

8. Zusammenfassung

In der restaurativen Zahnheilkunde stellt die Biokompatibilität ein Hauptkriterium für den Einsatz dentaler Materialien am Patienten dar. Deswegen erscheint es umso erstaunlicher, dass im Bereich der Kinderzahnheilkunde vorwiegend darüber hinweggesehen wird.

Stattdessen werden hier zur Korrektur von Zahnfehlstellungen Apparaturen aus nickel – und chromhaltigen Eisenlegierungen (NEM) eingesetzt, z. B. in Form von Drähten sowie industriell vorgefertigten Kinderkronen, deren Verknüpfung vor allem mit Silber – und Goldloten (EM) erfolgt. Dadurch kommt es ganz zwangsläufig zu einer Kontaktkorrosion zwischen beiden Legierungen, bei der die unedlen Elemente, z.B. Chrom und Nickel, herausgelöst werden. Dies geschieht, obwohl bekannt ist, dass sich solch schadhafte Lötflächen durch die Lasertechnik vermeiden ließen, bei welcher man gleichartige Legierungen miteinander verbinden kann.

Ziel dieser Arbeit ist es mit Hilfe des Mini – Cell – Systems (MCS), einer 3 – Elektroden – Messzelle, Parameter zum Charakterisieren und Vergleichen des Korrosionsverhaltens von verschiedenen kieferorthopädischen Legierungen zu erstellen und anschließend miteinander zu vergleichen. Dafür sind aus Kinderkronen und Drähten, beides Edelstahllegierungen, Platzhalter gefertigt worden, wobei die Verbundherstellung mit Hilfe eines Nd – YAG – Laserschweißgerätes ohne Zulegematerial bzw. mit drei verschiedenen silberhaltigen Loten erfolgte. Um den möglichen Einfluss der heutigen Ernährungsgewohnheiten von Kindern auf die Korrosion zu berücksichtigen, wurden neben der 1%iger NaCl – Lösung auch Coca Cola Light und Eistee als Elektrolyt verwendet. In einer weiteren Testreihe wurden einige Probenkörper für 487 Tage in 1%iger NaCl – Lösung bzw. Coca Cola light liegend in einem Wärmeschrank bei 37°C aufbewahrt und zur Dokumentation regelmäßig fotografiert. Zusätzlich zu den von sich aus stattfindenden korrosiven Prozessen sollte erfasst werden, welchen Einfluss die Zerstörung der Oxidationsschicht durch Kauen und Knirschen, im Labor nachgestellt durch tägliches Putzen, auf die Korrosionsstabilität hat.

Die elektrochemischen Untersuchungen, dargestellt in Strom (I) – Spannungs (E) – Kurven, zeigen, dass die Korrosionsanfälligkeit von der Art des Elektrolyten abhängig ist. Dabei erweist sich die 1%ige NaCl – Lösung erwartungsgemäß als am aggressivsten, gefolgt von Coca Cola light. Deutlich sichtbar ist in allen elektrolytischen Lösungen die wesentlich höhere korrosive

Aktivität der Lotverbindungen im Vergleich zu denen von Krone, Draht und gelasertes Fügestelle. Dies gilt sowohl für den Anlieferungszustand als auch für den Materialienzustand nach Verarbeitung. Vergleicht man nun die einzelnen Legierungen mit ihren entsprechenden fabrikneuen Produkten, sind bei allen Kronen und Drähten die Korrosionsraten nach der Herstellung der Prüfkörper reduziert. Grund für die Verbesserung der elektrochemischen Stabilität ist vermutlich die Wärmebehandlung während des Löt – bzw. Schweißvorganges. Im Detail betrachtet, zeigt sich dabei, dass die Edelstahllegierungen der gelaserten Proben im Vergleich zu denen der gelöteten und dem Anlieferungszustand anfangs sogar noch korrosionsstabiler sind. Erst unter der Dauerbelastung der zyklischen Messungen gehen diese Unterschiede verloren. Bei den gelöteten Proben vor und nach Bearbeitung lässt sich dagegen unter diesem Gesichtspunkt keine Tendenz ableiten.

Letztendlich wird das sich ergebende hoch differenzierte Bild von den Oberflächenstrukturen der Prüfkörper jedoch nur durch das Mini – Cell – System und dessen besonders kleiner Messfläche (nur $0,008\text{cm}^2$) ermöglicht, da damit Strom – Spannungsschwankungen auf kleinstem Raum sichtbar gemacht werden können.

In der zweiten Testreihe zeigen die Proben, die in 1%iger NaCl – Lösung gelagert wurden, sowie die, die in Coca Cola light gelagert und deren Deckschicht täglich entfernt wurde, erwartungsgemäß die stärkste Korrosion.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass der Einsatz von silberhaltigen Loten als nicht mehr zeitgemäß einzuschätzen ist. Stattdessen wird empfohlen bei der Herstellung von kieferorthopädischen Geräten die Nd – YAG Laser Technik zur Verbindung gleichartiger Legierungen einzusetzen. Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass nur noch biokompatible Materialien zum Einsatz kommen, denn auch wenn bei der Korrosion von Metallen im Mund keine toxischen Mengen freigesetzt werden, sind die Langzeitfolgen für den kindlichen Körper, z.B. Allergien, nicht absehbar.

Summary

In restorative dentistry the main criteria for operating with dental materials is their biocompatibility. Therefore it appears astonishing that in the field of paediatric dentistry this is mostly ignored. Instead, orthodontic appliances made of steel alloys containing nickel and chromium (NEM), for example in the form of wires and industrially manufactured crowns for children's teeth. Additional crowns and wires are soldered with silver and gold containing solder.

Inevitably there will be contact corrosion between the two alloys, with the less precious elements like chromium and nickel becoming dissolved. Even though it is well known that using laser technology can avoid faulty solder areas, because alloys of the same kind are connected. The aim of this work is, with the aid of a Mini-Cell-System (MCS), to characterize the corrosive behaviour of junctions between steel crown and steel wire prepared by different ways, soldered and welded. For this purpose different types of placeholders have been produced, using a Nd-YAG welding laser or three different silver containing solders. To consider the possible influence of present – day eating habits of children on the corrosive process, a 1%itive NaCl-Solution, diet Coke and Ice tea were used as electrolyte. In a second test series some samples were stored in a cupboard for 487 days at 37°C, standing in a 1%itive NaCl-Solution or diet Coke periodically photographed for documentation. In addition to the natural corrosive process it should be seized the influence on corrosive stability, by destroying the oxidation layer through chewing and grinding one's teeth, adjusted in the laboratory through daily brushing of the samples.

Electrochemical analysis, represented by Current (I)-Voltage (E)-Curves, has shown, that the corrosive susceptibility depends on the kind of electrolyte being used. As was to be expected, the 1%itive NaCl-Solution was the most aggressive electrolyte, followed by diet Coke. It is clear to see that in all electrolytic solutions the corrosive activity of solder connections is significant higher in comparison to crown, wire and laser welded junction. This applies to the delivering condition as it does to the material condition after manufacturing. If we compare the single alloys with their brand new products, we can see that the corrosion rate of all crowns and wires is reduced after manufacturing, soldering or welding, the samples. One reason for the improvement of electrochemical stability is probably the heat treatment during soldering or welding. A closer look shows that the laser treated samples of the stainless steel alloys are more corrosion stable in the beginning than the soldered and the brand new crowns and wires. Only under the continuous load of the cyclic measuring do these differences get lost.

After all the resulting highly detailed pictures of the samples' surface structure are only possible because of the very small measuring area (only 0.008 cm²) of the Mini-Cell-System, which makes the current-voltage variation visible on a very small space.

In the second test series the samples were stored in 1%itive NaCl-Solution, and the samples which oxidation layer has been removed daily showed as expected the highest corrosion.

To sum up, it can be said that the use of silver solder is no longer state of the art. Instead, it is recommended that the Nd-YAG laser technique should be used for connecting similar alloys to manufacture orthodontic appliances. It is also recommended that only biocompatible materials, which meet all the requirements during the manufacturing process should be used. Although these metal's do not release toxic quantities during the corrosive process in the patient's mouth, the long-term consequences for a child's body, for example allergic reactions, are impossible to predict.