

Battle of the Bottles?

Die Fügetechnik hat hohen Einfluss auf die Überlebenseaussichten der Vollkeramik. Während konventionell zementierte Restaurationen eine möglichst hohe Festigkeit des keramischen Werkstoffes und eine materialadäquate Präparation erfordern, entscheidet über den Erfolg von adhäsiv befestigtem Zahnersatz nicht nur die Materialwahl, sondern insbesondere die korrekte Verarbeitung des Präparates.

▶ Priv.-Doz. Dr. Roland Frankenberger, Manfred Kern



Priv.-Doz. Dr. med. dent.
Roland Frankenberger,
Oberarzt an der Poliklinik
für Zahnerhaltung und
Parodontologie der Univer-
sität Erlangen-Nürnberg,
Gewinner des Deutschen
Miller-Preises 2001.

Die Nachfrage nach zahnfarbenen Restaurationen auf Basis vollkeramischer Werkstoffe hat der Entwicklung von Adhäsivsystemen in den vergangenen zehn Jahren enormen Auftrieb gegeben. Nach Erhebungen der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V. wurden im vergangenen Jahr in Deutschland ca. 1,8 Millionen vollkeramische Restaurationen eingegliedert, die in Abhängigkeit vom eingesetzten Keramikwerkstoff klinisch spezielle Befestigungstechniken benötigen. Die Gesamtfestigkeit vollkeramischer Restaurationen und die klinischen Überlebenseaussichten hängen nicht allein von den Werkstoffeigenschaften ab. Entscheidend für eine dauerhafte Bewährung ist das zahnärztliche Präparationsdesign, die laborseitige Konstruktion und Dimensionierung der Restauration sowie die Technik der Befestigung am Restzahn. Der Gesamtverbund muss so ausgelegt werden, dass die positiven Eigenschaften der Keramik wie Härte, Biegefestigkeit, Formstabilität und Verschleißfestigkeit vollständig zum Tragen kommen, ohne dass Werkstoffnachteile wie Sprödigkeit oder geringe Zugfestigkeit versagenskritisch werden. Deshalb müssen die Verbindungsflächen wie Schmelz und Dentin keramikgerecht ausgelegt werden. Bei sorgfältiger Indikationsstellung, Präparation und Befestigung bestehen gute Aussichten, dass vollkeramische Restaurationen die Überlebensrate von metallischen Versorgungsmethoden erreichen.

Kleben oder Zementieren – ein Streit?

Die Entscheidung für die Befestigungsmethode orientiert sich an der Zahnschubstanz,

die die Keramikrestauration umgibt. Steht genügend Schmelz, zum Beispiel für ein Veneer zur Verfügung, ist das adhäsive Befestigen unübertroffen. Die Adhäsion verbindet den Restzahn mit der Restauration zu einer stabilen Einheit. Steht wenig oder kein Schmelz zur Verfügung, könnten infolge der Polymerisationsschrumpfung des Befestigungskomposites Randspalten entstehen, die den klinischen Erfolg gefährden. Da Kronen und Brückenpfeiler mit zirkulärer Präparation am Dentin verankert werden, bringen hier Komposit-Klebeverbindungen keinen wissenschaftlich nachgewiesenen Vorteil. Hier kann und darf konventionell, das heißt mit Glasionomerezement bzw. Zinkphosphatzement befestigt werden.

Teilt man die Keramiken nach klinischer Anwendung und Befestigungsmodus ein (Tabelle 1), ergibt sich daraus eine Zweiteilung: Hochfeste Keramiken, und damit zumeist Oxidkeramik als Gerüstwerkstoff, können auf Grund ihrer Eigenfestigkeit konventionell zementiert werden. Keramiken mit geringerer Biegefestigkeit hingegen, aber mit sehr guten optisch-ästhetischen Eigenschaften (Silikatkeramik), müssen adhäsiv befestigt werden (siehe Tabelle 1).

Konventionell zementierbare Kronen werden mechanisch-retentiv durch Erhöhung der Reibung zwischen Restauration und präpariertem Zahn befestigt. Da kein kraft- und spannungsschlüssiger Verbund besteht, hängt die Belastbarkeit von der Eigenfestigkeit der Restauration ab. Diese wird bestimmt von den physikalischen Eigenschaften der Keramik und von der Geometrie der Restauration. Konventionell zementierte Restaurationen erfordern deshalb nach den

kontakt:

Priv.-Doz. Dr.
Roland Frankenberger
Universität Erlangen-Nürnberg

Manfred Kern
Arbeitsgemeinschaft für Keramik in
der Zahnheilkunde e.V.
Postfach 10 01 17
76255 Ettlingen
E-Mail: info@ag-keramik.de
www.ag-keramik.de

Prinzipien der optimalen Widerstands- und Retentionsform eine möglichst hohe Festigkeit des keramischen Werkstoffs und eine materialadäquate Präparation.

Keramik wird überwiegend adhäsiv befestigt

Im Jahr 2003 wurden in Deutschland ca. 1,8 Millionen vollkeramische Restaurationen eingegliedert davon wurden ca. 1,1 Millionen adhäsiv befestigt. Empfindlich gegen Zugspannungen müssen Silikat- bzw. glaskeramische Restaurationen adhäsiv mit dem Restzahn verbunden werden. Adhäsivrestaurationen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie durch einen kraftschlüssigen, reproduzierbaren und dauerhaften Verbund an der Zahnhartsubstanz verankert werden. Dadurch stellt die Restaurations-Innenseite keine mechanische Grenzfläche mehr dar, an der rissauslösende Zugspannungen wirksam werden können. Dies führt zu einer erheblichen Erhöhung der Belastbarkeit. Voraussetzung für den Verbund ist die Säure-Ätztechnik am Zahnschmelz, die Konditionierung

Einteilung nach klinischer Anwendung und Befestigungsmodus

Kronen und ggfs. Brücken Konvent. Befestigung (Zement)	Inlays, Teilkronen, Kronen, Veneers Adhäsive Befestigung
<i>Empress 2 Lithiumdisilikat</i>	<i>Sinterkeramiken</i>
<i>In-Ceram Alumina</i>	<i>Empress 1 und weitere Presskeramiken</i>
<i>In-Ceram Spinell</i>	<i>Celay Feldspatkeramik</i>
<i>In-Ceram Zirconia</i>	<i>Cerec Mark II, ProCad</i>
<i>Cercon Smart</i>	<i>Cerapress</i>
<i>DCS DC-Zirkon</i>	<i>Cergogold</i>
<i>Everest HIP-Zirkonoxid</i>	<i>Finesse</i>
<i>Lava Zirkonoxid</i>	<i>u.v.a.</i>
<i>Procera AllCeram</i>	
<i>VITA YZ Cubes for Cerec</i>	

Tabelle 1

der keramischen Fügefläche (Ätzung mit Flusssäure, Silanisierung) und die Verwendung eines Kunststoffes als Befestigungswerkstoff. Dentinadhäsive sind bei freiliegendem Dentin für den Verschluss der Dentinwunde zwingend notwendig, um postoperative Beschwerden zu verhindern; sie tragen auch zur Stabilität des Fügeverbundes bei.

Der adhäsive Verbund hat sich klinisch bewährt. Allerdings ist die Technik komplex,

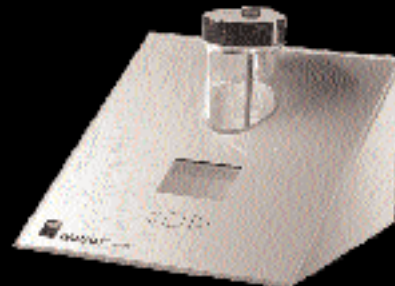
ANZEIGE

Gramm Galvanoforming: Das Original heißt GAMMAT[®]

einfach genial



genial einfach



Galvanoforming mit dem GAMMAT[®] easy

Es sind die kleinen Dinge, hinter der eine große Idee steckt, die das tägliche Leben erleichtern.



Gramm GmbH & Co. KG
Dentale Galvanotechnik
Parkstraße 18
D-75233 Tiefenbrunn-Mühlhausen
Telefon 0 72 34 / 95 19 - 0
www.galvanoforming.de

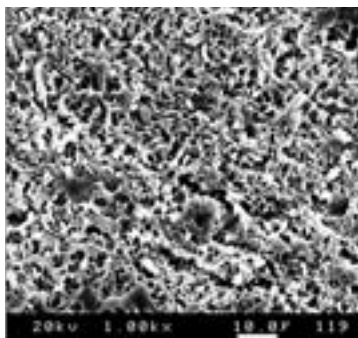


Abb. 1: Unterseite eines IPS Empress Inlays nach Ätzung mit 5%iger Flußsäure.

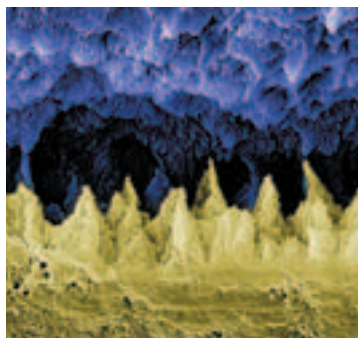


Abb. 2: Relief am Übergang zum Schmelz nach Ätzung mit 32%iger Phosphorsäure. Unten: Bond.

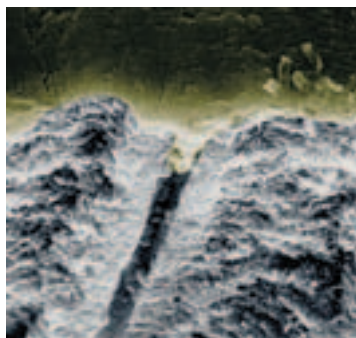


Abb. 3: Dentinoberfläche im Bruchpräparat nach Präparation mit einem Finierdiamanten. Die Schmierschicht (gelb) bedeckt das Dentin und erstreckt sich bis in die angeschnittenen Dentintubuli hinein.

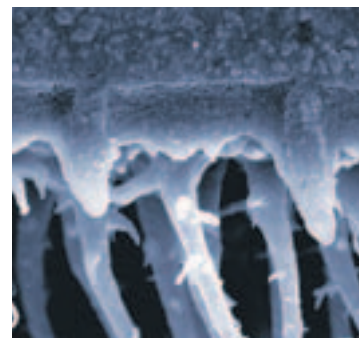


Abb. 4: Hybridschicht und Tags im Rasterelektronenmikroskop. Das Dentin wurde weggeätzt.

zeitaufwändig und fehleranfällig. Stand früher die Optimierung der Dentinhaftung im Mittelpunkt, so gilt heute das entwicklungs-technische Interesse vorrangig der Vereinfachung der Anwendung, der Minimierung der Techniksensitivität und der Verkürzung der Applikationsdauer.

Auf die Haftung kommt es an

Die Haftung an der Zahnhartsubstanz kommt in erster Linie durch die mechanische Retention an Oberflächen zu Stande, die durch Mikroporositäten vergrößert wurden. Dazu wird ein Adhäsiv benötigt, das genügend dünn fließend sein und gute benetzende Eigenschaften besitzen muss, um die Rauigkeit der Zahnoberfläche auszufüllen. Ziel der Vorbehandlung muss deshalb sein, eine möglichst große, retentive und gut benetzbare Haftfläche zu erzielen (wie z.B. an IPS Empress-Keramik, siehe Abb. 1). Die Schwierigkeit des Aufbaus der Haftung liegt in der unterschiedlichen Struktur von Schmelz und Dentin. Mit dem Einsatz von Phosphorsäure kann im relativ gleichförmig aufgebauten Schmelz ein retentives Ätzmuster erzeugt werden (Abb. 2). Der Ätzzvorgang erhöht die Oberflächenenergie des Schmelzes, sodass die mit Säure vorbehandelte und getrocknete Schmelzoberfläche in ihrer Benetzbarkeit stark verbessert wird. Der Grund für die schwieriger aufzubauende Haftung im Dentin liegt an dessen höherem Anteil an organischer Substanz. Ein typisches Merkmal sind die Tubuli, die eine direkte Verbindung zur Pulpa darstellen. Das Dentin ist hydrophil, sodass ein hydrophobes Material wie Komposit keinen innigen Kontakt mit der Dentin-oberfläche eingehen kann. Erst der Einsatz von hydrophilen Primern, welche mit hydrophoben Bonding Agents kombiniert werden,

hat den Durchbruch für eine stabile Haftung am Dentin gebracht.

Ein weiteres Hindernis zur stabilen Haftung liegt in der Schmierschicht (Abb. 3). Wurde sie zunächst noch als Isolator betrachtet, um die Dentintubuli zu schließen und den Mikroorganismen den direkten Zugang zur Pulpa zu erschweren, erwies sie sich für den Aufbau der Haftung als hinderlich, indem sie den Kontakt des Füllungswerkstoffes mit dem Dentin erschwert. Daher hat sich die Auflösung der Schmierschicht als Standard der Bondingsysteme entwickelt. Aus Angst, die Phosphorsäure-Ätzung, die sich am Schmelz bewährt hatte, könnte die Pulpa schädigen, wurde die Schmierschicht zunächst mit weniger aggressiven Methoden aufgelöst, bevor ein hydrophiler Primer und danach ein Adhäsiv appliziert wurde.

In der Folge wurde zur Vereinfachung der Anwendung der Primer mit Zusätzen von organischen Säuren entwickelt, die die Schmierschicht auflösen, während gleichzeitig die Monomere in das demineralisierte Dentin eindringen. Diese Adhäsivsysteme sahen anfangs eine getrennte Ätzung von Schmelz und Dentin vor. Da diese nicht immer zu gewährleisten war, ging man zur Totalätztechnik in Schmelz und Dentin in einem Arbeitsschritt über. Da diese in ihrer klinischen Durchführung auf Grund mangelnder Information für den Zahnarzt oft zu falscher Anwendung führte, waren unnötig oft postoperative Hypersensitivitäten die Folge. Um dieses Problem zu umgehen, wurden in der Folge Primer entwickelt, die sauer eingestellt waren, sodass sie Schmelz und Dentin zusammen konditionierten. Die heute angebotenen Bondingsysteme unterscheiden sich in

ihren Strategien, die Schmierschicht aufzulösen bzw. zu entfernen. Entweder arbeiten sie mit selbstkonditionierenden Monomerlösungen oder mit Phosphorsäure-Ätzung zur Totalätztechnik.

Die Arbeitsschritte zum innigen Kontakt

3-Schritt-Selektive-Ätztechnik: Diese althergebrachte Vorgehensweise ist von klassischen Adhäsiven wie Syntac oder A.R.T. Bond bekannt. Nach der selektiven Ätzung der Schmelzränder mit Phosphorsäure widmete man sich sodann der Vorbehandlung des Dentins. Ein (A.R.T. Bond) oder zwei (Syntac) Primer konditionieren und infiltrieren das Dentin und ein Bonding Agent stellt die Verbindung zu Schmelz und Dentin her. In Zeiten, in denen die Adhäsivtechnik fast ausschließlich zum Befestigen adhäsiver Inlays zum Einsatz kam, war die selektive Ätzung des Schmelzrandes auf Grund der Übersicht in großen Inlaykavitäten noch möglich; im Zuge minimalinvasiver Therapieformen konnte sich diese Technik auf Dauer nicht durchsetzen, da zu oft beim Versuch der selektiven Applikation das Dentin durch einen unkontrollierten Säureschwall benetzt wurde. Alle auf dem Markt befindlichen Systeme dieser Generation sind jedoch auch unter Totalätztechnik anwendbar, ohne Einbußen bei der Effektivität befürchten zu müssen.

3-Schritt-Totalätztechnik: Hier fallen drei Arbeitsschritte an: 1. die simultane Konditionierung von Schmelz und Dentin mit Phosphorsäure, 2. die Applikation eines hydrophilen Primers und 3. die Applikation eines hydrophoben Adhäsivs. Die Säureapplikation auf Dentin bewirkt neben der Entfernung der Schmierschicht eine Demineralisation des Dentins. Im intertubulären und peritubulären Dentin werden die Hydroxylapatitkristalle aus dem Kollagenetzwerk herausgelöst, sodass die Kollagenfasern freigelegt werden. Das Kollagenetzwerk kann dann von einem hydrophilen Monomer durchdrungen werden. Übermäßiges Trocknen gefährdet das Kollagenetzwerk. Wurde die Kavität nach dem Ätzen zu stark getrocknet, kann das zusammengefallene Kollagenetzwerk durch Re-Wetting – also Wiederanfeuchten – wieder aufgerichtet werden. Dieses Re-Wetting ist jedoch nur bei aceton- oder ethanolbasierten Adhäsiven notwendig, da wasserhaltige Systeme genug Wasser enthalten, um das kollabierte Kollagenfaserge-

flecht wieder aufquellen zu lassen. Der anschließend applizierte Primer dient dazu, die Oberflächenenergie des Dentins zu erhöhen und seine Benetzbarkeit für das Adhäsiv (Bond) zu verbessern. Das Adhäsiv ist der eigentliche Haftvermittler, der die Verbindung zwischen Füllungswerkstoff und dem mit Primer vorbehandelten Dentin herstellt. Die Penetration des Adhäsivs in das demineralisierte Dentin führt zur Bildung der Hybrid-schicht; das Einfließen in die eröffneten Tubuli lässt Kunststofftags entstehen (Abb. 4). Dadurch wird das Dentin wirkungsvoll versiegelt.

2-Schritt-Totalätztechnik: Zur Vereinfachung der Anwendung kamen Adhäsiv-Systeme (z.B. Prime&Bond NT/Dentsply, Excite/Ivoclar Vivadent, Gluma Comfort Bond/Heraeus Kulzer) auf den Markt, die mehrere Komponenten zusammenfassen und als „Ein-Flaschen-Systeme“ in Kombination mit der Totalätztechnik auftreten. Die Funktionen des Primers und des Adhäsivs sind hier kombiniert. Das Prinzip des Re-Wetting ist identisch zur 3-Schritt-Totalätztechnik. Der Zeitbedarf ist durch den Wegfall der Zwischenschritte kürzer als bei Dreischritt-Systemen, allerdings ist der Zeitgewinn gering. Ferner werden in der Regel geringere Verbundfestigkeiten erzielt. Langzeitversuche in vitro bestätigen im Dentin-Randverhalten als auch in den Haftwerten ungünstigere Prognosen für die Zweischritt-Systeme. Eine Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass diese hydrophilen Monomergemische auch nach der Polymerisation noch hydrophil sind und somit in feuchter Umgebung potenziell Wasser aufnehmen.

Selbstkonditionierende Bondingsysteme: Neben der Phosphorsäure-Ätzung ist eine gute Dentinhaftung auch mit Dentin-Primern möglich, die 0,8- bis 4%ige Maleinsäure enthalten. Neben dem Auflösen der Schmierschicht und dem Offenlegen des Kollagenfasergeflechts wird simultan ein Monomer infiltriert, sodass die Kollagenfasern im Gegensatz zur Totalätztechnik geschützt bleiben. Diese Selbstkonditionierung älterer Vielschrittssysteme (A.R.T. Bond, Syntac) wurde in jüngster Zeit mit der Einführung selbstätzender Systeme auch auf den Schmelz übertragen. Eine separate Schmelzätzung mit Phosphorsäure ist hier nicht mehr erforderlich. Selbstkonditionierende Primer mit getrenntem Adhäsiv (2-Schritt-Selbstätzende Systeme: z.B. AdheSE/Ivoclar Vivadent, Cle-

Alle Fotos:
Priv.-Doz. Dr. Frankenberger/
AG Keramik

arfil SE Bond, One Coat SE Bond) werden separat auf Schmelz und Dentin aufgetragen und getrocknet. Danach wird das Adhäsiv (Bond) appliziert und lichtgehärtet. Der Vorteil dieser Systeme ist in Analogie zu den 3-Schritt-Totalätzsystemen die Hydrophobie des getrennten Bonding Agents, welche zu dauerhaften Resultaten bei der Dentinhaftung führt.

Hingegen werden so genannte „All in one“-Systeme (selbstkonditionierende Primer-Adhäsive) in einer Lösung appliziert (z.B. Adper Prompt L-Pop/3MESPE, One Up Bond F/Tokoyama, iBond/Heraeus Kulzer). Hydrophile und hydrophobe Monomere sowie Monomer mit Säureester erfüllen die Funktion des Ätzmittels, des Primers und des Adhäsivs. Das Prinzip der Selbstkonditionierung ist deshalb prinzipiell attraktiv, weil auf die Phosphorsäure-Ätzung verzichtet und Zeit gewonnen werden kann. Da auf Grund falscher Anwendung oder zu langer Dentinätzung anekdotische Berichte von Zahnärzten über die Totalätztechnik manchmal bezüglich postoperativer Hypersensitivitäten suboptimal ausfallen, erscheint eine Umgehung der Phosphorsäureätzung des Dentins interessant.

Die Dentinhaftkraft von selbstkonditionierenden Systemen mit separater Applikation von Primer und Adhäsiv liegt zwischen den Drei-Schritt-Systemen und der Zwei-Schritt-Technik. „All in one“ sind weniger wirksam als Totalätzsysteme und selbstkonditionierende Präparate mit Zwei-Schritt-Applikation.

Welche Methode ist die richtige?

Prof. Van Meerbeek (Universität Leuven, Belgien) ging auf dem Keramik-Symposium 2003 auf die Leistungen von 1-Schritt-Systemen im Vergleich zur 3-Schritt-Technik ein. Mit One-Bottles (2-Schritt-Totalätztechnik) werden Verbundhaftwerte zum Dentin von durchschnittlich 39 MPa (Megapascal) erzielt, die 3-Schritt-Systeme erfordern im Dentin Abzugskräfte von 54 MPa. 2-Schritt-selbstätzende Systeme liegen bei durchschnittlich 41 MPa, „All in one“-Adhäsive bei 24 MPa.

Zwischen selbstkonditionierenden Systemen und der Totalätztechnik hinsichtlich der Haftung am Schmelz zeigte Van Meerbeek in einer Übersicht leichte Vorteile der Totalätz-Systeme (2- oder 3-Schritt mit je ca. 40 MPa) gegenüber den selbstätzenden 2-Schritt-Systemen (30 MPa). Mit „All in one“-Systemen wurden überwiegend geringere

Haftwerte gemessen, im Durchschnitt 16 MPa. Selbstkonditionierende Präparate zeigten bei Klasse II-Füllungen einen belastungsstabilen Schmelzrandschluss. Durch die Ansträgung der approximalen Schmelzränder lässt sich die Randspaltbildung reduzieren. Generell gilt jedoch, dass auf unpräpariertem Schmelz die Ätzung mit Phosphorsäure zu bevorzugen ist.

Zur Befestigung von Keramikrestorationen liegen für die 3-Schritt-Totalätztechnik sehr gute klinische Daten vor. Daher sind diese Systeme für Dauerversorgungen klar zu empfehlen. Ein strittiger Punkt ist die Frage, ob das Adhäsiv vor dem Einbringen des Komposits photopolymerisiert werden sollte. In-vitro-Messungen haben gezeigt, dass mit Lichthärtung signifikant höhere Verbundfestigkeiten erzielt werden konnten, aber auch verbreiterte Klebefugen auslösen. Es gibt Praktiker, welche mit ihrem gewohnten Adhäsiv die Inlays trotz Photopolymerisation sehr wohl in die Endposition bringen. Auf Grund der sehr unterschiedlichen Schichtstärken einzelner Adhäsive kann eine generelle Empfehlung zu Gunsten einer separaten Photopolymerisation jedoch an dieser Stelle nicht gegeben werden. Alternativ empfiehlt sich die Anwendung dualhärtender Adhäsive.

Von Fall zu Fall entscheiden

Für jede klinische Situation ist die angemessene Bondingtechnik auszuwählen. So stellen für weniger komplexe direkte Anwendungen (Füllungsvolumen, mechanische Belastbarkeit, Retentionsbedarf, Anforderungen an die Ästhetik) simplifizierte Bondingsysteme einschließlich der „All in one“-Adhäsive eine vereinfachte und unter Umständen zeitsparende Alternative dar. Für komplexe Versorgungen (Keramikinlays, vor allem bei fehlender approximaler Schmelzbegrenzung) sollte auf die klinisch bewährte Mehrschritt-Applikation zurückgegriffen werden. Für den dauerhaften Erfolg einer adhäsiv befestigten Restauration ist nicht allein die Materialauswahl, sondern in hohem Maße die korrekte Verarbeitung der Präparate entscheidend.

Kleben oder zementieren – ein Streit? Die Praxis hat längst bewiesen, dass der Zahnarzt aus dieser Frage längst Nutzen gezogen hat. Die meisten Keramikrestorationen wurden im vergangenen Jahr adhäsiv eingegliedert; 700.000 vollkeramische Restaurationen wurden konventionell befestigt. Dies zeigt auch, dass Zahnärzte zu differenzieren verstehen. ◀