)]

Fazit: Von den leucitverstärkten Vollkeramik-Systemen zeigt IPS Empress mit $1,29 \text{ MN/m}^{3/2}$ den höchsten K_{IC} -Wert. (Dicor, Dicor MGC, Vitadur N (core) sind Aluminium- oder Fluor-Glimmer verstärkt).

Weitere Literatur: Tinschert und Marx (1997)
Tinschert et al. (1996)

3.5 Vickershärte

Die Vickershärte, gemessen mit einer Diamantpyramide, gibt die Eindruckhärte wieder.



Vergleich der Vickershärte verschiedener Dentalkeramik-Systeme

Seghi et al., Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics, J Prosthet Dent 74 (1995) 145-150

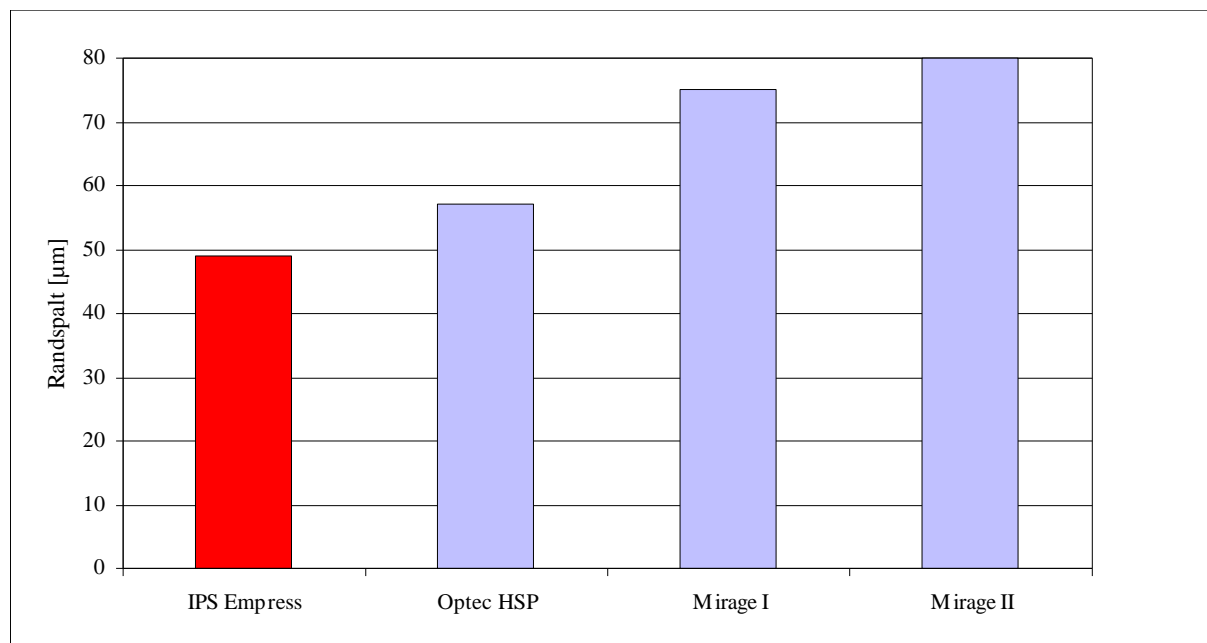
[MGC=Dicor MGC / Di=Dicor / GL=Soda-lime glass / MI=Mirage II (fibre) / EMP=IPS Empress (unbehandelt) / EX=Excelco / OP=Optec H.S.P. / VMK=Vita VMK 68 / MKII=Mark II / CE=Cerinate / VNC=Vitadur N (core) / IC=In-Ceram]

Fazit: Die leucitverstärkte Keramik (inkl. IPS Empress) besitzt eine signifikant höhere Bruchhärte als die *Fluormica* enthaltende Keramik (Dicor und Dicor MGC).

weitere Literatur: Prado et al. (1996)

3.6 *Randspaltbreite bei Kronen*

Die vertikale Diskrepanz Kronenrand/unpräparierter Zahnanteil bei vollkeramischen Kronen wurde unter klinischen beziehungsweise nahezu klinischen Bedingungen gemessen. Die Kronen wurden in gewerblichen Laboratorien unter Alltagsbedingungen hergestellt.



Vergleich der Randspaltbreite bei vollkeramischen Kronen

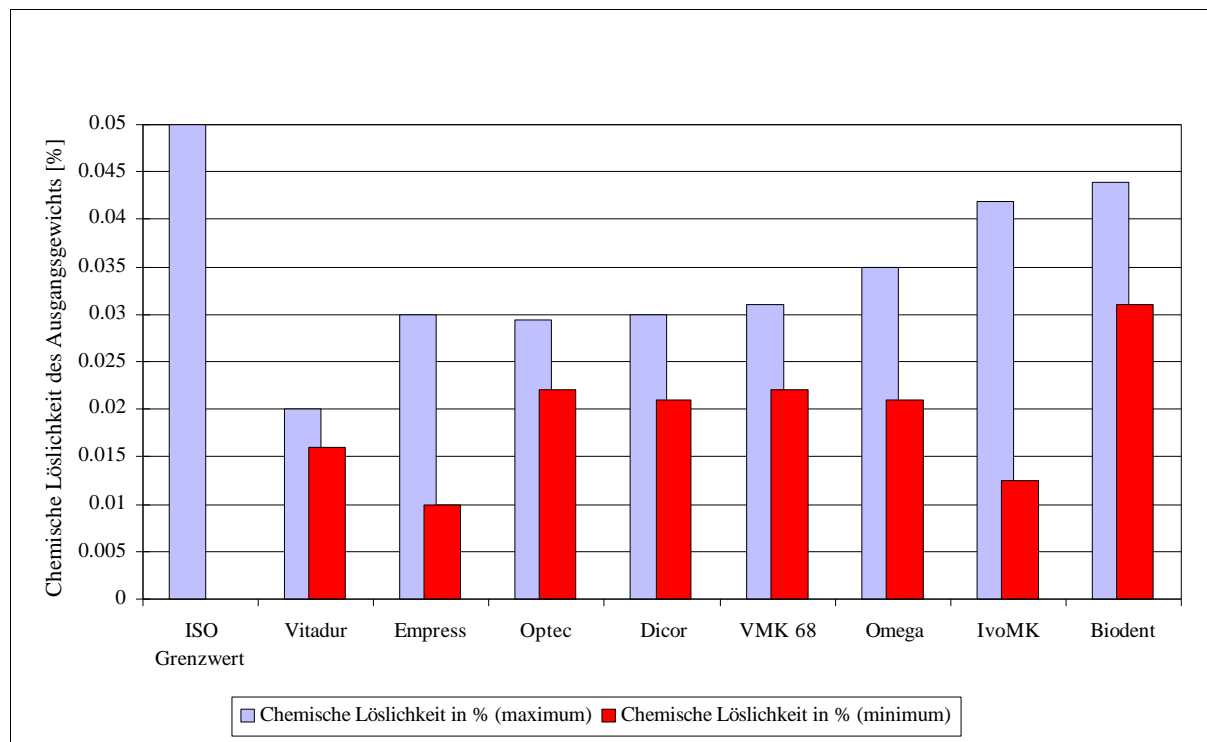
Bieniek K, Randspaltbreite bei aktuellen Vollkeramikronensystemen, Philip Journal 10 (1993) 223-226

Fazit: Diese vergleichende Untersuchungen zur marginalen Passform vollkeramischer Systeme ergaben für die Fugen Mittelwerte im Bereich von 50 - 100 µm. Der Mittelwert der IPS Empress Kronen wies mit knapp 50 µm das beste Testergebnis auf, wobei die Verteilung sehr homogen und ohne Streuung ist.

Weitere Literatur: Noack (1994)
Molin und Karlsson (1993)
Hofmann et al. (1993 b)
Christgau et al. (1997)

3.7 Löslichkeit

Probekörper mit bekanntem Gewicht waren während 16 Stunden 4%-iger Essigsäure bei pH 3 (im Hinblick auf den 5%-igen Speiseessig mit vergleichbarem pH Wert) und Siedebedingungen ausgesetzt. Anschliessend wurden die Probekörper getrocknet und gewogen und der Gewichtsverlust bestimmt (Test gemäss ISO 6872 / DIN 13925).



Vergleich des Löslichkeitsverhaltens verschiedener Vollkeramik-Systeme

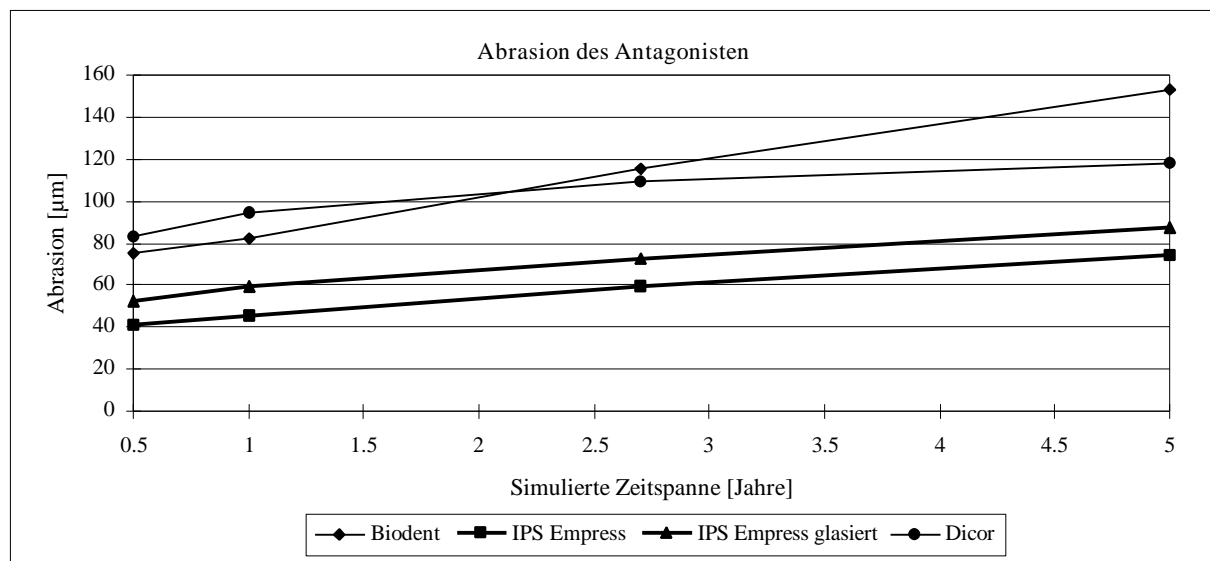
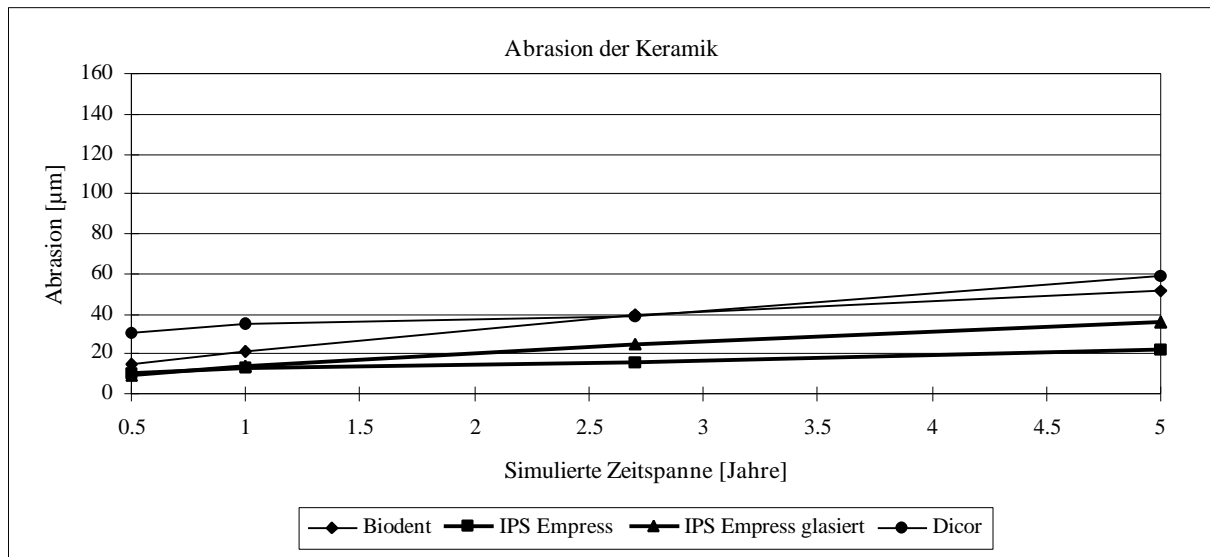
Schäfer und Kappert, Die chemische Löslichkeit von Dentalkeramik, Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 625-628

Fazit: Von den getesteten Dentalkeramik-Werkstoffen zeigt IPS Empress eines der besten Löslichkeitsverhalten (geringe Löslichkeit) in 4%-iger Essigsäure. Der gemessene Wert liegt weit unter dem durch die ISO Norm vorgegebenen Maximalwert.

Weitere Literatur: Geis-Gerstorfer und Schille (1997)

3.8 Abrasionsverhalten

Je 6 Inlays verschiedener Dentalkeramiken wurden einem in-vitro Test unterworfen, welcher die natürliche Belastung von ca. 5 Jahren simuliert (Zahnbürstenabration, Kauabration, Temperaturschwankungen). Die Abnutzung der okklusalen Kontaktzonen des restaurierten Zahnes sowie dessen Antagonisten wurde anschliessend mit Hilfe eines 3D-Scanners gemessen.



Vergleich der Abrasionswerte der Keramik und des Antagonisten bei Inlays aus verschiedenen Vollkeramik-Systemen.

Krejci et al., Wear of ceramic inlays, their enamel antagonists and luting cements, Jour of Prosth Dent 69 (1993) 425-430

Fazit: Unter den gewählten Versuchsbedingungen weisen die verschiedenen Dentalkeramik-Materialien unterschiedlich starke Abnutzung auf. Die IPS Empress-Keramik ist abrasionsresistenter als die Vergleichsmaterialien, und führt gleichzeitig zur einer geringeren Abrasion des Gegenzahns. Die glasierte IPS Empress Keramik zeigt die geringsten Abrasionswerte.

Weitere Literatur: Ramp et al. (1996, 1997)
Dörfer et al. (1994)
Heinzmann et al. (1990)

4. Klinische Studien

4.1 Einleitung

Das IPS Empress-System hat sich in zahlreichen, bis sechs jährigen klinischen Studien an verschiedenen europäischen und amerikanischen Universitäten bewährt. Weitere Studien laufen zur Zeit noch.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die klinischen Studien mit IPS Empress. Anschliessend werden die wichtigsten dieser Studien und deren Resultate kurz zusammengefasst. Für weiterführende Angaben wird auf die zitierte Originalliteratur verwiesen.

Studien-dauer	Studienleiter, Studienort	untersuchte Restaurationen	spezielle Indikation	Einsetz-modalität	Untersuchungsziel
6 Jahre	Prof. Dr. Peter Schärer Universität Zürich	105 Inlays 78 Kronen 25 Onlays	41 Schneidezahn 37 Prämolare und Molare	adhäsiv	klinische Evaluation
5 Jahre	Prof. Dr. F. Lutz Universität Zürich	10 Inlays	Klasse-II-Kavitäten von Prämolaren	adhäsiv	klinische Evaluation, im Spez der Passgenauigkeit
4 Jahre	J.A. Sorensen, DMD Oregon Health Sciences University	75 Kronen	47 Schneidezähne 15 Prämolare 13 Molare	adhäsiv	klinische Evaluation, im Spez der Passgenauigkeit
5 Jahre	Priv. Doz. Dr. E.J. Richter * Techn. Hochschule Aachen	ca 300 Kronen	Schneidezähne, Prämolare und Molare	adhäsive und konventionell	klinische Evaluation
4 Jahre	Prof. Dr. A. Petschelt Universität Erlangen	23 Onlays 73 Inlays	nicht-schmelzbegrenzte Zähnen	adhäsiv	klinische Evaluation
4 Jahre	Dr. L. Pröbster Universität Tübingen	254 Inlays 49 Onlays		adhäsiv	klinische Evaluation
3 Jahre	Dr. M. Fradeani Louisiana State University	144 Kronen	101 Schneidezähne 28 Prämolare 15 Molare	adhäsiv	klinische Evaluation
3 Jahre (6 Monate)	Prof. Dr. J.F. Roulet Freie Universität Berlin	43 Inlay		adhäsiv	klinische Evaluation, im Spez. der Passge- nauigkeit (Vergleich mit anderen Keramiksystemen)
3 Jahre	Dr. K.A. Malament * University Boston Massachusetts	331 Kronen	133 Schneidezähne 198 Prämolare + Molare	adhäsiv	klinische Evaluation
3 Jahre	Prof. Dr. J. Vreven * Université catholique de Louvain, Belgique	16 Inlays	Klasse-II-Kavitäten in Prämolaren	adhäsiv	Vergleich mit anderen Keramiksystemen
2 Jahre	Dr. P. Tidehag Universität Umeå, Schweden	58 Kronen 52 Inlays		adhäsiv und konventionell	klinische Evaluation
2 Jahre	Prof. Dr. G. Schmalz Universität Regensburg	51 Inlays		adhäsiv	klinische Evaluation, im Spez der Passgenauigkeit

Übersicht über die klinischen Studien mit dem IPS Empress System

(Von denen mit * gekennzeichneten Studien liegen noch keine definitive Resultate vor)

4.2 *Langzeitstudien*

6 JAHRES STUDIE

- Studienleiter** Prof. Dr. Peter **Schärer**, M.S., D.M.D
Abteilung für Kronen- und Brücken-Prothetik,
Teilprothetik und Zahnärztliche Materialkunde,
Zahnärztliches Institut der Universität Zürich, Schweiz
- Ziel:** Klinische Evaluation von Inlays, Onlays und Brücken
- Versuchsaufbau:** 105 Inlays im Seitenzahnbereich, 25 indirekte Onlays und 78 Kronen (37 Seitenzahn- und 41 Frontzahnkronen) wurden adhäsiv eingefügt und die Restaurationen gemäss angepassten USPHS Kriterien bewertet.
- Resultate:** Für die Inlays und Onlays beträgt die geschätzte Überlebensrate nach Kaplan-Meier nach 2 Jahren 97.5 %. Drei Restaurationen misslangen bis dahin infolge Bruch. Auch nach 4 Jahren war keine Sekundärkaries zu verzeichnen. Bei 25 % der Restaurationen trat eine leichte Randverfärbung auf. Das ästhetische Resultat war ausgezeichnet.
Bei den Kronen beträgt die Überlebensrate nach Kaplan Meier 95 % nach 2 Jahren. Drei von insgesamt vier Brüchen erfolgten nach vier bis sieben Wochen, woraus abgeleitet werden kann, dass die Beschädigung wahrscheinlich auf fehlerhafte Anfertigung der Kronen oder unsachgemässes Zementieren zurückzuführen ist.
- Fazit:** Am Zahnmedizinischen Institut der Universität Zürich wird seit 1988 bevorzugt und erfolgreich mit dem IPS Empress-System gearbeitet. IPS Empress Inlays und Onlay weisen die gleiche Überlebensrate auf wie die altbewährten Amalgamrestaurationen. Bezüglich Ästhetik zeigen sich sowohl PatientInnen wie auch ZahntechnikerInnen und ZahnärztInnen sehr zufrieden.
- Veröffentlichungen:** Brodbeck U, Studer S, Lehner C; Sechs Jahre Erfahrung mit einem vollkeramischen Restaurationssystem; Dental-labor 43 (1995) 1793-1802
Brodbeck U; Six Years of Clinical Experience With an All-Ceramic System; Signature Summer Edition (1996) 8-14
Studer S, Lehner C, Brodbeck U, Schärer P; Short-Term Results of IPS Empress Inlays and Onlays; J Prosthodont 5 (1996) 277-287
Studer S, Lehner C, Schärer P; Glass-Ceramic Inlays and Onlays made by IPS Empress: First Clinical Results; J Dent Res 72 (1992) 658
Studer S, Lehner C, Schärer P; Full Porcelain Crowns made by IPS Empress: First Clinical Results; J Dent Res 71 (1992) 658

4.3 *Klinische Evaluation von adhäsiv befestigten Inlays und/oder Onlays ...*

4.3.1 ... bei Schmelz-begrenzten Zähnen

5 JAHRES STUDIE

- Studienleiter:** Priv. Doz. Dr. I. **Krejci**
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie
und Kariologie, Universität Zürich, Schweiz
- Ziel:** Klinische Prüfung von adhäsiv befestigten IPS Empress Inlays
- Versuchsaufbau:** 10 IPS Empress Inlays wurden in Klasse-II-Kavitäten von Prämolaren eingesetzt und gemäss modifizierten USPHS-Kriterien nach 1.5, 4 und 5 Jahren bewertet. Die Passgenauigkeit wurde anhand rasterelektronenmikroskopischer (REM) Aufnahmen bewertet.
- Resultate:** *Nach 1.5 Jahren:* Es war weder ein Bruch noch Sekundärkaries zu verzeichnen. Abrasion und Passgenauigkeit wurden klinisch als gut bewertet Vorübergehende Hypersensibilität trat bei einem Patient auf. Die REM Bilder zeigten, dass 4.4 % der Zementierungen überfüllt waren.
- Nach 4 Jahren:* Sowohl bei der klinischen als auch der raster-elektronenoptischen Beurteilung der Passgenauigkeit sind die Resultate nach 4 Jahren besser als nach 1.5 Jahren. Dies wird auf die Abrasion der Überschüsse des Zementierungscomposites zurückgeführt.
- Nach 5 Jahren:* Beim Übergang Schmelz / Befestigungscomposite konnte unter dem REM bei $87.4 \pm 7 \%$ und beim Übergang Befestigungscomposite zu den Inlays bei $74 \pm 11 \%$ der Inlays ein kontinuierlicher Randverlauf festgestellt werden.
- Fazit:** Adhäsiv befestigte Inlays aus IPS Empress Keramik ergeben auch langfristig sehr gute Resultate.
- Veröffentlichungen:** Krejci I, Krejci D, Lutz F; Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material during 1.5 years; Quintessence Int 23 (1992) 181-186
- Resultate nach vier und fünf Jahren: interner Bericht an Ivoclar-Vivadent.

4-JAHRES STUDIE

- Studienleiter:** Dr. L. **Pröbster**
Abteilung für Prothetische Zahnheilkunde
Universität Tübingen, Deutschland
- Ziel:** Klinische Evaluation der Überlebensrate von adhäsiv befestigten IPS Empress Inlays, Onlays und Teilkronen im hinteren Zahnbereich
- Versuchsaufbau:** Nach Anätzung des Schmelzes wurden 254 schmelzbegrenzte Inlays und 49 Onlays oder Teilkronen mit Syntac, Dual Cement oder

- Variolink und Monobond (alle Vivadent, Schaan, Liechtenstein) im hinteren Zahnbereich von 50 Patienten befestigt.
- Resultate:** Die nach Kaplan-Meier berechnete Überlebensrate beträgt nach 41 Monaten 94 ± 0.7 %. Postoperative Sensibilitäten trat in weniger als 1 % aller Restaurationen auf. Innerhalb 41 Monaten traten insgesamt 4 Frakturen auf.
- Fazit:** IPS Empress eignet sich sehr gut für Restaurationen von Einzelzähnen im hinteren Zahnbereich. Dentin-Konditionierung scheint ein gutes Mittel gegen postoperative Sensibilität zu sein.
- Veröffentlichungen:** Pröbster L, Ulmer HJ, Engel E; Four-year survival rate study of IPS Empress restorations; DGZPW (1996) 59
- Pröbster L; Clinical Experiences with the In-Ceram and IPS Empress Full Ceramic Restorative Systems; Budapest 1 (1992) 1

4.3.2 ... bei nicht Schmelz-begrenzten Zähne

4 JAHRES STUDIE

- Studienleiter:** Prof. Dr. A. **Petschelt**
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Universität Erlangen-Nürnberg, Deutschland
- Ziel:** Klinisch kontrollierte Studie von adhäsiv befestigten IPS Empress Restaurationen von nicht schmelzbegrenzten Zähnen und bestimmen der Abrasion von IPS Empress-Restaurationen, der Klebefuge und der Gegenzähne
- Versuchsaufbau:** 23 Onlays mit Höcker-Rekonstruktion und 73 Klasse-II-Inlays wurden adhäsiv befestigt (Ätztechnik und Dentin Konditionierung mit Syntac, Befestigungscomposite Tetric, Dual Cement, Variolink low oder Variolink Ultra). Die in-vivo Abrasionsbestimmung erfolgte nach Gerbo et al. (1990).
- Resultate:** Nach vier Jahren mussten nur sieben der 96 Restaurationen (7 %) ersetzt werden, 90 % der Restaurationen wurden als „in guter Verfassung“ beurteilt. Nach zwei Jahren wurden an den Restaurationen im okklusalen Kontaktbereich eine Abrasion von durchschnittlich drei μm festgestellt, an den Hauptantagonisten eine Abrasion von durchschnittlich 21 μm . An den kontaktfreien Zonen wurde kein Materialverlust festgestellt. Die negative Klebefuge wuchs in zwei Jahren um 42 μm .
- Fazit:** Der fehlende Schmelz beeinträchtigte weder die Verbundfestigkeit noch die Randspaltenqualität. In Verbindung mit Syntac überzeugen die IPS Empress Inlays/Onlays klinisch auch an stark geschädigten Zähnen.

Da ein Zusammenhang zwischen Klebefugebreite und dem vertikale Materialverlust der Fuge zu bestehen scheint, ist eine möglichst schmale Klebefuge anzustreben. Die ansonsten gefundenen, geringen abrasiven Veränderungen an der Keramik und an den Gegenzähnen sind von keiner klinischen Relevanz.

Veröffentlichungen: Krämer N, Frankenberger G, Dettenhofer J, Ebert M, Pelka M, Petschelt A; Clinical Evaluation of Ceramic Inlays and Onlays after Four Years; J Dent Res 76 (1997) 271

Pelka M, Teinelt C, Krämer N, Fassbender U, Petschelt A; In-vivo-Abrasion bei IPS Empress Inlays; Dtsch Zahnärztl Z 50 (1995) 917-919

Interne Untersuchungsberichte an Ivoclar-Vivadent

4.4 Klinische Evaluation von IPS Empress-Kronen

5 JAHRES STUDIE

Studienleiter: John A. **Sorensen**, DMD
School of Dentistry, Clinical Research Center
Los Angeles, USA

Ziel: Klinische Evaluation von IPS Empress Kronen

Versuchsaufbau: 47 Frontzahn-, 15 Prämolaren- und 13 Molaren-Kronen wurden bei 33 Patienten mit den Zementen Dual Cement oder Variolink eingesetzt.

Resultate: Die Überlebensrate nach fast 4 Jahren beträgt 98.7 %. Ein Bruch erfolgte nach 27 Monaten Tragezeit. Bei zwei Kronen trat eine leichte Randverfärbung auf. Drei Personen verspürten vorübergehend eine postoperative Sensibilität.

Fazit: Diese klinischen Resultate sind erfolgsversprechend.

Die Studie wird fortgesetzt.

Veröffentlichungen: Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mito W; Status of Clinical Trial On IPS Empress Crowns; J Dent Res 74 (1995) 159

Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mito W; IPS Empress Crown System Clinical Trial: 1995 Status; J Dent Res 75 (1996)248

3 JAHRES STUDIE

Studienleiter: M. **Fradeani**, MD DDS
Special Lecturer, Department of Prosthodontics
Louisiana State University, USA

Ziel: Klinische Evaluation von IPS Empress Kronen im hinteren und vorderen Zahnbereich

Versuchsaufbau:	101 Frontzahn-, 28 Prämolaren und 15 Molarenkronen wurden nach durchschnittlich 37 Monaten anhand modifizierten USPHS-Kriterien nachkontrolliert.
Resultate:	Die geschätzte Überlebensrate (Kaplan Meier) nach fast sechs Jahren beträgt 95.35 %. Nur fünf Brüche waren zu verzeichnen, zwei davon im Composite-Verbundmaterial. Bei den übrigen drei war die Mindest-Wandstärke von 1.5 mm unterschritten worden.
Fazit:	IPS Empress eignet sich gut für die Kronentechnik; die Herstellungsanweisungen sind zu befolgen.
Veröffentlichungen:	Fradeani M, Aquilano A; Clinical Experience with IPS Empress Crowns; Int J Prosthodont 10 (1997) 241-247

4.5 *Klinischer Vergleich von adhäsiv und konventionell zementierten Kronen und Inlays*

2 JAHRES STUDIE

Studienleiter:	Dr. Per Tidehag Department of Prosthetics, Faculty of Odontology, University of Umeå, Schweden
Ziel:	Evaluation der klinischen Qualität von IPS Empress Restaurationen
Versuchsaufbau:	58 Kronen und 52 Inlays wurden 27 Monate nach dem Einsetzen nachkontrolliert.
Resultate:	80 % der Restaurationen wurden bezüglich ihrer anatomischen Form als exzellent beurteilt. Restaurationen, welche nicht mit einem Composite-Zement eingefügt wurden, können geringfügige Randspalten aufweisen. Insgesamt wurden zwei Brüche festgestellt.
Fazit:	Dies sind erfolgsversprechende Resultate für das IPS Empress System.
Veröffentlichungen:	Tidehag P, Gunne J; A two-year clinical study of the IPS Empress ceramic system; J Dent Res 73 (1994) 939 Tidehag P, Gunne J; A 2-Year Clinical Follow-up Study of IPS Empress Ceramic Inlays; Int J Prosthodont 8 (1995) 456-460

4.6 *Klinische Evaluation der Passgenauigkeit von IPS Empress Restaurationen*

2 JAHRES STUDIE

Studienleiter:	Prof. Dr. G. Schmalz Abteilung für Operative Zahnheilkunde und Periodontologie, Universität Regensburg, Deutschland
Ziel:	Klinische Evaluation von IPS Empress Inlays unter besonderer Berücksichtigung der Passgenauigkeit

-
- Versuchsaufbau:** 51 schmelzbegrenzte Kavitäten wurden mit Inlays versehen und gemäss modifizierten USPHS-Kriterien nachkontrolliert. Die Passgenauigkeit wurde mittels Raster-Elektronen-Mikroskop (REM) überprüft.
- Resultate** Nach zwei Jahren war weder ein Bruch noch Sekundärkaries zu verzeichnen. Die Passgenauigkeit von 72,5 % der Restaurationen wurde mit Alpha bewerte, die restlichen mit Bravo. Die Nachkontrolle mit dem REM zeigte, dass die Randspalten zwischen Schmelz und Composite kleiner sind als jene zwischen Keramik und Composite.
- Fazit:** Die Inlay Restaurationen mit IPS Empress, welche in dieser Studie überprüft wurden, sind klinisch erfolgreich.
- Veröffentlichungen:** Thonemann B, Federlin M, Schmaltz G, Schams A; Clinical evaluation of heat-pressed glass-ceramic inlays in vivo: 2-years results; Clin Oral Invest 1 (1997) 27-34

5 Toxikologie

5.1 Toxikologische Beurteilung für Patienten

5.1.1 Einleitung

Vollkeramik-Materialien besitzen anerkannterweise eine gute Biokompatibilität (Roulet und Herder, 1985; Mc Lean, 1979). Da IPS Empress sich in der chemischen Zusammensetzung nicht wesentlich von anderen Dentalkeramiken unterscheidet, kann davon ausgegangen werden, dass allgemeine Untersuchungen zur Biokompatibilität von Dentalkeramiken auch für IPS Empress zutreffen.

Die Biokompatibilität von IPS Empress (chemische Beständigkeit, allfälliges Zytotoxizitäts-, Sensibilisierungs-, Irritations-, subchronisches Toxizitäts- und Gentoxizitäts Potential) wurde in Anlehnung an die ISO-Norm 10993-1 „Biological evaluation of medical devices“ beurteilt.

Da Pulpa-Reaktionen immer im Zusammenhang mit der Zementiermodalität stehen, wird an dieser Stelle nicht darauf eingegangen.

5.1.2 Chemische Beständigkeit

Dentalwerkstoffe sind im Mund einer grossen Bandbreite von pH-Werten und Temperaturen ausgesetzt. Chemische Beständigkeit ist daher eine wichtige Voraussetzung für alle Dentalmaterialien. Die Untersuchungen von Schäfer und Kappert (1993) zeigten, dass die chemische Beständigkeit von IPS Empress mit einer Löslichkeit von 0.2 ± 0.1 % des Ausgangsgewichtes sehr hoch ist und die ISO Norm 6872 erfüllt (vgl. Kap. 3.7). Die bei diesem Versuch im Lösungsmittel gefundenen Konzentrationen der Elemente Na (64 ppm), Ca (2 ppm), Mag (23 ppm) Al (100 ppm) Si (51 ppm) und Fe (2 ppm) stellen kein gesundheitliches Risiko dar.

Von allen zur Zeit bekannten Dentalmaterialien gilt Keramik als das Beständigste (Anusavice, 1992).

5.1.2 Zytotoxizität

Baumann and Heidmann (1991) bestimmten die Zytotoxizität von IPS Empress in Zellkulturen von Zahnfleisch-Fibroblasten. Lorenz (1994) untersuchte in Langzeitversuchen (bis zu 7 Wochen) das Verhalten von Explantatkulturen und Fibroblastenzellen im Kontakt mit IPS Empress Material.

Unter den gewählten Versuchsbedingungen wurde jeweils kein zytotoxisches Potential festgestellt.

5.1.3 Sensibilisierung, Irritation

Cavazos (1968), Henry et al. (1966) und Allison et al. (1958) zeigten, dass Dentalkeramik – im Gegensatz zu anderen Dentalmaterialien – im Kontakt mit der Mundschleimhaut zu keiner negativen Reaktion führt. Mitchell (1959) und Podshadley und Harrison (1966) zeigten mit Implantat-Versuchen, dass glasierte Keramik nur zu einer sehr geringen entzündlichen Reaktion führt und weit weniger irritierend wirkte als andere akzeptierte Dentalmaterialien wie Gold und Kunststoff.

Da eine direkte Irritation der Schleimhautzellen durch die Keramik praktisch ausgeschlossen werden kann, ist eine allfällige Irritation im Allgemeinen auf eine mechanische Reizung zurückzuführen. Diese kann durch Befolgen der Anleitungshinweise für IPS Empress im Normalfall vermieden werden.

Keramik besitzt kein – oder im Vergleich zu anderen Dentalmaterialien ein geringeres – irritierendes oder sensibilisierendes Potential.

5.1.4 Subchronische Toxizität, Gentoxizität und Karziogenität

Weder aus der Literatur noch aus den Löslichkeitstests ergeben sich Hinweise auf ein Potential für eine subchronische Toxizität, Gentoxizität oder Karziogenität von IPS Empress.

5.2 Zusätzliche toxikologische Beurteilung für ZahntechnikerInnen

Von allen betroffenen Personengruppen treten ZahntechnikerInnen am häufigsten in Kontakt mit dem Dentalwerkstoff IPS Empress. Im Gegensatz zu den PatientInnen kommen sie auch mit dem unfertigen Produkt in Berührung.

Besondere Beachtung verdient der Kontakt zu Schleifstaub von der Einbettmasse und der Keramik (Mackert 1992).

Bei Beachtung der Vorsichtshinweise in der Gebrauchsanleitung (inhalieren von Schleifstaub vermeiden) besteht kein erhöhtes Risiko für ZahntechnikerInnen.

5.3 Schlussfolgerung

Nach derzeitigem Wissensstand und aufgrund der vorhandenen Daten kann bei sachgerechtem Gebrauch von IPS Empress sowohl ein akutes wie auch ein chronisches Gesundheitsrisiko für alle mit dem Produkt in Berührung kommenden Personen ausgeschlossen werden.

5.4 *Literatur zur Toxizität*

Allison JR et al.

Tissue changes under actylic and porcelain pontics

J Dent Res 37 (1958) 66

Anusavice KJ

Degradability of Dental Ceramics

Adv Dent Res 6 (1992) 82-89

Baumann Mq Heidemann D

Biocompatibility of Dental Inlay Ceramics

Int. Symposium on Computer Restorations, May 1991, Regensdorf-Zürich, Switzerland

Cavazos E

Tissue response to fixed partial denture pontics

J Prost Dent 20 (1968) 143

Henry P et al.

Tissue changes beneath fixed partial dentures

J Prosth Dent 16 (1966) 937

Lorenz S,

Verhalten primärer humaner Epithelzellen und Gingivafibroblasten unter dem Einfluss verschiedener Dentalkeramik - eine in-vitro-Untersuchung

Inaugural-Dissertation, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, J.W. Goethe Universität, Frankfurt am Main (1994) 169 S

Mackert JR Jr.

Side-effects of dental ceramics

Adv Dent Res 6 (1992) 90-93

McLean JW

The Science and Art of Dental Ceramics

Quintessence, Chicago, 1979

Mitchell DF

The irritational qualities of dental materials

JADA 59 (1959) 954

Podshadley AG, Harrison JD

Rat connective tissue response to pontic material

J Prosth Dent 16 (1966) 110

Roulet JF, Herder S

Seitenzahnversorgung mit adhäsiv befestigten Keramikinlays

Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, 1985

Schäfer R, Kappert HF

Die chemische Löslichkeit von Dentalkeramiken

Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 625-628

6. Literatur

Ceramic restorations

The Dental Advisor 10 (1993) 1-7

Ceramic for Crowns, Veneers, Inlays, Onlays

CRA Newsletter 16 (1992) 2

Altvater A, Pröbster L

Influence of resin bonding on the flexural strength of a glass ceramic

J Dent Res 73 (1994) 980

Bairami V, Kokinis I, Kourtis S, Andritsakis D

All ceramic posts and cores for endodontically treated front teeth

DGZPW (1996) 111

Baumann MA, Heidemann D

Biocompatibility of dental inlay ceramics

Intern Symp on Computer Restorations 1 (1991) 373-376

Beham G

IPS Empress: Eine neue Keramik-Technologie

ZWR 100 (1991) 404-408

Berland L

A multi-disciplinary approach to cosmetic problems

Dentistry Today 1 (1996) 42-43

Beznos C

An alternative approach to replacement of a congenitally missing maxillary central incisor: A case report

Quintessence Int 27 (1996) 759-762

Bieniek KW

Randspaltbreiten bei aktuellen Vollkeramikkrone-systemen

Phillip J 10 (1993) 223-226

Bieniek KW, Marx R

Die mechanische Belastbarkeit neuer vollkeramischer Kronen- und Brückenmaterialien

Schweiz Monatsschr Zahnmed 104 (1994) 284-289

Bieniek KW, Spiekermann H

Innovative vollkeramische Kronen- und Brückensysteme - Eine kritische Bewertung (I)

Quintessenz 44 (1993) 529-542

Bieniek KW, Zitzmann N, Spiekermann H

Innovative vollkeramische Kronen- und Brückensysteme - Eine kritische Bewertung (II)

Quintessenz 44 (1993) 689-697

Bösch H

Prothetik mit IPS Empress-Zähnen - eine Variante für individuelle Prothese

Quintessenz Zahntech 22 (1996) 245-250

Brodbeck U

IPS Empress - Six years of clinical experience with an all-ceramic system

Signature (1996) 8-14

Brodbeck U, Schärer P

Keramikinlays als Seitenzahnrestauration

Schweiz Monatsschr Zahnmed 102 (1992) 331-337

Brodbeck U, Studer S, Lehner C

Sechs Jahre Erfahrung mit einem vollkeramischen Restaurationssystem

Dent Labor 43 (1995) 1793-1802

Brunton PA, Burke FJT, Wilson NHFW

Fracture resistance of teeth restored with indirect tooth-coloured restorations

J Dent Res 76 (1997) 260

Brüsch M

Zahntechnische Aspekte

Quintessenz Zahntech 22 (1996) 585-613

Burke FJT, Qualtrough AJE, Hale RW

The dentine-bonded ceramic crown: an ideal restoration?

Br Dent J 179 (1995) 58-63

Campbell SD, Giordano RA, Pober R

Flexural Strength of IPS Empress Treated with Glaze, Veneer, and TuffCoat

J Dent Res 72 (1993) 187

Campbell SD, Harlow R, Wen Z

Flexural strength of dental ceramics

J Dent Res 75 (1996 a) 248

Campbell SD, Lyzak W, Wen Z

Thermal coefficient of expansion of dental ceramics

J Dent Res 75 (1996) 248

Campbell SD, Tu SJ, Lund PS

Translucency of a new ceramic crown material

J Dent Res 76 (1997) 63

Campbell SD, Wen Z

Thermal cycling effects on the strength of dental ceramics

J Dent Res 75 (1996 b) 248

Cattell MJ, Clarke RL, Lynch E

The Biaxial Flexural Strength and Reliability of Four Dental Ceramics

J Dent Res 74 (1995 a) 489

Cattell MJ, Clarke RL, Lynch E

The Transverse Strength and Reliability of Four Dental Ceramics

J Dent Res 74 (1995 b) 522

Cattell MJ, Clarke RL, Lynch E

The modulus of elasticity of some new dental ceramics

J Dent Res 75 (1996) 64

- Christensen GJ
Restorative Dentistry: An update for Practitioners, Educators, Examining Boards
J Am Dent Assoc 126 (1995) 1165-1168
- Christgau M, Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Resch U, Bader N
Marginal adaptation of ceramic veneers in dentin. In vitro
J Dent Res 76 (1997) 192
- Chu TM, Wagner WC, Razzoog ME
Indentation Fracture Toughness of Three New Ceramic Core Materials
J Dent Res 74 (1995) 471
- Denry IL, Rosenstiel SF, Holloway JA
Characterization of Crystalline Leucite in Feldspathic Dental Porcelains
J Dent Res 73 (1994) 369
- Dong JK, Lüthy H, Wohlwend A, Schärer P
Heisspress-Keramik - Technologie und Festigkeit
Quintessenz 43 (1992 a) 1373-1385
- Dong JK, Lüthy H, Wohlwend A, Schärer P
Heat-Pressed Ceramics: Technology and Strength
Int J Prosthodont 5 (1992 b) 9-16
- Dörfer C, Mayer T, Pintado MR, Douglas WH
In-vitro-wear of Marginal Areas of IPS Empress-Inlays with Different Fitting Quality
J Dent Res 73 (1994) 371
- Dwan A, Yaman P, Dennison JB
Effect of Pretreatment on Bond Strength of Resin to Porcelain
J Dent Res 74 (1995) 40
- Edelhoff D, Marx R
Adhäsion zwischen Vollkeramik und Befestigungskomposit nach unterschiedlicher Oberflächenvorbehandlung
Dtsch Zahnärztl Z 50 (1995) 112-117
- Ellert DO, Kelly JR
All-ceramic crown failure as a function of occlusal contact location
J Dent Res 76 (1997) 392
- Engel E, Girthofer S, Groten M, Pröbster L, Deisser S
Gesamtrehabilitation eines durch Abrasion und Erosion geschädigten kariesfreien Gebisses mit Hilfe von vollkeramischen Teilkronen aus IPS Empress - eine klinische Fallstudie
Quintessenz 47 (1996) 543-557
- Fanuscu MI, Sorensen JA
Pre- and Post-Cementation Fit Of Ceramic Crown Systems
J Dent Res 71 (1992) 320
- Flessa HP, Kunzelmann KH, Krämer N, Mehl A, Petschelt A, Hickel R
Quantitative in vivo wear measurement of a ceramic inlay system
J Dent Res 76 (1997) 163
- Folwaczny M, Mehl A, Haffner C, Kremers L, Hickel R
Treating dental ceramic materials with 308 nm XeCl-excimer-laser radiation
J Dent Res 76 (1997) 400
- Fradeani M, Barducci G
Versatility of IPS Empress restorations. Part I: crowns
J Esthet Dent 8 (1997) 127-135
- Fradeani M and Aquilana A
Clinical Experience with IPS Empress Crowns
Int J Prosthodont 10 (1997) 241-247
- Fradeani M, Barducci G
Versatility of IPS Empress restorations. Part II: Veneers, Inlays, and Onlays
J Esthet Dent 8 (1996) 170-176
- Frankenberger R, Krämer N, Hahn C, Sindel J, Pelka M
Beurteilung der Klebefugenabration von Adhäsivinlays in vivo
Dtsch Zahnärztl Z 51 (1996) 591-594
- Friese SD
Mikrofacette statt Makrotrauma eien Alternativlösung
Phillip J 11 (1994) 17-22
- Friese SD, Bischoff H
Adhäsive Befestigung einer vollkeramischen Krone - Klinisches Vorgehen am Beispiel IPS Empress, Teile I und II
Quintessenz 45 (1994) 1381-1392
- Geis-Gerstorfer J, Kanjantra P
Zum Einfluss der Prüfmethode auf die Biegefestigkeit von IPS Empress und In-Ceram
Dtsch Zahnärztl Z 47 (1992) 618-621
- Geis-Gerstorfer J, Kanjantra P, Pröbster L
Untersuchung der Bruchzähigkeit und des Risswachstums zweier vollkeramischer Kronen- und Brückensysteme (In-Ceram und IPS Empress)
DGZPW (1993) 1
- Geis-Gerstorfer J, Kanjantra P, Pröbster L, Weber H
Untersuchung der Bruchzähigkeit und des Risswachstums zweier vollkeramischer Kronen- und Brückensysteme
Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 685-691
- Geis-Gerstorfer J, Kanjantra P, Weber H
Zum Einfluss der Prüfmethode auf die Biegefestigkeit von IPS Empress und In-Ceram
DGZPW 1 (1992) 57
- Geis-Gerstorfer J, Schille C
Influence of surface grinding on chemical solubility of dental ceramics
J Dent Res 76 (1997) 400
- Grey NJA, Piddock V, Crotty J, Wilson MA

Compressive strength of all-ceramic and ceramometallic crowns

J Dent Res 72 (1993) 693

Grossmann D

Structure and Physical Properties of DICOR-MGC Glass-Ceramic

in: Mörmann WH [Hrsg], International Symposium on Computer Restorations, Quintessence Publishing Co. Inc, Berlin (1991) 103-115

Groten M, Jofre J, Pröbster L

Influence of cementation modes on fracture resistance of glass-ceramic crowns

J Dent Res 75 (1996) 73

Gunawan A, Marx R

Röntgenopazität von Materialien für die Vollkeramik

Dtsch Zahnärztl Z 51 (1996) 572-574

Haak R, Noack MJ

Möglichkeiten der Röntgendiagnostik bei Amalgamersatzmaterialien

Quintessenz 47 (1996) 1551-1559

Hafner E, Hüls A, Rinke S

Polishing characteristics of four ceramic materials

J Dent Res 75 (1996) 249

Hahn K

Entwicklung und experimentelle Anwendungsprüfung keramischer und polymer-keramischer Zahnersatzwerkstoffe aus polymeren Werkstoffvorstufen

Dtsch Zahnärztl Z 52 (1997) 168-179

Hahn P, Schaller H, Müller U, Hellwig E

Marginal leakage in class II-restorations after use of ceramic-inserts

IADR-CED-96 1 (1996) 116

Haller B und Bischoff H

Merallfreie Restaurationen aus Presskeramik - Ein Leitfaden für Praxis und Labor. Mit einem Beitrag zur Werkstoffkunde von W. Höland und M. Frank.

Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin (1993) 239 S.

Hannig M, Jepsen S, Jasper V, Lorenz-Stucke C

Der Randschluss glaskeramischer Veneers mit zervikaler Schmelz- oder Dentinbegrenzung

Dtsch Zahnärztl Z 50 (1995) 227-229

Hegenbarth EA

Das Procera-System: Ästhetik, Präzision und Stabilität eines neuen vollkeramischen Verfahrens

Quintessenz Zahntech 22 (1996) 1098-1114

Heinenberg BJ

IPS Empress mit neuer Keramiktechnologie

Quintessenz Zahntech 17 (1991) 475-479

Heinenberg BJ, Friese SD

Keramikschalen aus IPS Empress

Dental Magazin 2 (1996) 108-112

Heinzelmann K

IPS Empress - eine Alternative zur VMK-Einzelkrone?

Quintessenz Zahntech 22 (1996) 1319-1328

Heinzmann JL, Krejci I, Lutz F

Wear and marginal adaptation of glass ceramic inlays, amalgam and enamel

J Dent Res 69 (1990) 161

Hickel R, Heid M, Kunzelmann KH, Petschelt A

Durchhärttiefe von lighthärtenden Kompositen unter Keramik

Dtsch Zahnärztl Z 47 (1992) 182-185

Hofmann N, Haller B, Klaiber B

Die Verbundfestigkeit zwischen Komposit und verschiedenen keramischen Inlay-Materialien

DGZMK (1991) 1

Hofmann N, Haller B, Klaiber B, Münchenberg K

Randqualität gesinterter und gepresster Keramikinlays nach Belastung im Kausimulator

Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993 b) 713-716

Hofmann N, Handreck A, Haller B, Klaiber B

Oberflächenkonditionierung gepresster Keramik und ihr Einfluss auf die Verbundfestigkeit zu Kompositen

Schweiz Monatsschr Zahnmed 103 (1993 a) 1415-1420

Höland W, Frank M, Rheinberger V

Surface crystallization of leucite in glasses

J Non-Crystalline Solids 180 (1995) 292-307

Höland W und Frank M

Werkstoffwissenschaftliche Betrachtungen zur IPS Empress-Glaskeramik

Ivoclar-Vivadent Report Nr. 10 (1994) 3-8

Höland W, Frank M, Rheinberger V

Realstruktur und Gefüge der IPS Empress-Glaskeramik nach Aetzung

Quintessenz 44 (1993) 761-771

Höland W, Rheinberger V, Wollwage P, Klester AM

Mikrostruktur der IPS Empress-Glaskeramik

Phillip J 9 (1992) 551-553

Hölsch W, Kappert HF

Festigkeitsprüfung von vollkeramischem Einzelzahnersatz für den Front- und Seitenzahnbereich

Dtsch Zahnärztl Z 47 (1992) 621-623

Hüls A, Rinke S

Marginal fidelity of crowns produced with six different fabrication techniques

J Dent Res 74 (1995) 421

Inoue M, Kawai K, Torii M, Tsuchitani Y

Effect of ion-exchange treatment on mechanical properties of dental ceramic

J Dent Res 74 (1995) 490

Janda R

Kunststoff- und Keramik-Produkte für die zahnärztliche Prothetik

ZM 82 (1992) 68-78

Kanchanatawewat K, Giordano RA, Nathanson D
Marginal adaptation of Celay and IPS Empress restorations
J Dent Res 75 (1996) 248

Kanchanatawewat K, Giordano RA, Nathanson D, Pober R
Flexural strength of high-leucite porcelain with various surface finish
J Dent Res 76 (1997) 392

Kanzler R, Sommer J
Vollkeramische restaurationen mit gepinntem Goldrand
Phillip J 13 (1996) 375-378

Kappert HF
Dental Materials: New Ceramic Systems
in: Clinically Appropriate Alternatives to Amalgam: Biophysical Factors in Restorative Decision-Making, Transactions of the Academy of Dental Materials 9 (1996) 180-199

Kappert HF
Moderne Metallkeramik-Systeme mit Omega 900
ZM 86 (1996) 2060-2070

Kelly JR
Perspectives on strenght
Dent Mater 11 (1995) 103-110

Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD
Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives
J Prosthet Dent 75 (1996) 18-32

Kern M, Thompson van P
Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology, and changes in the surface
J Prosthet Dent 71 (1994) 453-461

Kern M, Thompson VP
Durability of the resin bond between leucite reinforced glass-ceramic and enamel
J Dent Res 75 (1996) 24

Kern M, Thompson VP
Beständigkeit des Kunststoff-Keramik-Verbundes
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 177-180

Kern M, Thompson VP
Eine einfache Versuchsanordnung zur universellen Prüfung des Klebeverbundes im axialen Zugtest
Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 769-772

Kielbassa AM, Attin T, Wrbas KTH, Stossek M, Hellwig E
Tensile bond strength of glass-ceramics to dentin
J Dent Res 75 (1996) 392

Kim KM, Kim KN
The glazing effects of some dental ceramics using various methods
J Dent Res 76 (1997) 193

Klaiber B, Haller B, Heinemann C, Hofmann N
Effect of Dentin Adhesives on Marginal Adaptation of Bonded Tooth Colored Inlays
J Dent Res 73 (1994) 136

Kohler W
Das IPS-Empress-System - Der Stand der Technik anno 1995
Dent Labor 43 (1995) 1993-2002

Krämer N, Frankenberger R, Dettenhofer G, Ebert J, Pelka M, Petschelt A
Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays after four years
J Dent Res 76 (1997) 271

Krämer N, Popp S, Sindel J, Frankenberger R
Einfluss der Vorbehandlung von Kompositinlays auf die Verbundfestigkeit
Dtsch Zahnärztl Z 51 (1996) 598-601

Krejci I, Krejci D, Lutz F
Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material during 1.5 years
Quintessence Int 23 (1992) 181-186

Krejci I, Lutz F, Reimer M, Heinzmann JL
Wear of ceramic inlays, their enamel antagonists, and luting cements
J Prosthet Dent 69 (1993) 425-430

Krumbholz K
Stand und Entwicklung von Dentalkeramiken
ZWR 101 (1992) 193-199

Lampe K, Lüthy H, Mörmann W
Fracture load of all-ceramic computer crowns
IADR-CED-96 1 (1996) 116

Lamprecht C, Krämer N, Flessa HP, Frankenberger R, Mehl A, Kunzelmann KH, Pelka M
Computer-based quantitative evaluation of luting gaps
J Dent Res 76 (1997) 272

Lang H, Schwan R, Nolden R
3-dimensional assessment of deformation of restored teeth induced by thermal stress
J Dent Res 75 (1996) 384

Lang H, Schwan R, Nolden R
Die Verformung gefüllter Zähne
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 812-815

Lang H, Schwan R, Nolden R
Die 3D-Speckle-Interferometrie zur dreidimensionalen Erfassung der Verformung eingegliedelter Restaurationen
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 379-383

- Langner J
IPS Empress - ein neuer Weg?
Quintessenz Zahntech 18 (1992) 313-332
- Lehner C, Margolin MD, Schärer P
Kronen- und Laminate-Präparationen
Schweiz Monatsschr Zahnmed 105 (1995) 1561-1572
- Lehner C, Schärer P
All-ceramic crowns
Current Opinion in Dentistry 2 (1992) 45-52
- Lehner C, Studer S, Schärer P
Full Porcelain Crowns made by IPS Empress: First Clinical Results
J Dent Res 71 (1992) 658
- Leibrock A, Herrmann G, Behr M, Rosentritt M, Handel G
Fracture strength of IPS Empress all-ceramic posts and cores
J Dent Res 75 (1996) 65
- Ludwig K
Fehlervermeidung bei adhäsiver Befestigung von Restaurationen aus Keramik und Komposit
ZWR 104 (1995) 180-187
- Ludwig K
Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von Vollkeramikronen
Dent Labor 39 (1991) 647-651
- Ludwig K, Joseph K
Untersuchungen zur Festigkeit des Adhäsivverbundes zwischen IPS Empress und Dualcement
Quintessenz Zahntech 20 (1994) 71-81
- Ludwig K, Joseph K
Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von IPS Empress-Kronen in Abhängigkeit von den Zementiermodalitäten
Quintessenz Zahntech 20 (1994) 247-256
- Lund PS, Campbell SD, Giordano RA
Translucency of core and veneer materials for all-ceramic crowns
J Dent Res 75 (1996) 284
- Lüthy H, Dong JK, Wohlwend A, Schärer P
Effects of veneering and glazing on the strength of heat-pressed ceramics
Schweiz Monatsschr Zahnmed 103 (1993) 1257-1260
- Lüthy H, Dong JK, Wohlwend A, Schärer P
Heat-Pressed Ceramics: Influence of Veneering, and Glazing on Strength
J Dent Res 72 (1992) 567
- Lüthy H, Dong JK, Wohlwend A, Schärer P
Heat-Pressed Ceramics: Influence of Pressing and Heat Treatment on Strength
J Dent Res 71 (1992) 1013
- Lüthy H, Pietrobon N, Sisera M, Wohlwend A, Loeffel O
White esthetics
Schweiz Monatsschr Zahnmed 106 (1996) 897-904
- Lutz F
State of the art of tooth-colored restoratives
Oper Dent 21 (1996) 237-248
- Mackert JR, Russell CM
Leucite Crystallization During Processing of a Heat-Pressed Dental Ceramic
Int J Prosthodont 9 (1996) 261-265
- Mackert JR, Russell CM
Leucite Crystallization during IPS Empress Processing
J Dent Res 74 (1995) 116
- Mak M, Qualtrough AJE, Burke FJT
The effect of different ceramic materials on the fracture resistance of dentin-bonded crowns
Quintessence Int 28 (1997) 197-203
- Maroto Garcia J, Del Castillo Salmeron R, Jimenez-Castellanos Balle, Bravo Perez M
Terminación en doble hombro para coronas de Cerámica inyektada IPS Empress
Quintessence 47 (1996) 243-248
- Marx R
Moderne keramische Werkstoffe für ästhetische Restaurationen - Verstärkung und Bruchzähigkeit
Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 229-236
- Masao Y und Dörand R
Fracture Strength of All-Ceramic Crowns
Int J Prosthodont 7 (1994) 329-338
- Mayer M, Hube J
Keine Ästhetik ohne Funktion
Dent Labor 45 (1997) 413-419
- McLaren EA, Sorensen JA
Composite Cement To In-Ceram spinell Shear Bond Strength
J Dent Res 74 (1995) 422
- McPhee ER
Hot compressed porcelain-Process for ceramo-metal restorations
Dental Porcelain: The state of the art 1 (1977) 245-250
- McSweeney T, Perry R, Kugel G
Protilometry comparison of polished porcelain
J Dent Res 75 (1996) 147
- Mehl A, Buschhorn S, Kunzelmann KH, Hickel R
Bond strength between ceramic inlays and bonding composite resins
J Dent Res 73 (1994) 182
- Mehl A, Godescha P, Kunzelmann KH, Hickel R
Randspaltverhalten von Komposit- und Keramikinlays bei ausgedehnten Kavitäten
Dtsch Zahnärztl Z 51 (1996) 701-704

- Meier M, Fischer H, Richter EJ, Maier HR, Spiekermann H
Einfluss unterschiedlicher Präparationsgeometrien auf die Bruchfestigkeit vollkeramischer Molarenkronen
Dtsch Zahnärztl Z 50 (1995) 295-299
- Meyenberg KH, Lüthy H, Schärer P
Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth
J Esthet Dent 7 (1995) 73-80
- Meyers ML, Ergle JW, Fairhurst CW, Ringle RD
Fatigue Failure Parameters of IPS Empress Porcelain
J Dent Res 73 (1994) 136
- Milleding P, Ortengren U, Karlsson S
Ceramic inlay systems: some clinical aspects
J Oral Rehab 22 (1995) 571-580
- Molin M, Karlsson S
The fit of gold inlays and three ceramic systems - a clinical and in vitro study
Acta Odontol Scand 51 (1993) 201-206
- Motomura K, Tonami K, Nakamura H, Takahashi H, Nishimura F
Relationship between fracture toughness and hardness of various dental ceramics
J Dent Res 75 (1996) 66
- Music S, Ziko-Babic J, Mehulic K, Ristic M, Popovic S, Furic K
Microstructure of leucite glass-ceramics for dental use
Materials Letters 27 (1996) 195-199
- Mutobe Y, Maruyama T, Kataoka S
In Harmonie mit der Natur (Teil 1). Ästhetische Restauration eines devitalen Zahnes mit IPS Empress Vollkeramik
Quintessenz Zahntech 21 (1995) 1004-1018
- Mutobe Y, Maruyama T, Kataoka S
In Harmonie mit der Natur (Teil 2): Ästhetische Restauration eines devitalen Zahnes mit IPS Empress-Vollkeramik
Quintessenz Zahntech 21 (1995) 1106-1127
- Nagai SI, Ishibashi K, Yamamoto H, Giordano RA, Nathanson D
Light transmission and hiding power of all-ceramic crowns
J Dent Res 76 (1997) 310
- Nasedkin JN
Selecting Anterior Crowns
Dent Today 0 (1995) 66-69
- Neiva GF, Yaman P, Razzogg ME
Load to fracture of three bonded all-ceramic systems
J Dent Res 75 (1996) 284
- Noack MJ
Le devenir clinique des inlays composites et céramiques collés
D'Odonto Stomatologie 4 (1995) 305-316
- Noack MJ
Die Passgenauigkeit von Komposit-, Glaskeramik- und Keramikinlays
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 873-878
- Noack MJ
The radiopacity of tooth-colored inlay materials and luting composites
J Dent Res 72 (1993) 178
- Noack MJ, Van Meerbeek B, Roulet JF, Lambrechts P
Marginal behavior of 10 different tooth-colored inlay systems in vivo
J Dent Res 74 (1995) 165
- Ottl P, Lauer HC
Präparationstechnik für metallkeramische und vollkeramische Restaurationen
Quintessenz 47 (1996) 623-640
- Paul SJ, Schärer P
Plastische Aufbauten in der Kronen und Brückenprothetik
Quintessenz 47 (1996) 1519-1531
- Payant L, Bouclin R, Fournter A, Bourgeau G
Comparative adherence of S mutans to dental porcelain and ceramics
J Dent Res 75 (1996) 64
- Pelka M, Dettenhofer G, Reinelt C, Krämer N, Petschelt A
Validität und Reliabilität klinischer Kriterien für adhäsive Inlaysysteme
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 921-925
- Pelka M, Reinelt C, Krämer N, Fassbender U, Petschelt A
In-vivo-Abrasion bei IPS Empress-Inlays
Dtsch Zahnärztl Z 50 (1995) 917-919
- Periu LS, Gine MG, Sahli CC
Evaluación de la resistencia a la compresión de facetas de cerámica inyectada y feldespática
Archivos de Odonto Estomatologia 12 (1996) 202-208
- Picard B, Jardel V, Tirlet G
Adhésion à la céramique: la fiabilité
D'Odonto Stomatologie 4 (1995) 317-335
- Pieper K, Schulte A, Dippel P, Stoll R, Stachniss V
Clinical and SEM evaluation of the marginal interfaces of ceramic inlays
IADR-CED-96 (1996) 121
- Pissis P
The indirect inlay procedure-accuracy and aesthetics: A review of principles
PP & A 7 (1995) 65-67
- Pissis P

Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique
PP & A 7 (1995) 83-94

Prado J, Soler I, Ellakuria J, Prado C, Minguez N, Gil J
Microhardness of three ceramic core materials
IADR-CED-96 (1996) 110

Pröbster L
Therapie genetisch verfärbter Zähne mit Hilfe adhäsiv befestigter Veneers aus IPS Empress-Keramik - Eine Kasuistik
Quintessenz 47 (1996) 1073-1090

Pröbster L
Compressive Strength of Two Modern All-Ceramic Crowns
Int J Prosthodont 5 (1992) 409-414

Pröbster L
Clinical Experiences with the In-Ceram and IPS Empress Full Ceramic Restorative Systems
Budapest 1 (1992) 1

Pröbster L, Kirchner E
In-vitro strength evaluation of a new glass ceramic restorative system
J Dent Res 73 (1994) 980

Pröbster L, Ulmer HJ, Engel E
Four-year survival rate study of IPS Empress restorations
DGZPW (1996) 59

Przybylska M, Douglas D
Predicting porcelain thickness for dental shade matches
J Dent Res 76 (1997) 55

Qualtrough AJE, Piddock V
Ceramics update
J Dent 25 (1997) 91-95

Ramp MH, Koth DL, Lacefield WR, Suzuki S, Cox CF
Vertical height loss: an investigation of four restorative materials opposing enamel
J Dent Res 76 (1997) 62

Ramp MH, Suzuki S, Cox CF, Lacefield WR, Koth DL
Enamel wear when opposing three ceramics and a gold alloy
J Dent Res 75 (1996) 74

Ratledge DK
The effect of restorative dental materials on the wear of human enamel
New Zealand Dent J 91 (1995) 102

Ratledge DK, Smith BGN
The effect of restorative materials on the wear of human dental enamel
J Dent Res 72 (1993) 707

Ratledge DK, Smith BGN, Wilson RF
The effect of restorative materials on the wear of human enamel
J Prosthet Dent 72 (1994) 194-203

Reinelt C, Krämer N, Pelka M, Petschelt A
In-vivo Performance of IPS EMPRESS Inlays and Onlays after two years
J Dent Res 74 (1995) 552

Reinelt C, Pelka M, Krämer N, Petschelt A
Inlays and Onlays with IPS Empress
J Dent Res 74 (1995) 938

Rheinberger V
Die Entwicklung eines Produktes bis zur Verkaufsfähigkeit
Zahntechnik 47 (1990) 208-213

Rheinberger V
Die Produktentwicklung am Beispiel des neuen Ivoclar IPS Empress-Systems
Dental Echo 6 (1990) 40-47

Richards MW, Kelly JR
Indentation-Strength of Unpressed and Pressed IPS Empress Discs
J Dent Res 73 (1994) 191

Rimmer SE, Mellor AC
Patient's perceptions of esthetics and technical quality in crowns and fixed partial dentures
Quintessenz Int 27 (1996) 155-162

Rinaldi P
Advanced techniques in porcelain veneering: Orthodontic realignment with veneers
Dentistry Today 1 (1996) 52-55

Rouse JS
Use of the heat-pressed leucite reinforced porcelain in "difficult" veneer cases: a clinical report
J Prosthet Dent 76 (1996) 461-463

Schäfer R, Kappert HF
Die chemische Löslichkeit von Dentalkeramiken
Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 625-628

Schäfers F, Järschke J, Meyer G
Passgenauigkeit von Vollkeramiksystemen An den Beispielen IPS Empress und Ducera LFC
ZWR 103 (1994) 686-689

Scheibenbogen A, Manhart J, Kunzelmann KH, Kremers L, Benz C, Hickel R
One year clinical evaluation of composite- and ceramic-inlays in posterior teeth
J Dent Res 76 (1997) 163

Schirra C
Ästhetischer Fortschritt durch Vollkeramikronen
ZM 85 (1995) 68-75

Schmalz G, Federlin M, Geurtsen W

Sind Keramik-Inlays und -Veneers wissenschaftlich anerkannt?

Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 197-208

Schmalz G, Federlin M, Hiller KA, Felden A

Retrospective clinical investigation on ceramic inlays and partial crowns

J Dent Res 75 (1996) 74

Schmeiser R, Hannig M

Die Kombination von Goldguss- und Keramikinlay

Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 909-914

Schmid M, Fischer J, Salk M, Strub J

Mikrogefüge leucit-verstärkter Glaskeramiken

Schweiz Monatsschr Zahnmed 102 (1992) 1046-1053

Schwickerath H

Neue Keramiksysteme unter Dauerbeanspruchung

Quintessenz Zahntech 20 (1994) 1495-1499

Schwickerath H

Neue Dentalkeramiken im Vergleich

ZWR 101 (1992) 286-288

Schwickerath H

Was der Zahntechniker beachten sollte Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz

Dent Labor 40 (1992) 1501-1506

Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF

Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics

J Prosthet Dent 74 (1995) 145-150

Seghi RR, Sorensen JA

Relative Flexural Strength of Six New Ceramic Materials

Int J Prosthodont 8 (1995) 239-246

Sertgoz A, Gemalmaz D, Alkumru H, Yoruc B

Luting composite thickness of two ceramic inlay systems

Eur J Prosthodont Restor Dent 3 (1995) 151-154

Sim CPC, Tjan AHL, Liu P

Effect of cement film thickness on porcelain to enamel bonding

J Dent Res 75 (1996) 21

Simon MHP

Neue Perspektiven zur vollkeramischen Stabilisierung und zum Aufbau devitaler Zähne

Quintessenz 46 (1995) 1085-1101

Sindel J, Graf A, Krämer N, Petschelt A

Repair of PFM and all-ceramic restorations with intraoral silicoating

J Dent Res 76 (1997) 311

Sindel J, Kunzelmann KH

Vergleich der Aetzbarkeit von Leuzit-Glaskeramiken

Dtsch Zahnärztl Z 48 (1993) 478-480

Sjögren G

Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting. An in vitro study

Acta Odontol Scand 53 (1995) 24-28

Sorensen JA, Avera SP, Fanuscu MI

Effect of Veneer Porcelain on All-Ceramic Crown

J Dent Res 71 (1992) 320

Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mito W

IPS Empress Crown System Clinical Trial: 1995 Status.

J Dent Res 75 (1996) 248

Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mito W

Status of clinical trial on IPS Empress crowns

J Dent Res 74 (1995) 159

Sorensen JA, McLaren EA, Mito WT

Effect of glaze and veneer application on core ceramic strength

J Dent Res 76 (1997) 392

Steiner PJ, Kelly JR

Compatibility of ceramic-ceramic systems

J Dent Res 75 (1996) 51

Strub JR

Vollkeramische Systeme

Dtsch Zahnärztl Z 47 (1992) 566-571

Studer S, Lehner C, Prodbek U, Schärer P

Short-Term Results of IPS Empress Inlays and Onlays

J Prosthodont 5 (1996) 277-287

Studer S, Wohlwend A, Schärer P

Ein Behandlungskonzept für Implantatversorgung der Einzelzahnücke unter Berücksichtigung parodontaler Aspekte bei Anwendung eines experimentellen Zinkoxidabutments

Parodontologie 2 (1996) 97-118

Studer S, Lehner C, Schärer P

Glass-Ceramic Inlays and Onlays made by IPS Empress: First Clinical Results

J Dent Res 71 (1992) 658

Sukjaruwan S, Van Noort R

The Tensile Bond Strength of Resin-Bonded Ceramics

J Dent Res 74 (1995) 431

Suzuki S, Suzuki SH, Kramer C

Enamel wear against resin composite and ceramic C&B materials

J Dent Res 76 (1997) 320

Terui T, Nagai SI, Ishibashi K

Colorimetric study of stratiform layer ceramic for IPS Empress

J Dent Res 76 (1997) 71

- Thonemann B, Federlin M, Schmaltz G, Schams A
Clinical evaluation of heat-pressed glass-ceramic inlays in vivo: 2-years results
Clin Oral Invest 1 (1997) 27-34
- Thonemann B, Schmalz G, Brandenstein S, Hiller KA
Randspaltverhalten von Keramikinlays mit Dentinadhäsiven in vitro
Dtsch Zahnärztl Z 49 (1994) 840-844
- Tidehag P, Gunne J
A 2-year clinical follow-up study of IPS Empress ceramic inlays
Int J Prosthodont 8 (1995) 456-460
- Tidehag P, Gunne J
A two-year clinical study of the IPS Empress ceramic system
J Dent Res 73 (1994) 939
- Tinschert J, Dicks Ch, Färber H, Marx R
Bruchwahrscheinlichkeit von verschiedenen Materialien für vollkeramische Restaurationen
Dtsch Zahnärztl Z 51 (1996) 406-409
- Tinschert J, Marx R
Klinische Bewertung von Materialien für die Vollkeramik mit bruchmechanischen Methoden
Stomatologie 97 (1997) 7-12
- Tinschert J, Meier M, Marx R, Spiekermann H
Oberflächeneigenschaften und Belastbarkeit der vollkeramischen Kronensysteme Dicor- und IPS-Empress
Acta Med Dent Helv 1 (1996) 197-201
- Tirlet G, Bouter D, Degrange M
Adherence Energy of Bonded Ceramic Systems
J Dent Res 74 (1995) 934
- Tonami K, Takahashi H, Nishimura F, Habu N, Motomura K
Coefficient of thermal expansion of various dental ceramics
J Dent Res 74 (1995) 490
- Touati B
The evolution of aesthetic restorative materials for inlays and onlays: a review
The Int Aesth Chron 8 (1996) 657-666
- Trushkowsky R
Placing and finishing aesthetic restorations
Dentistry Today 1 (1996) 106-109
- Tu SJ, Campbell SD, Lund PS
Effect of multiple firings on the translucency of dental ceramics
J Dent Res 76 (1997) 63
- Uctasli S, Wilson HJ
Repair strength of heat-pressed ceramics
J Dent Res 72 (1993) 743
- Uctasli S, Wilson HJ, Unterbrink G
Influence of Layer and Stain Firing on the Fracture Strength of Heat-Pressed Ceramics
J Dent Res 72 (1993) 175
- Vocaturro AJ
All-ceramic anterior fixed restorations: A most natural approach
Dentistry Today 5 (1996) 56-61
- Wagner WC, Chu TM
Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics
J Prosthet Dent 76 (1996) 140-144
- Wagner WC, Chu TM, Razzoog ME
Biaxial Flexure Strength of Three New Ceramic Core Materials
J Dent Res 74 (1995) 237
- Weigl P, Hauptmann J, Lauer HC
Vorteile und Wirkungsweise eines biokompatiblen neuen Halteelements: vollkeramische Primärkrone, kombiniert mit metallischer Sekundärkrone
Quintessenz Zahntech 22 (1996) 507-525
- Wirz J, Jäger K
Zementierbare Einlagefüllungen
Quintessenz 47 (1996) 1656-1577
- Wirz J, Jäger K, Schmidli F
Moderne Galvaotechnologie
Schweiz Monatsschr Zahnmed 106 (1996) 643-651
- Wohlwend A, Brodbeck U
Das IPS EMPRESS-Keramikinlay In: Innovationen für die Zahnheilkunde
Spitta Verlag 23 (1992) 1-30
- Wohlwend A, Schärer P
Die IPS Empress-Technik - Ein neues Verfahren zur Herstellung von vollkeramischen Kronen, Inlays und Facetten
Quintessenz Zahntech 16 (1990) 966-978
- Yoshinari M, Derand T
Fracture Strength of All-Ceramic Crowns
Int J Prosthodont 7 (1994) 329-338
- Zaimoglu A, Uctasli S
The Strength of a Heat-Pressed All-Ceramic Restorative Material
J Dent Res 72 (1993) 379
- Zeisler M
IPS Empress-Kronen zur individuellen Kauflächengestaltung bei Modellgussprothesen - ein Fallbericht
Quintessenz Zahntech 22 (1996) 31-39
- Zeng K, Oden A, Rowcliffe D
Flexure tests on dental ceramics
Int J Prosthodont 9 (1996) 434-439
- Ziebert AJ, Dhuru VB, West GH

The fracture toughness of three posterior restorative materials

J Dent Res 76 (1997) 184

Zietz R

Ein Patientenfall: IPS Empress-Veneer regio 21

Dent Labor 44 (1996) 415-419

Zive M, Champion M, Kugel G

Marginal Microleakage around Tooth-colored Inlay Systems

J Dent Res 72 (1993) 307

Zivko-Babic J, Schauperl Z, Mehulic K, Ivanis T, Panduric J, Predanic-Gasparac H

Quantitative analysis of IPS Empress ceramic microstructure

DGZPW (1996) 110

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zum Material entsprechen dem derzeitigen Wissensstand. Dieses Dokument wurde für den internen Gebrauch sowie als Information für externe Partner von Ivoclar erstellt. Das Dokument ist nicht für die freie Verteilung bestimmt.

Inhalt: Magdalena Wey

Layout: Manuela Marxer

Wiss. Dienst, F&E Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
