

4 ERGEBNISSE

4.1 Statistische Verfahren

Die Ergebnisse der einzelnen Serien wurden innerhalb ihrer Reihe folgendermaßen statistisch ausgewertet:

Mittelwert, Medianwert, Maximum, Minimum, Standardabweichung und der Variationskoeffizient wurden errechnet [87].

Der Mittelwert lässt sich aus der Summe der Verbundfestigkeiten (x) geteilt durch die Summe der Beobachtungen (n) ermitteln.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n) = \frac{\sum x}{n}$$

Der Medianwert entspricht der mittleren Zahl einer der Größe nach geordneten Zahlenreihe. Er ist daher relativ stabil gegen Ausreißer und Verteilungsschwankungen (im Gegensatz zum Mittelwert).

Die Standardabweichung wird als Maß für die Abweichung von Einzelmesswerten einer Messreihe von ihrem arithmetischen Mittelwert definiert [74]. Die Angabe ist sinnvoll, wenn eine Normalverteilung vorliegt.

$$s = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dann kann davon ausgegangen werden, dass 68 % der Werte im Bereich Mittelwert \pm Standardabweichung angesiedelt sind.

Der Variationskoeffizient kann als Vergleichswert für die Streuung verschiedener Serien (mit dementsprechend unterschiedlichen Mittelwerten) gebildet werden.

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

Bei der Bestimmung der Plättchendicke tritt ein systematischer Fehler auf, wobei es Sinn macht, ihn für die Auswertung zu erfassen um ihn einschätzen zu können, da dieser Wert mit der dritten Potenz in das Ergebnis mit einfließt und somit Bedeutung erlangt. Beispielhaft wurde vor Versuchsbeginn aus diesem Grund die Plättchendicke aus der Versuchsserie mit Wiron NT von einem Plättchen neunmal bestimmt (s. Anhang Tab. 8.43). Bei den Messungen liegen die Ergebnisse mehr oder weniger eng um das arithmetische Mittel. Um die Güte der Messung beurteilen zu können, wurde der Standardfehler bestimmt [86].

$$S_F = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Bei dem Vergleich zwischen den Ergebnissen der Testreihen wird davon ausgegangen, dass die ermittelten Werte signifikant für die entsprechenden Verbundkombinationen und Lagerungsbedingungen sind. Man geht also von einer Arbeitshypothese aus, welche besagt, dass die zu vergleichenden Werte keiner gemeinsamen Grundgesamtheit angehören.

Die Nullhypothese würde besagen, dass die Ergebnisse zufällig unterschiedlich sind und die Messwerte genauso gut aus einer gemeinsamen Grundgesamtheit stammen können. Die Entscheidung darüber, ob das Ergebnis statistisch signifikant ist, wird mit einem statistischem Test durchgeführt.

Da man grundsätzlich nie von einer Normalverteilung im Sinne der Gauß'schen Verteilungskurve ausgehen kann, wurde von vorneherein ein nichtparametrischer Test, der U-Test von Wilcoxon-Mann-Whitney, gewählt. Dabei wird mit einer Prüfgröße gearbeitet. Die Festlegung des P-Wertes auf = 0,05 ist eine allgemeine Konvention (kann aber variabel gestaltet werden) und geht auf eine Arbeit aus dem Jahre 1925 von FISHER aus Cambridge zurück [5]. Damit wird festgelegt, dass die Nullhypothese auf dem 5 % Signifikanzniveau abgelehnt wird, d.h. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5 \%$, wird in 100 Fällen mit gleichem Mittelwert, fünfmal irrtümlich das Urteil „echter“ Unterschied gefällt. Liegt der P-Wert = 0,05 werden die Vergleichsergebnisse als formal statistisch signifikant angesehen und die Nullhypothese verworfen [32,86,87].

4.2. Ergebnisse der hochgoldhaltigen Legierungen

4.2.1 Ergebnisse der Verbundkombination Ponto Lloyd G / Vita Omega 900

Ponto Lloyd G / Vita Omega 900	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	38,6	37,5	45,5	32,8	11,4
1 W. Korrosionslösung	22,3	23,2	26,4	16,8	15,4
4 W. Korrosionslösung	41,0	40,7	46,9	36,0	9,4
6 M. Korrosionslösung	35,6	36,3	41,3	26,4	14,2
5000 Zyklen TWL	39,3	39,3	42,1	36,4	7,0
10000 Zyklen TWL	34,0	34,3	37,7	28,8	10,3

Tab. 4.1: Verbundfestigkeiten von Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Die Verbundfestigkeiten liegen bei trockener Lagerung zwischen 32,8 MPa und 45,5 MPa. Der Mittelwert beträgt 38,6 MPa, der Variationskoeffizient 11,4 % und der Medianwert 37,5 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 16,8 MPa und 26,4 MPa. Der Mittelwert beträgt 22,3 MPa, der Variationskoeffizient 15,4 % und der Medianwert 23,2 MPa. Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 36,0 MPa und 46,9 MPa. Der Mittelwert liegt bei 41,0 MPa, der Variationskoeffizient bei 9,4 % und der Medianwert bei 40,7 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung sind die Verbundfestigkeiten zwischen 26,4 MPa und 41,3 MPa zu finden. Der Mittelwert liegt bei 35,6 MPa, der Variationskoeffizient bei 14,2 % und der Medianwert bei 36,3 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) sind die Verbundfestigkeitswerte zwischen 36,4 MPa und 42,1 MPa zu finden. Der Mittelwert liegt bei 39,3 MPa, der Variationskoeffizient bei 7,0 % und der Medianwert bei 39,3 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) sind die Verbundfestigkeitswerte zwischen 28,8 MPa und 37,7 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 34,0 MPa, der Variationskoeffizient 10,3 % und der Medianwert 34,3 MPa (siehe Tab. 4.1).

Nach einwöchiger Einlagerung in Korrosionslösung fällt die Scherverbundfestigkeit im Vergleich zur Trockenlagerung um 42 % ab. Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung beträgt der Verlust nur 7,8 %. Das Thermocykling (10000 Zyklen) bewirkt eine Erniedrigung der Scherverbundfestigkeit um 12 %.

Die Mittelwerte sind zur Veranschaulichung mit den Standardabweichungen in der Abb. 4.1 dargestellt. Die Einzelmesswerte sind im Anhang Tab. 8.1 – 8.6 zu finden.

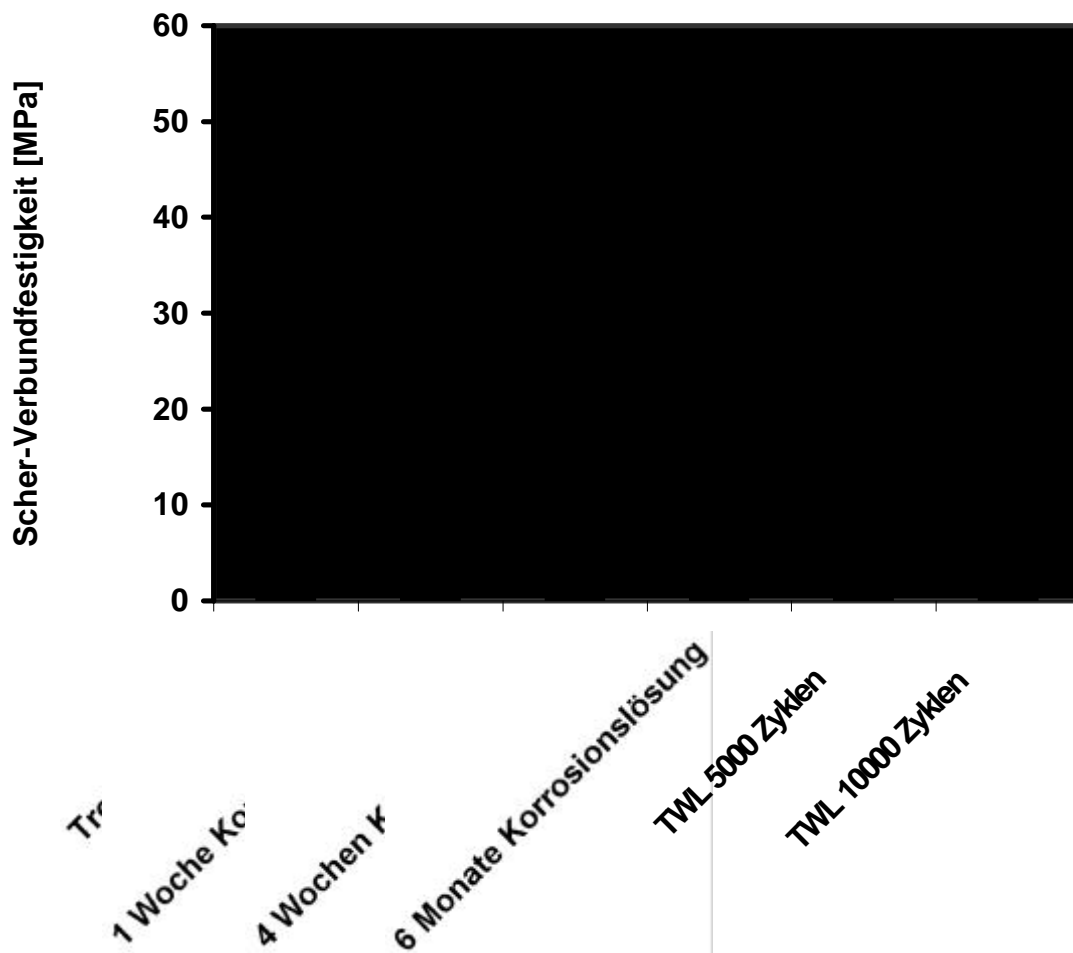


Abb. 4.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Ponto Lloyd G / Vita Omega 900)

4.2.2 Ergebnisse der Verbundkombination Bio Ponto Star / Vita Omega 900

Bio Ponto Star / Vita Omega 900	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	39,0	38,8	43,6	35,7	8,1
1 W. Korrosionslösung	27,6	26,2	35,6	24,9	14,6
4 W. Korrosionslösung	32,4	31,9	42,2	25,3	21,2
6 M. Korrosionslösung	21,8	21,3	34,5	11,4	48,6
5000 Zyklen TWL	39,4	39,5	46,4	31,0	13,7
10000 Zyklen TWL	31,6	31,9	35,0	28,1	8,7

Tab. 4.2: Verbundfestigkeiten von Bio Ponto Star / Vita Omega 900 in
Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Bei trockener Lagerung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 35,7 MPa und 43,6 MPa. Der Mittelwert beträgt 39,0 MPa, der Variationskoeffizient 8,1 % und der Medianwert 38,8 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 24,9 MPa und 35,6 MPa. Der Mittelwert beträgt 27,6 MPa, der Variationskoeffizient 14,6 % und der Medianwert 26,2 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 25,3 MPa und 42,2 MPa. Der Mittelwert beträgt 32,4 MPa, der Variationskoeffizient 21,2 % und der Medianwert 31,9 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung findet man Verbundfestigkeiten zwischen 11,4 MPa und 34,5 MPa. Der Mittelwert beträgt 21,8 MPa, der Variationskoeffizient 48,6 % und der Medianwert liegt bei 21,3 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 31,0 MPa und 46,4 MPa.

Der Mittelwert beträgt 39,4 MPa, der Variationskoeffizient 13,7 % und der Medianwert 39,5 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 28,1 MPa und 35,0 MPa. Der Mittelwert beträgt 31,6 MPa, der Variationskoeffizient 8,7 % und der Medianwert 31,9 MPa (siehe Tab. 4.2).

Der Abfall der Scherverbundfestigkeit beträgt nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung – im Vergleich zur Trockenlagerung – 29 %, nach vierwöchiger Lagerung 17 % und nach sechsmonatiger Lagerung 44 %. Das Thermocykling (10000 Zyklen) bewirkt einen Abfall um 19 %.

Zur Veranschaulichung sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen in Abb. 4.2 dargestellt. Die Einzelmessungen sind im Anhang unter Tab. 8.7 – 8.12 zu finden.

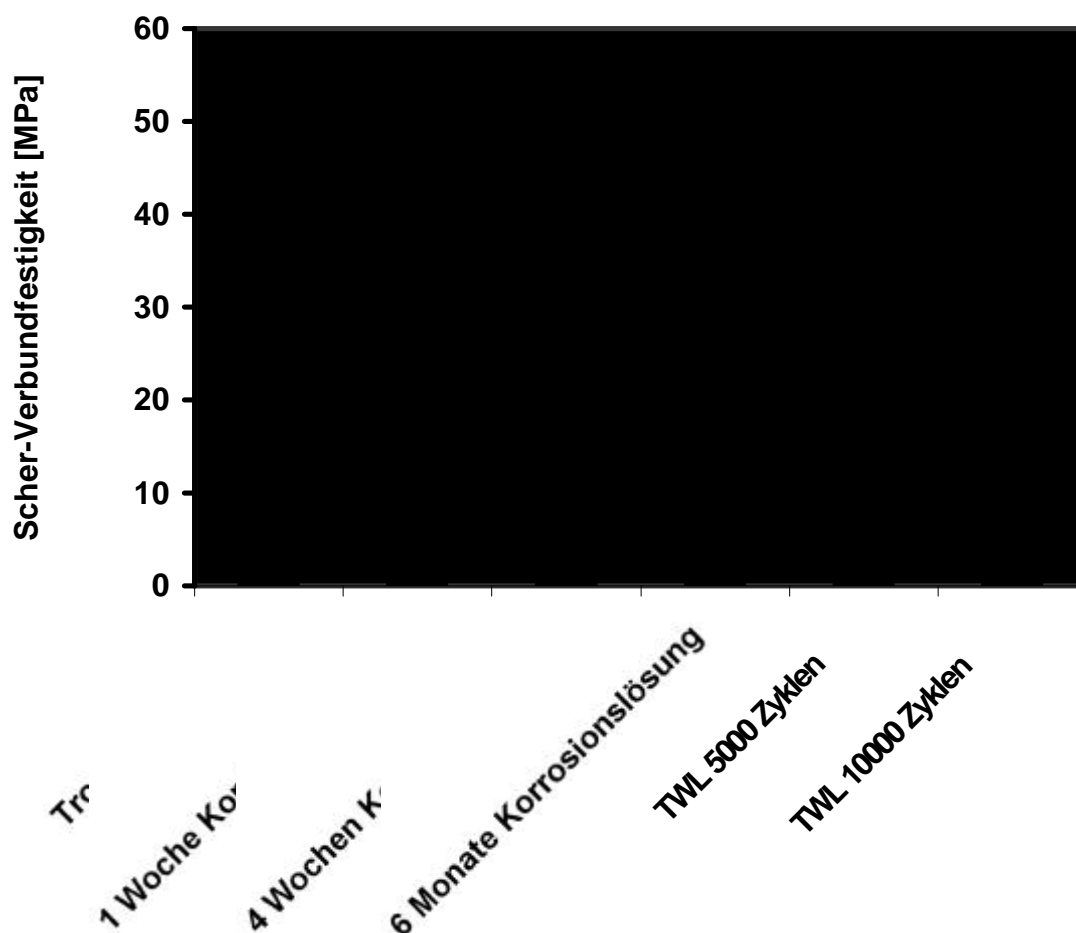


Abb. 4.2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Bio Ponto Star / Vita Omega 900)

4.2.3 Ergebnisse der Verbundkombination Bio Platin Lloyd / Duceragold

Bio Platin Lloyd / Duceragold	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	43,5	44,1	48,6	38,2	8,4
1 W. Korrosionslösung	34,5	35,0	37,5	29,1	8,7
4 W. Korrosionslösung	36,1	36,0	41,3	28,9	12,5
6 M. Korrosionslösung	24,3	24,1	26,9	21,6	8,1
5000 Zyklen TWL	46,1	45,6	52,6	41,8	7,7
10000 Zyklen TWL	44,9	44,9	52,2	38,2	10,5

Tab. 4.3: Verbundfestigkeiten von Bio Platin Lloyd / Duceragold in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Die Verbundfestigkeitswerte bei trockener Lagerung liegen zwischen 38,2 MPa und 48,6 MPa. Der Mittelwert beträgt 43,5 MPa, der Variationskoeffizient 8,4 % und der Medianwert 44,1 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 29,1 MPa und 37,5 MPa. Der Mittelwert beträgt 34,5 MPa, der Variationskoeffizient 8,7 % und der Medianwert 35,0 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung betragen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 28,9 MPa und 41,3 MPa. Der Mittelwert beträgt 36,1 MPa, der Variationskoeffizient 12,5 % und der Medianwert 36,1 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 21,6 MPa und 26,9 MPa. Der Mittelwert beträgt 24,3 MPa, der Variationskoeffizient 8,1 % und der Medianwert 24,1 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 41,8 MPa und 52,6 MPa. Der Mittelwert beträgt 46,1 MPa, der Variationskoeffizient 7,7 % und der Medianwert 45,6 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 38,2 MPa und 52,2 MPa. Der Mittelwert beträgt 44,9 MPa, der Variationskoeffizient 10,5 % und der Medianwert 44,9 MPa (siehe Tab. 4.3).

Die Lagerung in Korrosionslösung (ein- und vierwöchig) bewirkt einen Verlust der Scherverbundfestigkeit um etwa 19 % im Vergleich zur Trockenlagerung. Nach sechs Monaten beträgt der Verlust 44 %. Beim Thermocykling zeigt sich kein Unterschied. Zur Veranschaulichung werden die Mittelwerte und Standardabweichungen in Abb. 4.3 dargestellt. Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind im Anhang unter Tab. 8.13 – 8.18 zu finden.

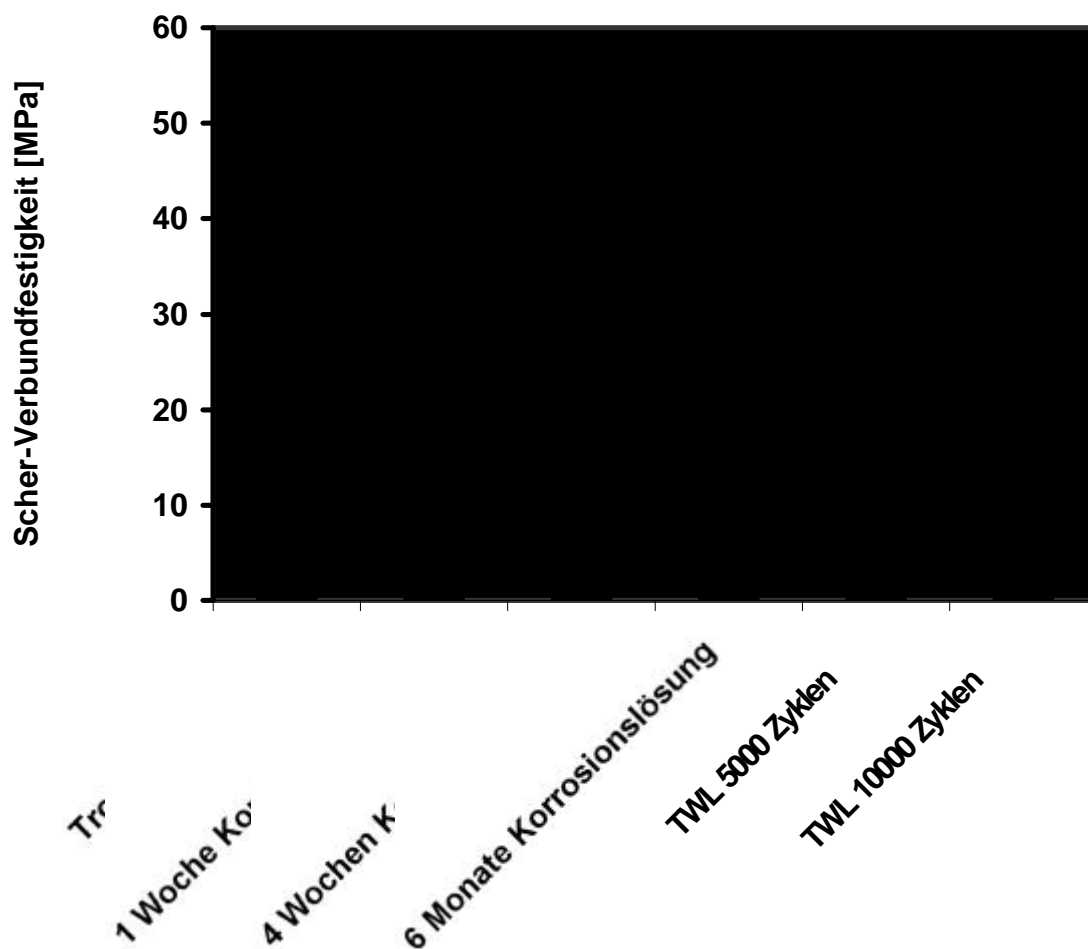


Abb. 4.3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Bio Platin Lloyd / Duceragold)

4.2.4 Ergebnisse der Verbundkombination Platin Lloyd KF / Duceragold

Platin Lloyd KF / Duceragold	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	41,5	40,3	49,4	40,3	13,5
1 W. Korrosionslösung	32,7	32,9	35,7	32,9	8,8
4 W. Korrosionslösung	24,5	24,9	25,7	24,9	6,3
6 M. Korrosionslösung	23,0	23,4	25,9	23,4	11,2
5000 Zyklen TWL	49,8	51,4	54,4	51,4	9,8
10000 Zyklen TWL	43,3	41,9	49,4	41,9	9,9

Tab. 4.4: Verbundfestigkeiten von Platin Lloyd KF / Duceragold in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Die Verbundfestigkeiten bei trockener Lagerung liegen zwischen 34,8 MPa und 49,4 MPa. Der Mittelwert beträgt 41,5 MPa, der Variationskoeffizient 13,5 % und der Medianwert 40,3 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Werte der Verbundfestigkeiten zwischen 29,5 MPa und 35,7 MPa. Der Mittelwert beträgt 32,7 MPa, der Variationskoeffizient 8,8 % und der Medianwert 32,9 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 21,6 MPa und 25,7 MPa. Der Mittelwert beträgt 24,5 MPa, der Variationskoeffizient 6,3 % und der Medianwert 24,9 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung sind die Verbundfestigkeitswerte zwischen 19,2 MPa und 25,9 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 23,0 MPa, der Variationskoeffizient 11,2 % und der Medianwert 23,4 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 40,8 MPa und 54,4 MPa. Der Mittelwert beträgt 49,8 MPa, der Variationskoeffizient 9,8 % und der Medianwert 51,4 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) sind die Verbundfestigkeiten zwischen 39,3 MPa und 49,4 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 43,3 MPa, der Variationskoeffizient 9,9 % und der Medianwert 41,9 MPa (siehe Tab. 4.4).

Im Vergleich zur Trockenlagerung fällt die Scherverbundfestigkeit nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung um 21 %, nach vierwöchiger um 41 % und nach sechsmonatiger Lagerung um 45 % ab. Nach dem Thermocykling zeigen sich keine Unterschiede.

Zur Veranschaulichung sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen in Abb. 4.4 dargestellt. Die Einzelmessungen sind im Anhang unter der Tab. 8.19 – 8.24 nachzulesen.

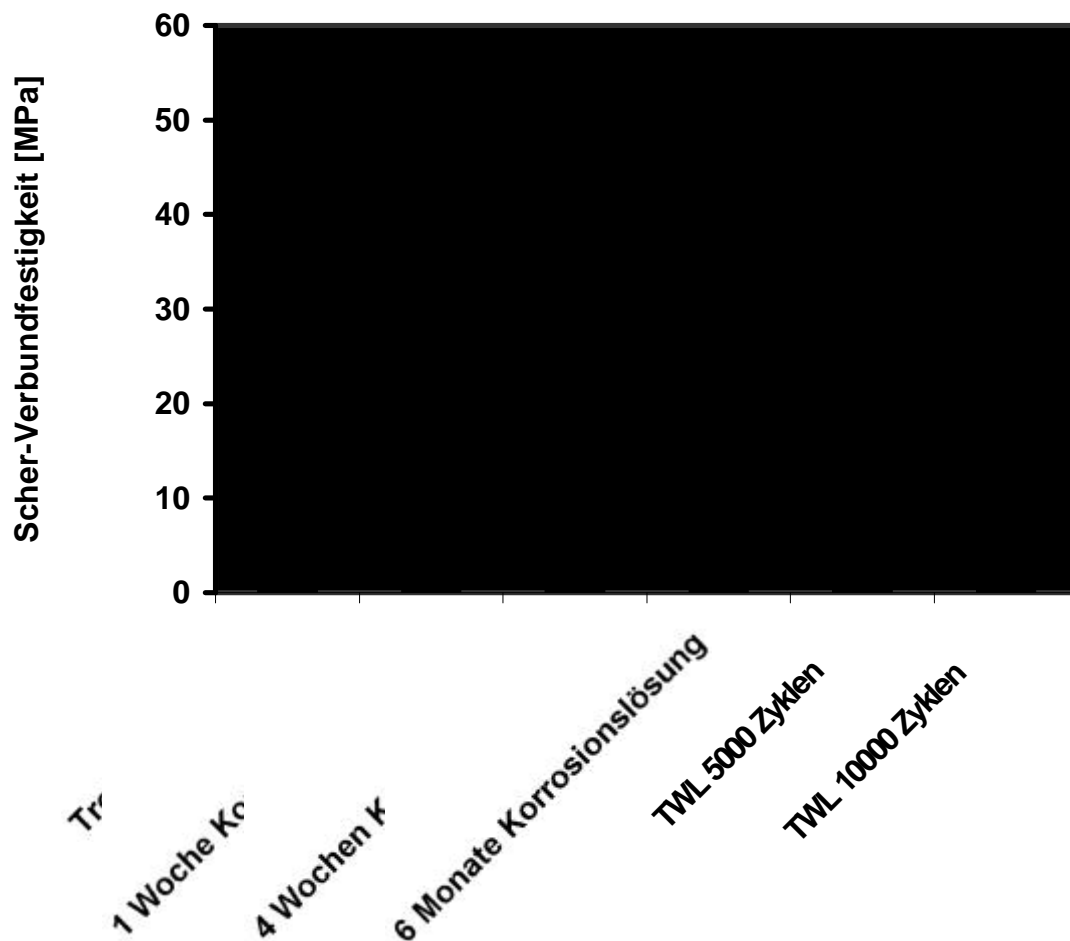


Abb. 4.4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Platin Lloyd KF / Duceragold)

4.2.5 Vergleich der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen anhand der Lagerbedingungen

Trockenlagerung bei 35 °C

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	n.sign.		
Platin Lloyd KF	n. sign.	n.sign.	
Bio Platin Lloyd	n. sign.	n.sign.	n.sign

Tab. 4.5: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Nach der Trockenlagerung der Probenkörper traten innerhalb der Gruppe der hochgoldhaltigen Legierungen keine signifikanten Unterschiede in den Verbundfestigkeiten (siehe Tab. 4.5) auf.

Der höchste Mittelwert ist bei der Verbundkombination Bio Platin Lloyd / Duceragold mit 43,5 MPa ermittelt worden, der niedrigste lag mit 38,6 MPa in der Verbundkombination Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 (siehe Abb. 4.5).

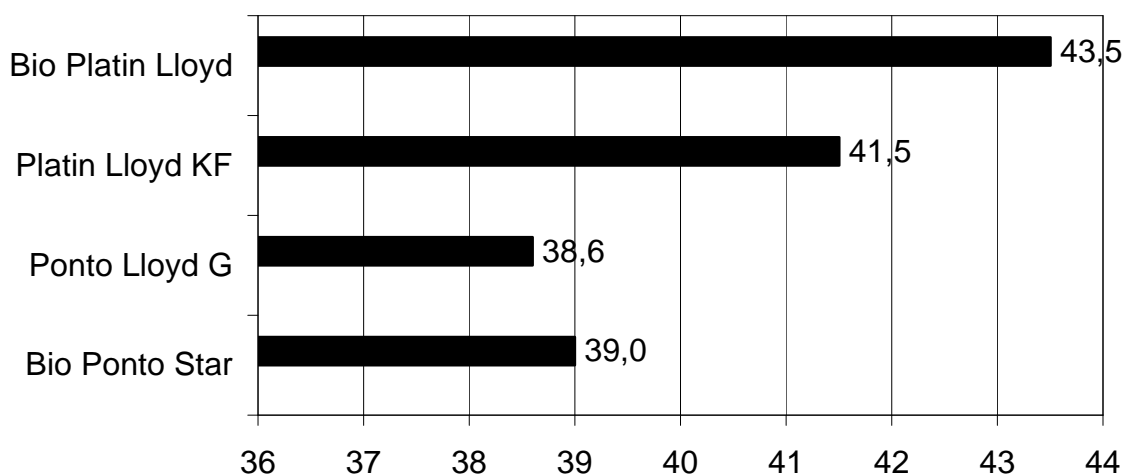


Abb. 4.5: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach Trockenlagerung

Eine Woche Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	sign.		
Platin Lloyd KF	sign.	sign.	
Bio Platin Lloyd	sign.	sign.	n.sign

Tab. 4.6: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Die Unterschiede nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung sind außer im Vergleich von Platin Lloyd KF / Duceragold und Bio Platin Lloyd / Duceragold signifikant (siehe Tab. 4.6).

Dabei erreicht die Verbundkombination Bio Platin Lloyd / Duceragold mit 34,5 MPa den höchsten, und die Verbundkombination Bio Ponto Star / Vita Omega 900 mit 27,6 MPa den niedrigsten Wert (siehe Abb. 4.6).

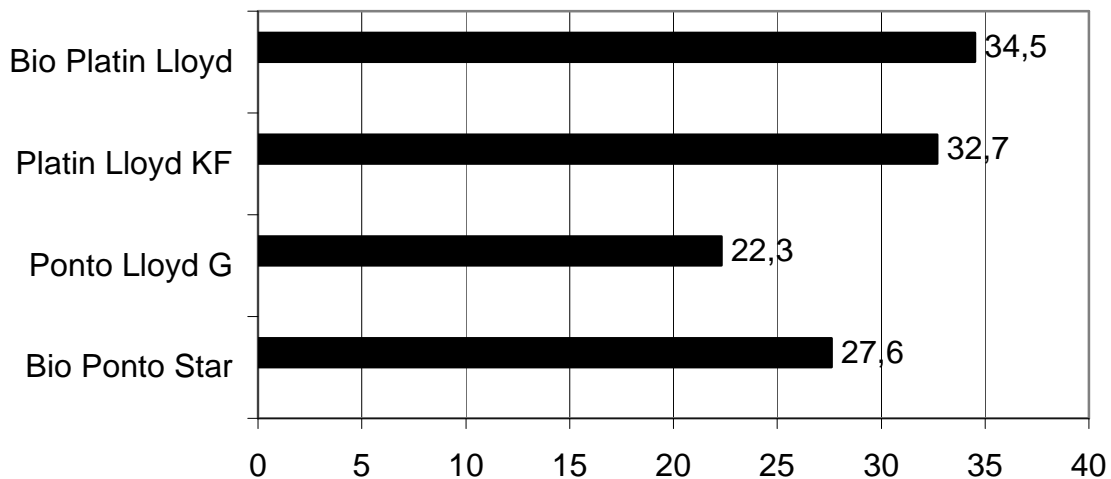


Abb. 4.6: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Vier Wochen Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	sign.		
Platin Lloyd KF	sign.	sign.	
Bio Platin Lloyd	n.sign.	n.sign.	sign.

Tab. 4.7: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Nach vierwöchiger Lagerung der Proben in Korrosionslösung sind signifikante Unterschiede bei den Verbundfestigkeitswerten zwischen den Verbundkombinationen Bio Ponto Star / Vita Omega 900, Platin Lloyd KF / Duceragold und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 festzustellen. Der Wert von Bio Platin Lloyd / Duceragold unterscheidet sich nicht signifikant von den Werten Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, sondern ausschließlich vom Wert Platin Lloyd KF / Duceragold (siehe Tab. 4.7). Der höchste Wert wurde bei Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 mit 41,0 MPa, der niedrigste mit 24,5 MPa bei Platin Lloyd KF ermittelt (siehe Abb. 4.7).

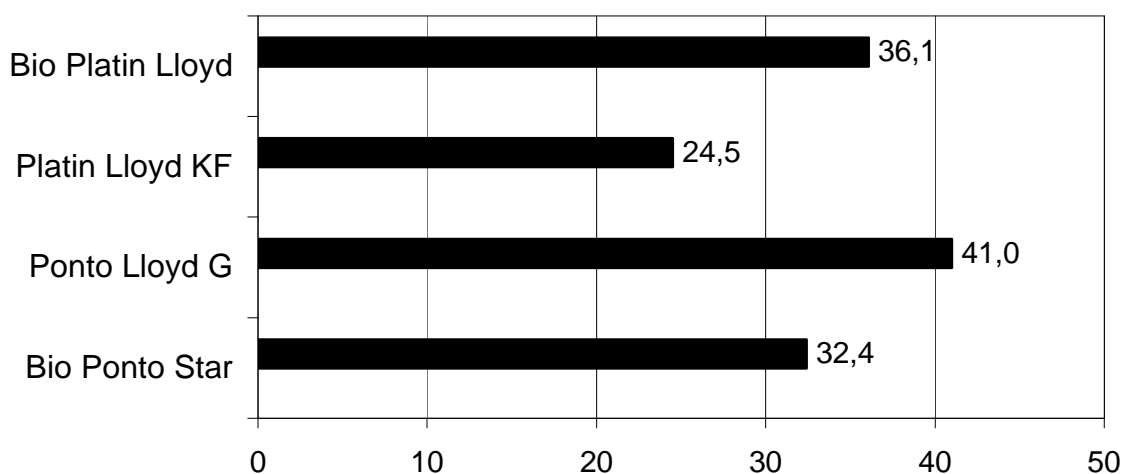


Abb. 4.7: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Sechs Monate Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	sign.		
Platin Lloyd KF	n.sign.	sign.	
Bio Platin Lloyd	n.sign.	sign.	n.sign

Tab. 4.8: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Die Werte von Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, Bio Ponto Star / Vita Omega 900 unterscheiden sich signifikant voneinander. Auch die Werte von Platin Lloyd KF / Duceragold, Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 und Bio Platin Lloyd / Duceragold, Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 weisen signifikante Unterschiede auf (siehe Tab. 4.8). Der höchste Wert nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung wurde bei der Verbundkombination Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 mit 35,6 MPa, der niedrigste mit 21,8 MPa bei Bio Ponto Star / Vita Omega 900 ermittelt (siehe Abb. 4.8).

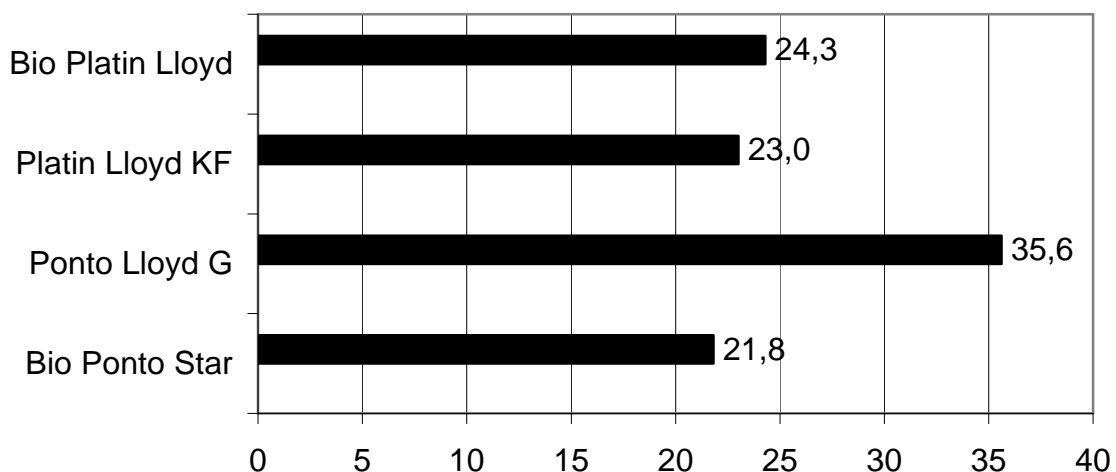


Abb. 4.8: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung

Temperaturwechsellast 5000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	n.sign.		
Platin Lloyd KF	sign.	sign.	
Bio Platin Lloyd	n.sign.	sign.	n.sign

Tab. 4.9: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Signifikante Unterschiede der Verbundfestigkeiten gibt es zwischen Platin Lloyd KF / Duceragold, Bio Ponto Star / Vita Omega 900; Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, Platin Lloyd KF / Duceragold und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, Bio Platin Lloyd / Duceragold (siehe Tab. 4.9). Den höchsten Wert erreichte die Verbundkombination Platin Lloyd KF mit 49,8 MPa, den niedrigsten Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 mit 39,3 MPa (siehe Abb. 4.9).

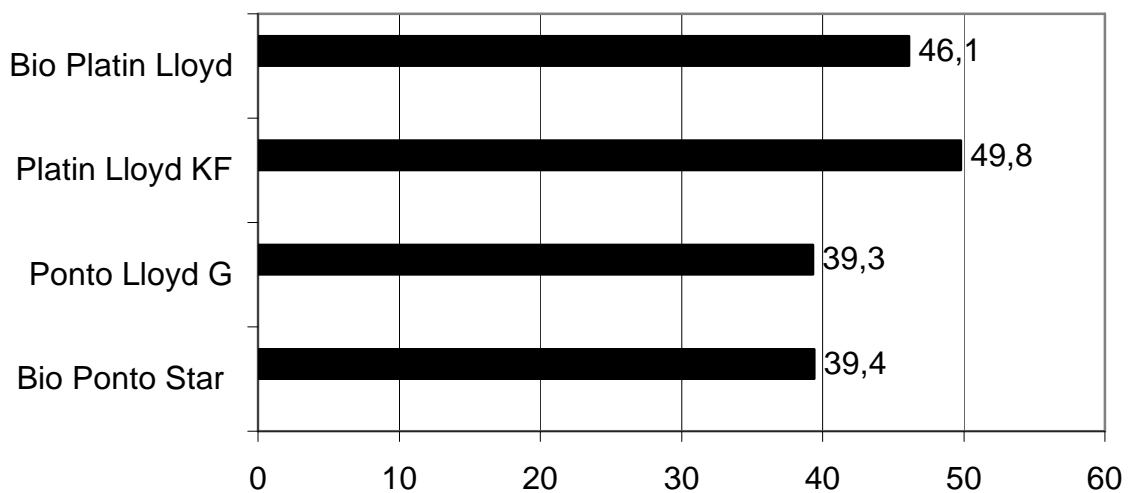


Abb. 4.9: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach 5000 Zyklen Temperaturwechsellast

Temperaturwechsellast 10000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF
Ponto Lloyd G	n.sign.		
Platin Lloyd KF	sign.	sign.	
Bio Platin Lloyd	sign.	sign.	n.sign

Tab. 4.10: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen mit $P = 0,05$

Die Verbundfestigkeiten von Bio Ponto Star / Vita Omega 900, Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 und Platin Lloyd KF / Duceragold, Bio Platin Lloyd / Duceragold unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (siehe Tab. 4.10). Die höchste Festigkeit erreichte die Kombination Bio Platin Lloyd / Duceragold mit 44,9 MPa. Die kleinste Festigkeit lag mit 31,6 MPa bei Ponto Star / Vita Omega 900 (siehe Abb. 4.10).

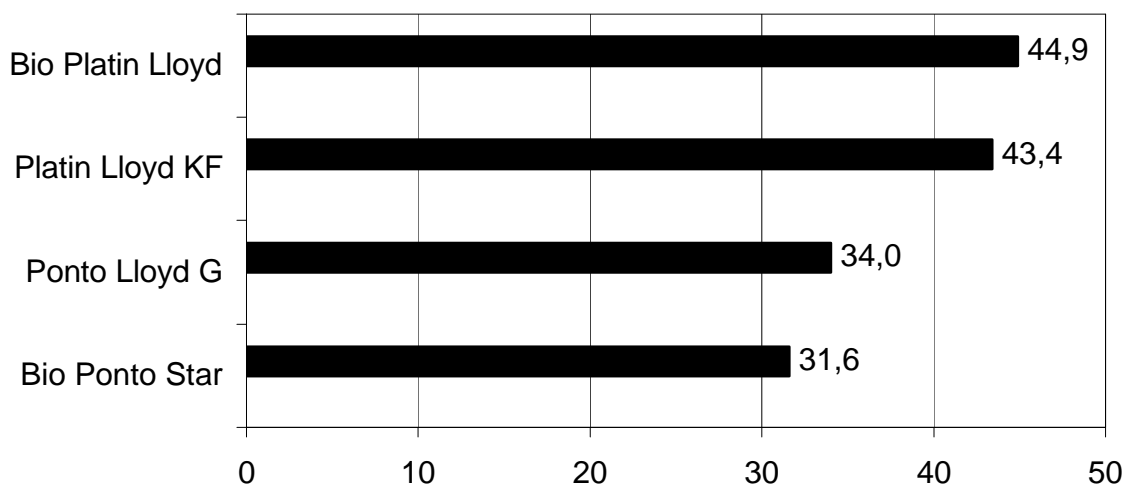


Abb. 4.10: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen Legierungen nach 10000 Zyklen Temperaturwechsellast

4.3 Ergebnis der goldreduzierten Legierung

4.3.1 Ergebnis der Verbundkombination Auro Lloyd KF / Duceragold

Auro Lloyd KF / Duceragold	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	49,4	48,4	61,0	40,2	14,7
1 W. Korrosionslösung	36,6	35,7	40,7	33,6	7,4
4 W. Korrosionslösung	35,8	34,3	43,1	31,8	12,5
6 M. Korrosionslösung	37,3	37,3	44,4	27,8	14,6
5000 Zyklen TWL	46,4	44,0	56,7	37,2	16,8
10000 Zyklen TWL	50,4	50,9	55,7	44,5	9,1

Tab. 4.11: Verbundfestigkeiten von Auro Lloyd KF / Duceragold in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Bei trockener Lagerung liegen die Werte der Verbundfestigkeiten zwischen 40,2 MPa und 61,0 MPa. Der Mittelwert beträgt 49,4 MPa, der Variationskoeffizient 14,7 % und der Medianwert 48,4 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 33,6 MPa und 40,7 MPa. Der Mittelwert beträgt 36,6 MPa, der Variationskoeffizient 7,4 % und der Medianwert 35,7 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung sind die Verbundfestigkeitswerte zwischen 31,8 MPa und 43,1 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 35,8 MPa, der Variationskoeffizient 12,5 % und der Medianwert 34,3 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung sind die Verbundfestigkeiten zwischen 27,8 MPa und 44,4 MPa angesiedelt. Der Mittelwert beträgt 37,3 MPa, der Variationskoeffizient 14,6 % und der Medianwert 37,3 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeitswerte zwischen 37,2 MPa und 56,7 MPa. Der Mittelwert beträgt 46,4 MPa, der Variationskoeffizient 16,8 % und der Medianwert 44,0 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) sind die Verbundfestigkeiten zwischen 44,5 MPa und 55,7 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 50,4 MPa, der Variationskoeffizient 9,1 % und der Medianwert 50,9 MPa (siehe Tab. 4.11).

Die Lagerung in Korrosionslösung zeigt unabhängig von der Dauer einen Abfall der Verbundfestigkeit um etwa 26 % im Vergleich zur Trockenlagerung.

Nach dem Thermocykling zeigen sich keine Unterschiede.

Zur Veranschaulichung sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen in Abb. 4.11 dargestellt. Die Werte der Einzelmessungen sind im Anhang unter Tab. 8.25 – 8.30 zu finden.

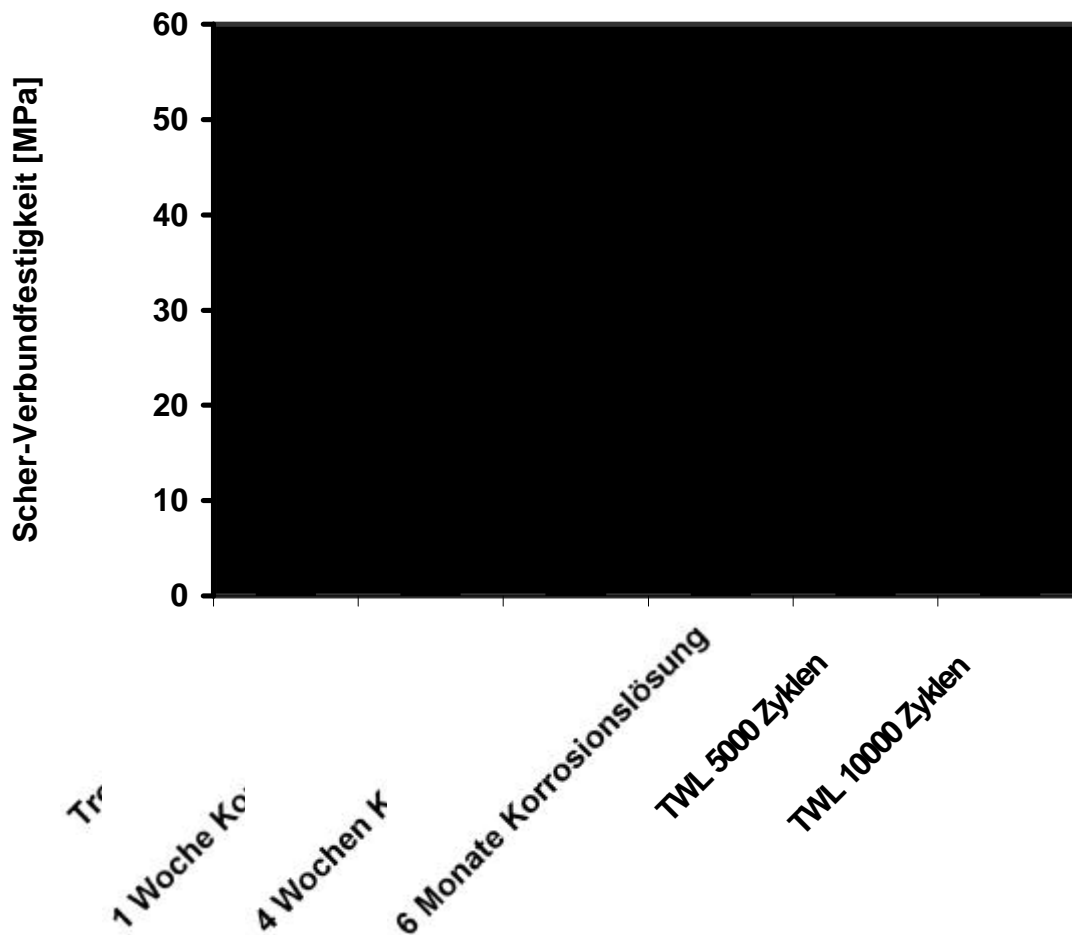


Abb. 4.11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Auro Lloyd KF / Duceragold)

4.4 Vergleich der hochgoldhaltigen Legierungen mit der goldreduzierten Legierung anhand der Lagerbedingungen

Trockenlagerung bei 35 °C

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	sign.	sign.	n. sign.	n. sign.

Tab. 4.12: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Die Unterschiede zwischen Auro Lloyd KF / Duceragold, Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 sind signifikant (siehe Tab. 4.12).

Der Höchstwert wird von Auro Lloyd KF / Duceragold erreicht und liegt bei 49,4 MPa. Den geringsten Wert liefert die Verbundkombination Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 mit 38,6 MPa (siehe Abb. 4.12).

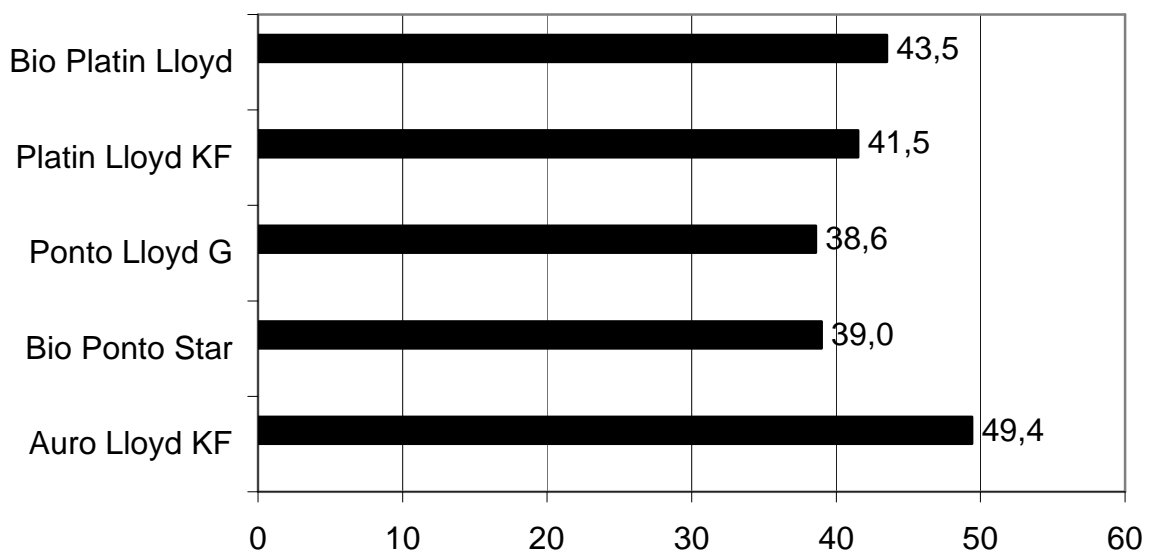


Abb. 4.12: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach Trockenlagerung

Eine Woche Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	sign.	sign.	n.sign.	n.sign.

Tab. 4.13: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Die Verbundfestigkeiten von Auro Lloyd KF / Duceragold mit Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und von Auro Lloyd KF / Duceragold mit Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 unterscheiden sich beim Vergleich signifikant voneinander (siehe Tab. 4.13). Auro Lloyd KF / Duceragold erreichte die höchste Verbundfestigkeit mit 36,6 MPa, Ponto Lloyd G mit 22,3 MPa die geringste (siehe Abb. 4.13).

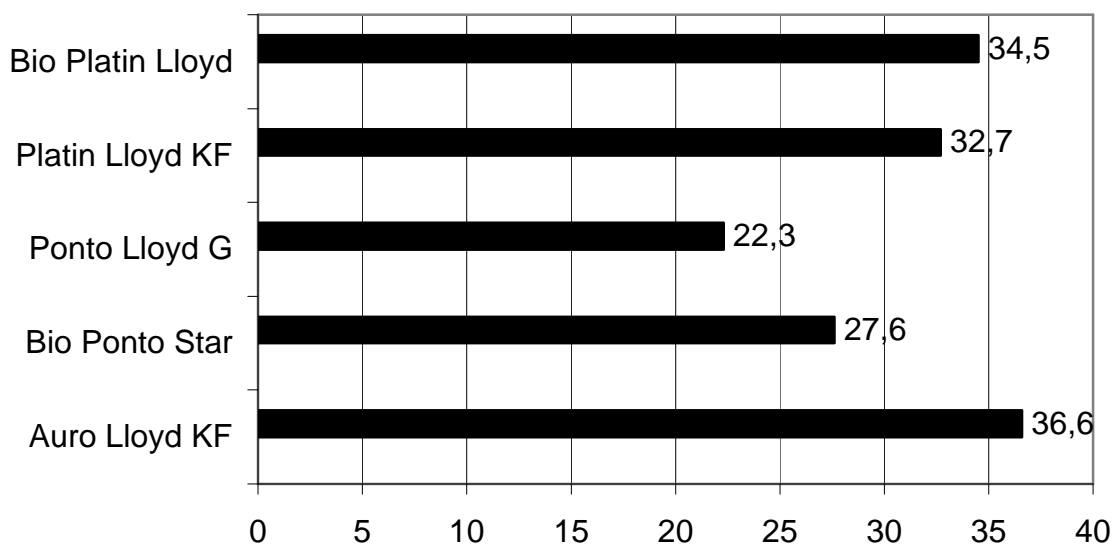


Abb. 4.13: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Vier Wochen Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	n.sign.	n.sign.	sign.	n.sign.

Tab. 4.14: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Signifikant unterscheiden sich nur die Verbundfestigkeiten von Auro Lloyd KF / Duceragold im Vergleich mit Platin Lloyd KF / Duceragold (siehe Tab. 4.14).

Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 erreichte den höchsten Wert mit 41,0 MPa, der niedrigste lag bei 24,5 MPa (Platin Lloyd KF / Duceragold)(siehe Abb. 4.14).

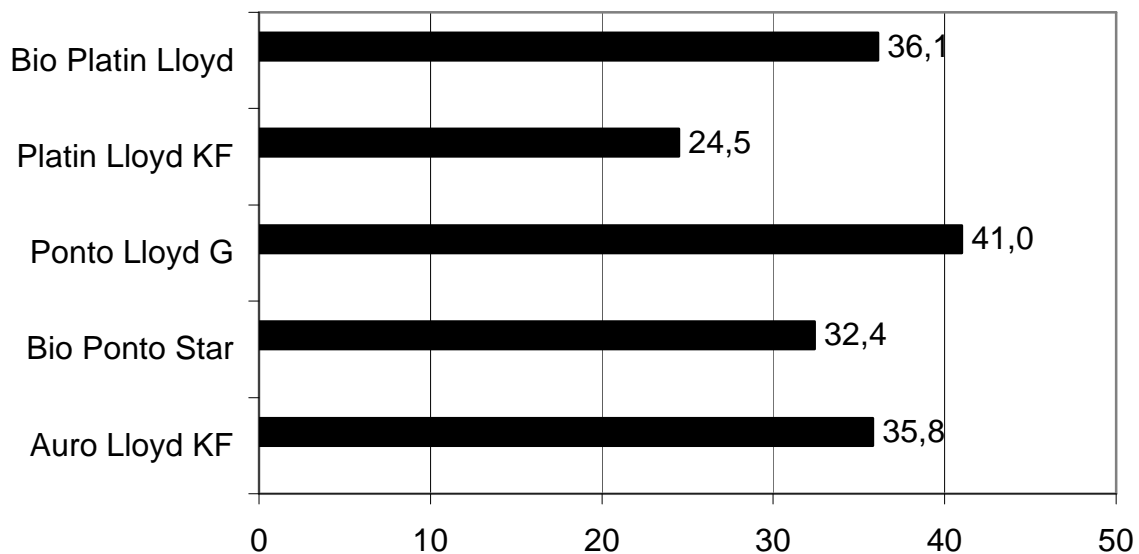


Abb. 4.14: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Sechs Monate Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	sign.	n.sign.	sign.	sign.

Tab. 4.15: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Ein signifikanter Unterschied ist zwischen Auro Lloyd KF / Duceragold im Vergleich mit Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und Platin Lloyd KF / Duceragold, sowie Bio Platin Lloyd / Duceragold festzustellen (siehe Tab. 4.15).

Den Höchstwert erreichte Auro Lloyd KF / Duceragold – 37,3 MPa. Der geringste Wert wurde mit 21,8 MPa bei Bio Ponto Star / Vita Omega 900 ermittelt (siehe Abb. 4.15).

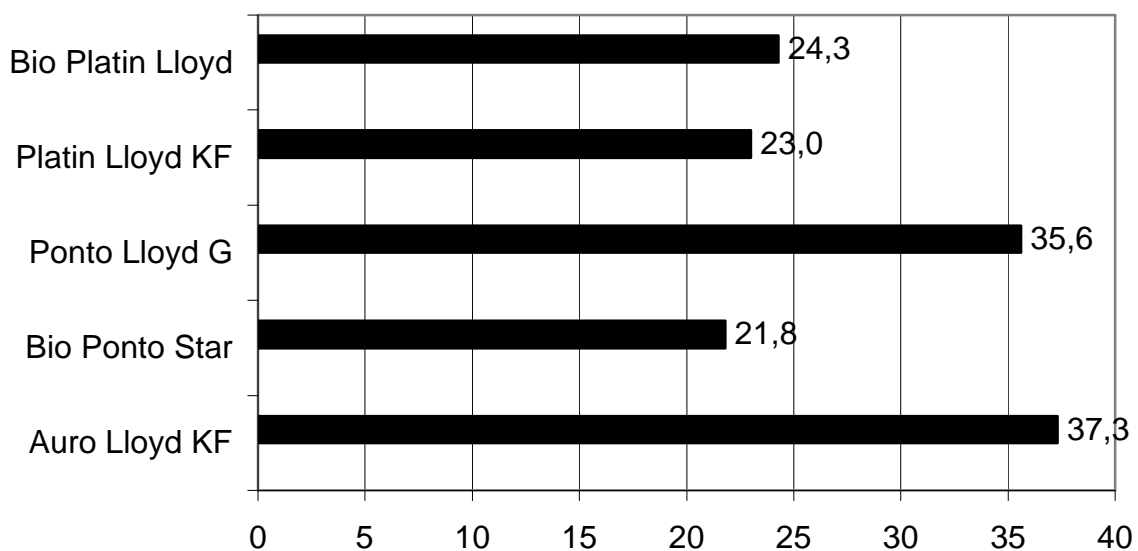


Abb. 4.15: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung

Temperaturwechsellast 5000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	n.sign.	sign.	n.sign.	n.sign.

Tab. 4.16: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Die Verbundfestigkeiten von Auro Lloyd KF / Duceragold und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 unterscheiden sich signifikant (siehe Tab. 4.16).

Platin Lloyd KF / Duceragold erreichte den Höchstwert mit 49,8 MPa, Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 den kleinsten mit 39,3 MPa (siehe Abb. 4.16).

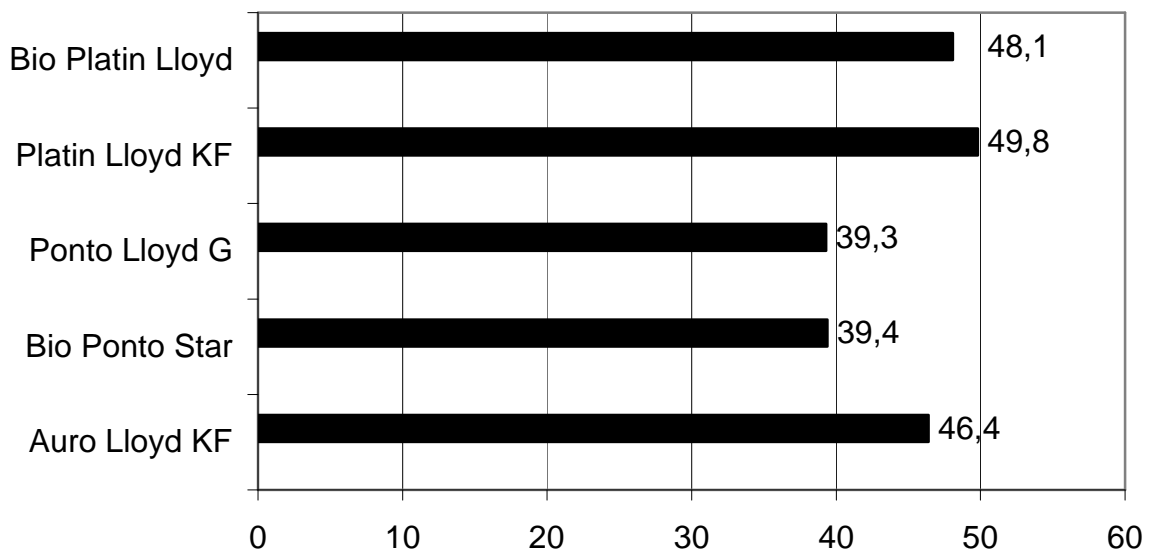


Abb. 4.16: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach 5000 Zyklen Temperaturwechsellast

Temperaturwechsellast 10000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Ponto Lloyd G	Platin Lloyd KF	Bio Platin Lloyd
Auro Lloyd KF	sign.	sign.	sign.	n.sign.

Tab. 4.17: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der hochgoldhaltigen und goldreduzierten Legierung mit $P = 0,05$

Zwischen den Verbundfestigkeiten von Auro Lloyd KF / Duceragold und Bio Platin Lloyd / Duceragold ist kein signifikanter Unterschied festzustellen (siehe Tab. 4.17). Auro Lloyd KF / Duceragold erreichte den höchsten Wert, 50,4 MPa. Der kleinste Wert ist der Kombination Bio Ponto Star / Vita Omega 900 zuzuordnen (31,6 MPa)(siehe Abb. 4.17).

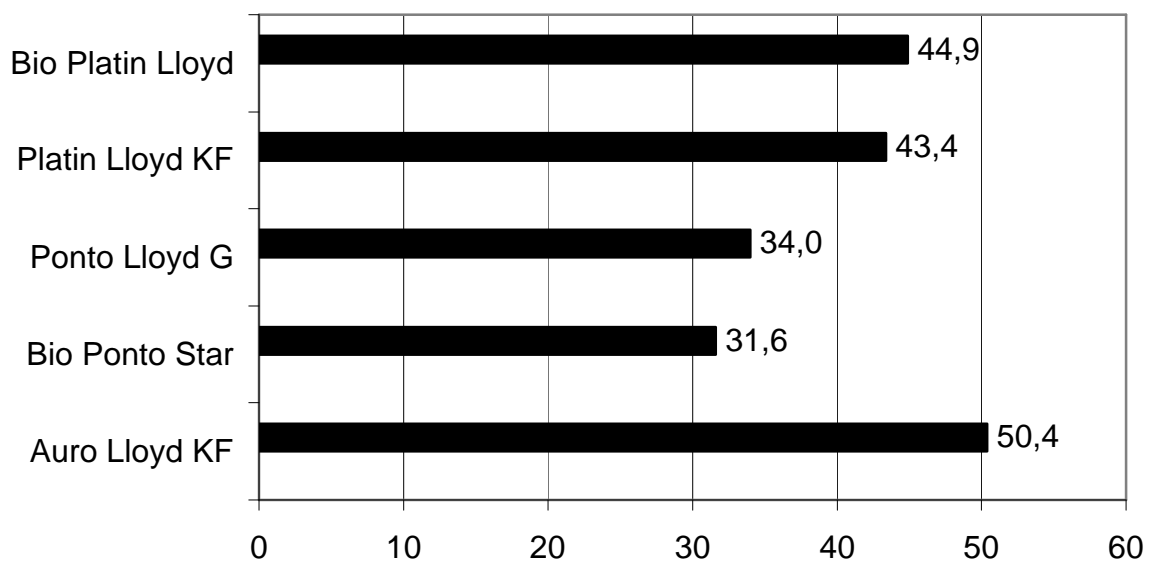


Abb. 4.17: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen nach 10000 Zyklen Temperaturwechsellast

4.5 Ergebnisse der NEM-Legierungen

4.5.1 Ergebnis der Verbundkombination Wirobond C / Vita Omega 900

Wirobond C / Vita Omega 900	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	32,6	33,0	41,6	21,9	20,6
1 W. Korrosionslösung	25,6	24,7	30,5	21,3	15,3
4 W. Korrosionslösung	26,3	26,8	32,1	20,4	17,0
6 M. Korrosionslösung	18,9	17,1	30,4	13,0	32,0
5000 Zyklen TWL	41,2	42,3	47,4	32,5	15,0
10000 Zyklen TWL	40,3	36,1	53,9	31,1	25,1

Tab. 4.18: Verbundfestigkeiten von Wirobond C / Vita Omega 900 in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Bei trockener Lagerung liegen die Verbundfestigkeiten dieser Kombination zwischen 21,9 MPa und 41,6 MPa. Der Mittelwert beträgt 32,6 MPa, der Variationskoeffizient 20,6 % und der Medianwert 33,0 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 21,3 MPa und 30,5 MPa. Der Mittelwert beträgt 25,6 MPa, der Variationskoeffizient 15,3 % und der Medianwert 24,7 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 20,4 MPa und 32,1 MPa. Der Mittelwert beträgt 26,3 MPa, der Variationskoeffizient 17,0 % und der Medianwert 26,8 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung sind die Verbundfestigkeiten zwischen 13,0 MPa und 30,4 MPa angesiedelt. Der Mittelwert beträgt 18,9 MPa, der Variationskoeffizient 32,0 % und der Medianwert 17,1 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) liegen die Werte der Verbundfestigkeiten zwischen 32,5 MPa und 47,4 MPa. Der Mittelwert beträgt 41,2 MPa, der Variationskoeffizient 15,0 % und der Medianwert 42,3 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 31,1 MPa und 53,9 MPa. Der Mittelwert beträgt 40,3 MPa, der Variationskoeffizient 25,1 % und der Medianwert 36,1 MPa (siehe Tab. 4.18).

Nach ein- und vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung fällt die Scherverbundfestigkeit im Vergleich zur Trockenlagerung um 20 % ab, nach sechs Monaten um 42%. Das Thermocykling übt keinen Einfluss aus.

Zur Veranschaulichung sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in der Abb. 4.18 dargestellt. Die Einzelmessungen sind im Anhang unter Tab. 8.31 – 8.36 nachzulesen.

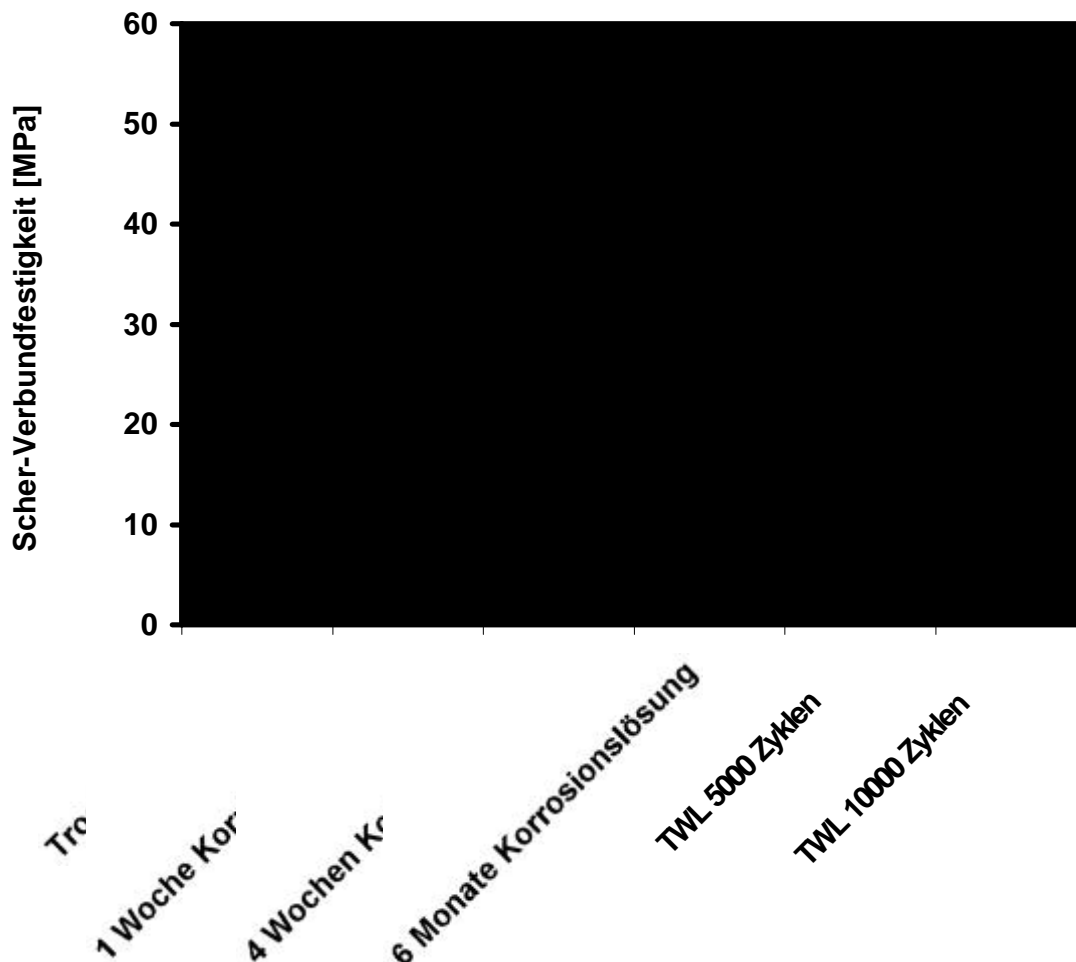


Abb. 4.18: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Wirobond C / Vita Omega 900)

4.5.2 Ergebnis der Verbundkombination Wiron NT / Vita Omega 900

Wiron NT / Vita Omega 900	Mittelwert [MPa]	Medianwert [MPa]	Maximum [MPa]	Minimum [MPa]	Variations- koeffizient [%]
Trocken bei 35 °C	32,2	33,0	36,4	26,7	12,9
1 W. Korrosionslösung	20,7	20,0	26,1	17,1	17,1
4 W. Korrosionslösung	23,5	23,0	39,9	13,5	38,8
6 M. Korrosionslösung	9,3	9,0	10,8	8,4	11,5
5000 Zyklen TWL	30,4	29,6	37,0	27,2	11,6
10000 Zyklen TWL	32,4	34,2	36,1	25,4	13,2

Tab. 4.19: Verbundfestigkeiten von Wiron NT / Vita Omega 900 in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen

Bei trockener Lagerung liegen die Verbundfestigkeiten im Bereich zwischen 26,7 MPa und 36,4 MPa. Der Mittelwert beträgt 32,2 MPa, der Variationskoeffizient 12,9 % und der Medianwert 33,0 MPa.

Nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung sind Verbundfestigkeiten zwischen 17,1 MPa und 16,1 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 20,7 MPa, der Variationskoeffizient 17,1 % und der Medianwert 20,0 MPa.

Nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 13,5 MPa und 39,9 MPa. Der Mittelwert beträgt 23,5 MPa, der Variationskoeffizient 38,8 % und der Medianwert 23,0 MPa.

Nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 8,4 MPa und 10,8 MPa. Der Mittelwert beträgt 9,3 MPa, der Variationskoeffizient 11,5 % und der Medianwert 9,0 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (5000 Zyklen) sind Verbundfestigkeiten zwischen 27,2 MPa und 37,0 MPa zu finden. Der Mittelwert beträgt 30,4 MPa, der Variationskoeffizient 11,6 % und der Medianwert 29,6 MPa.

Nach der Temperaturwechsellast (10000 Zyklen) liegen die Verbundfestigkeiten zwischen 25,4 MPa und 36,1 MPa. Der Mittelwert beträgt 32,4 MPa, der Variationskoeffizient 13,2 % und der Medianwert 34,2 MPa (siehe Tab. 4.19 und Abb. 4.19).

Der Abfall der Scherverbundfestigkeit nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung beträgt 36 %, nach vier Wochen 27 % und nach sechs Monaten 71 % im Vergleich zur Trockenlagerung. Nach dem Thermocycling sind keine Unterschiede festzustellen.

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind Tab. 8.37 – 8.42 im Anhang zu entnehmen.

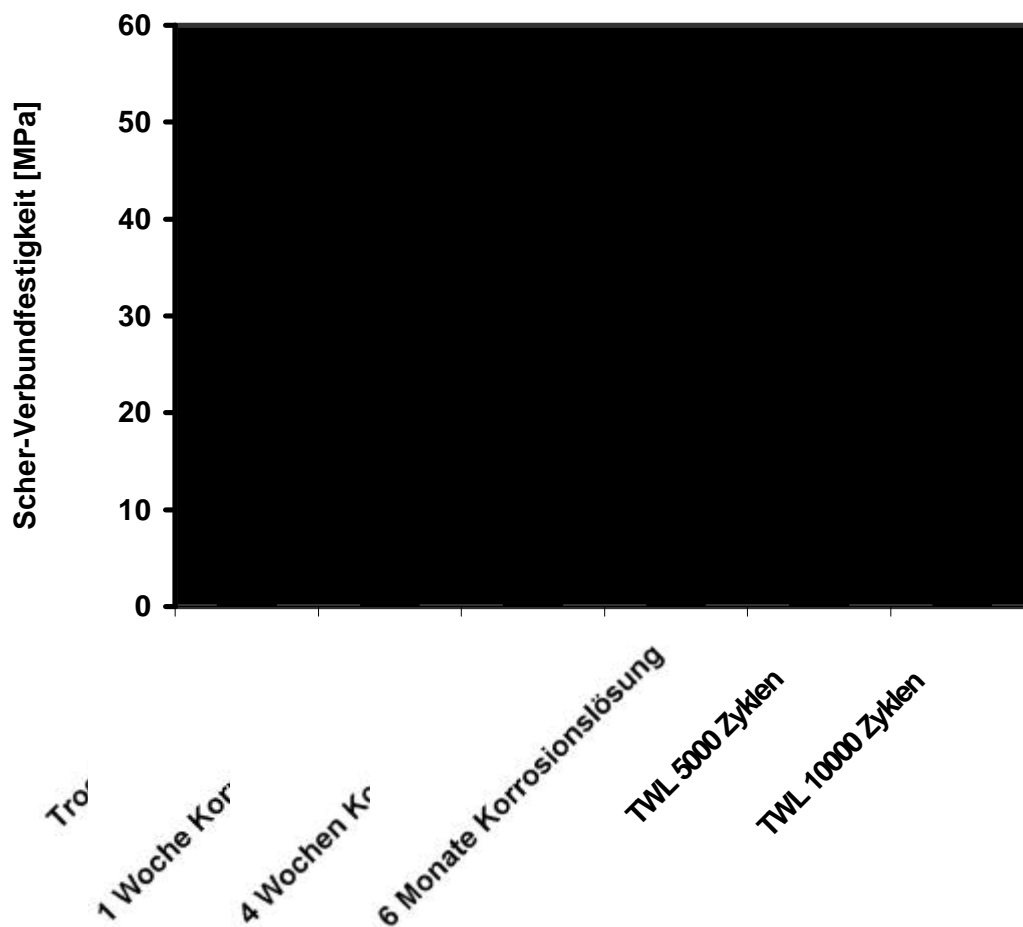


Abb. 4.19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verbundfestigkeiten in Abhängigkeit von den Lagerbedingungen (Wiron NT / Vita Omega 900)

4.5.3 Vergleich der Verbundfestigkeiten von Wirobond C / Wiron NT

	Trocken- lagerung	1 Woche Korros.lsg.	4 Wochen Korros.lsg.	6 Monate Korros.lsg.	TWL 5000 Zyklen	TWL 10000 Zyklen
Wirobond C / Wiron NT	n.sign.	n.sign.	n.sign.	sign.	sign.	n.sign.

Tab. 4.20: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der NEM- Legierungen mit $P = 0,05$

Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden NEM-Verbundkombinationen ist bei der sechsmonatigen Lagerung in Korrosionslösung, und bei Belastung im Temperaturwechselbad nach 5000 Zyklen festzustellen (siehe Tab. 4.20). Der Höchstwert wird von Wirobond C / Vita Omega 900 nach 5000 Zyklen Temperaturwechsellast mit 41,2 MPa erreicht (Wiron NT / Vita Omega 900 = 30,4 MPa). Der niedrigste Wert ist nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung bei Wiron NT / Vita Omega 900 mit 9,3 MPa ermittelt worden (Wirobond C / Vita Omega 900 = 18,9 MPa)(siehe Abb. 4.20).

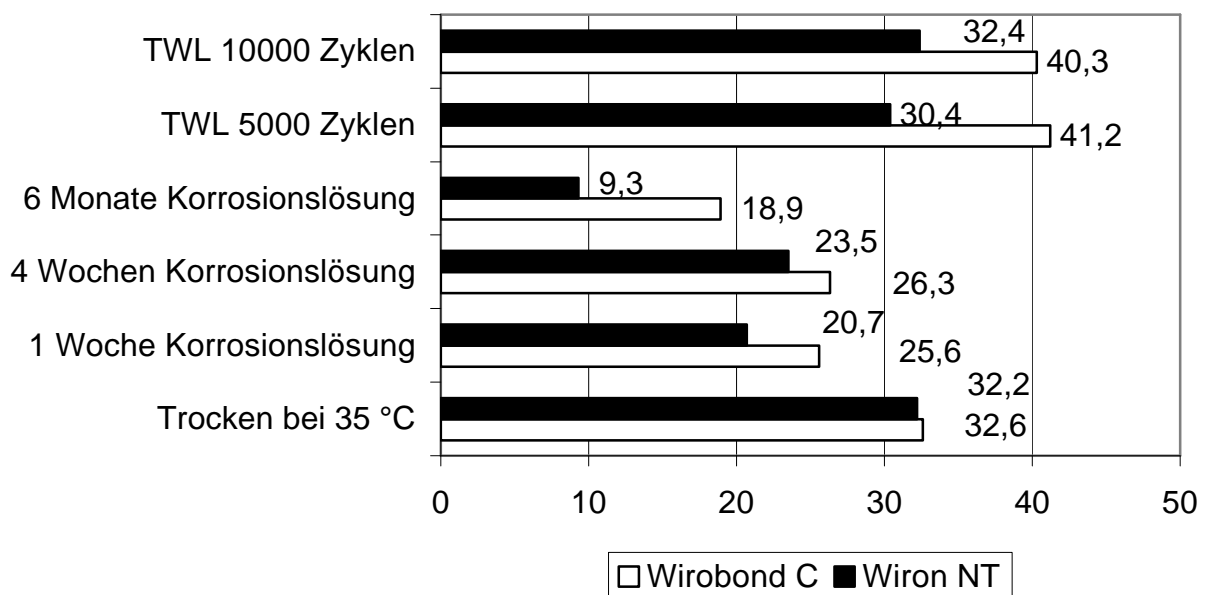


Abb. 4.20: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der NEM-Legierungen in Abhängigkeit von den von den Lagerbedingungen

4.6 Vergleich der Verbundfestigkeiten zwischen den EM- und NEM-Legierungen anhand der unterschiedlichen Lagerbedingungen

Trockenlagerung bei 35 °C

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	sign.	sign.	n.sign.	sign.
Wir. NT	sign.	sign.	sign.	sign.	sign.

Tab. 4.21: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Zwischen Wirobond C / Vita Omega 900, Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Verbundfestigkeit, zu Bio Platin Lloyd / Duceragold, Platin Lloyd KF / Duceragold und Auro Lloyd KF / Duceragold ist er dagegen festzustellen. Die Verbundfestigkeit von Wiron NT / Vita Omega 900 unterscheidet sich dagegen signifikant von allen Verbundfestigkeiten der EM-Legierungen (siehe Tab. 4.21). Den Höchstwert erreichte Auro Lloyd KF / Duceragold mit 49,4 MPa, der niedrigsten Wert wurde bei Wiron NT / Vita Omega 900 mit 32,2 MPa ermittelt (siehe Abb. 4.21).

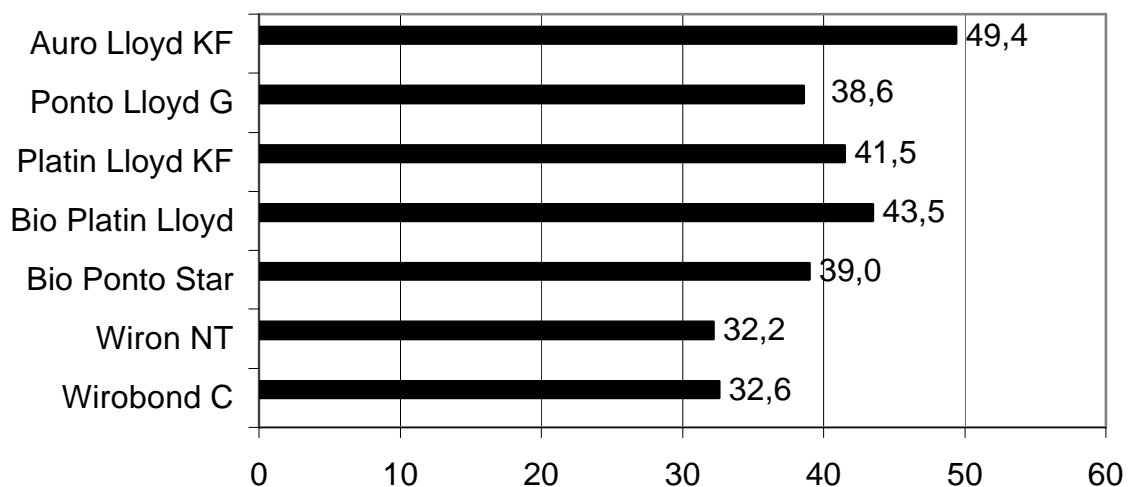


Abb. 4.21: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen nach Trockenlagerung

Eine Woche Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	sign.	sign.	n.sign.	sign.
Wir. NT	sign.	sign.	sign.	sign.	sign.

Tab. 4.22: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Die EM-Legierungen unterscheiden sich signifikant von Wiron NT / Vita Omega 900 in den Verbundfestigkeiten nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung. Zwischen Wirobond C / Vita Omega 900, Bio Platin Lloyd / Duceragold, Platin Lloyd KF / Duceragold und Auro Lloyd KF / Duceragold ist dies ebenfalls der Fall. Als nicht signifikant kann der Unterschied zwischen Wirobond C / Vita Omega 900 im Vergleich zu Bio Ponto Star / Vita Omega 900 und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 angesehen werden (siehe Tab. 4.22). Mit 36,6 MPa erreichte Auro Lloyd KF / Duceragold das höchste und mit 22,3 MPa Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 das niedrigste Resultat (siehe Abb. 4.22).

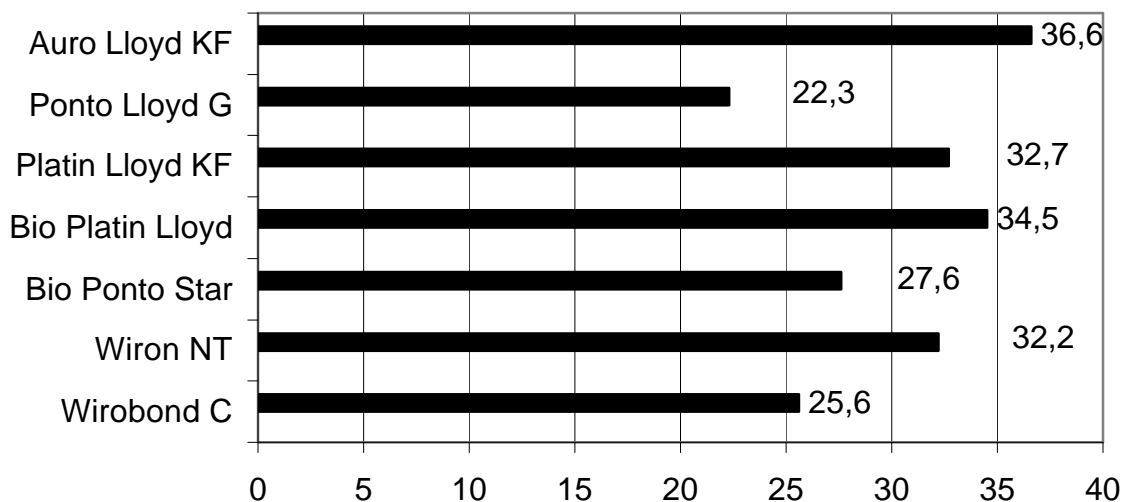


Abb. 4.22: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen nach einwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Vier Wochen Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	sign.	n.sign.	sign.	sign.
Wir. NT	sign.	sign.	n.sign.	sign.	sign.

Tab. 4.23: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Wiron NT / Vita Omega 900 weist keine signifikant unterschiedliche Festigkeit zu Platin Lloyd KF / Duceragold auf. Im Vergleich zu den anderen EM-Legierungen ist dieser Unterschied festzustellen. Zwischen den Festigkeiten von Wirobond C / Vita Omega 900 zu Bio Platin Lloyd / Duceragold, Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, sowie Auro Lloyd KF / Duceragold bestehen ebenfalls signifikante Unterschiede (Tab. 4.23). Den höchsten Wert der Verbundfestigkeit erreichte die Kombination Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 mit 41,0 MPa, den niedrigsten Platin Lloyd KF / Duceragold mit 24,5 MPa (siehe Abb. 4.23).

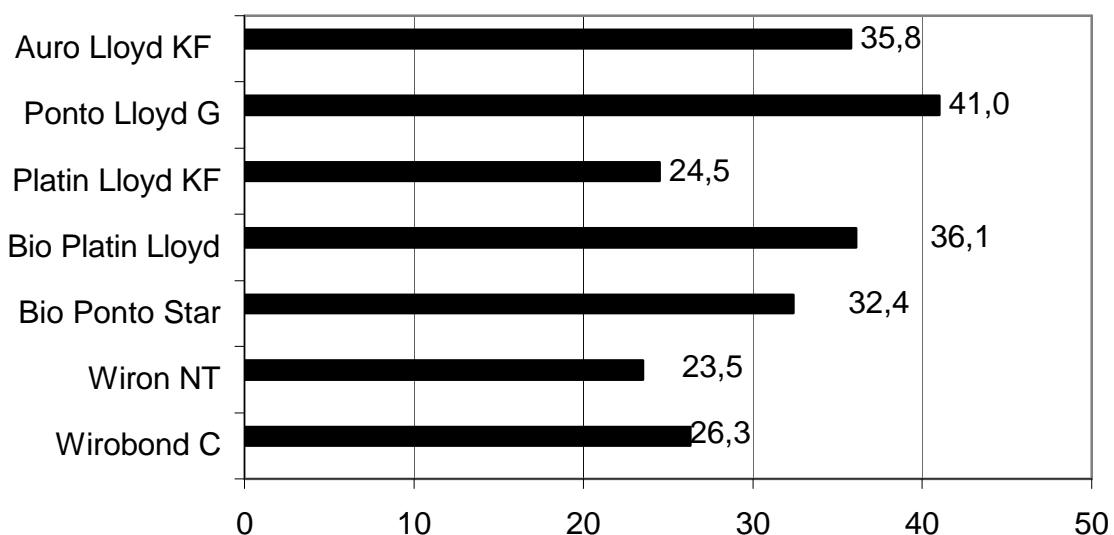


Abb. 4.23: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen nach vierwöchiger Lagerung in Korrosionslösung

Sechs Monate Korrosionslösung

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	n.sign.	n.sign.	sign.	sign.
Wir. NT	sign.	sign.	sign.	sign.	sign.

Tab. 4.24: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Die Unterschiede der Verbundfestigkeiten zwischen Wiron NT / Vita Omega 900 und den EM-Legierungen sind als signifikant anzusehen. Wirobond C / Vita Omega 900 und Ponto Lloyd G / Vita Omega 900, sowie Auro Lloyd KF / Duceragold sind ebenfalls als signifikant unterschiedlich zu bewerten.

Zwischen Wirobond C / Vita Omega 900 und den anderen EM-Legierungen ist dieser Unterschied nicht nachzuweisen (Tab. 4.24). Die höchste Verbundfestigkeit wurde von Auro Lloyd KF / Duceragold mit 37,3 MPa erreicht, die geringste von Wiron NT / Vita Omega 900 mit 9,3 MPa (Abb. 4.24).

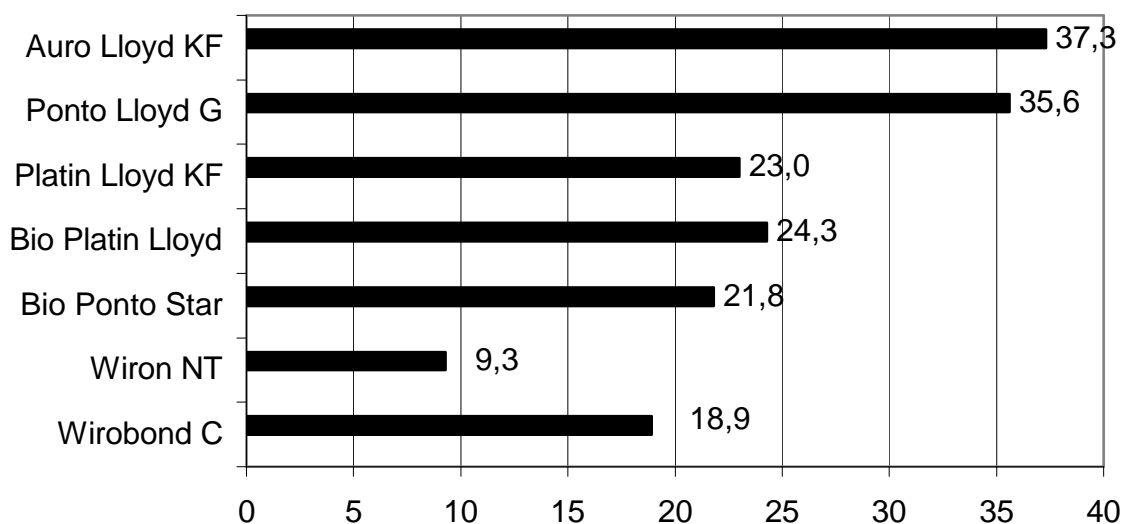


Abb. 4.24: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten den EM- und NEM-Legierungen nach sechsmonatiger Lagerung in Korrosionslösung

Temperaturwechsellast 5000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	n.sign.	sign.	n.sign.	n.sign.
Wir. NT	sign.	sign.	sign.	sign.	sign.

Tab. 4.25: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Wiron NT / Vita Omega 900 weist signifikante Unterschiede in der Verbundfestigkeit zu den EM-Legierungen auf – bei Wirobond C / Vita Omega 900 ist dies nur im Vergleich mit Platin Lloyd KF / Duceragold festzustellen (siehe Tab. 4.25).

Der höchste Wert mit 49,8 MPa wurde von Platin Lloyd KF / Duceragold erreicht. Der niedrigste lag bei 30,4 MPa und konnte bei der Kombination Wiron NT / Vita Omega 900 ermittelt werden (Abb. 4.25).

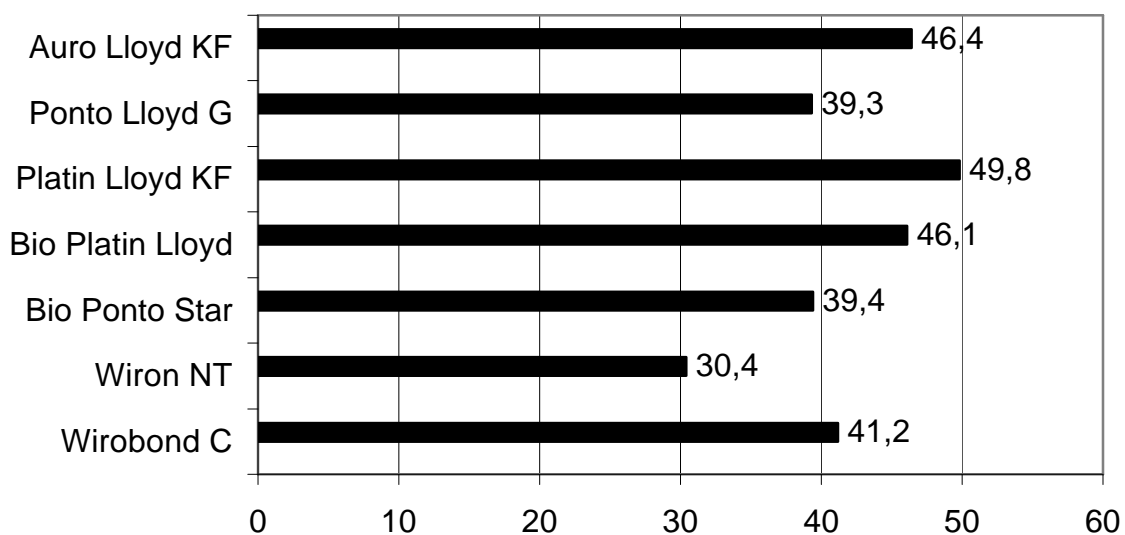


Abb. 4.25: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen nach 5000 Zyklen Temperaturwechsellast

Temperaturwechsellast 10000 Zyklen

	Bio Ponto Star	Bio Platin Lloyd	Platin Lloyd KF	Ponto Lloyd G	Auro Lloyd KF
Wir. C	n.sign.	n.sign.	n.sign.	n.sign.	n.sign.
Wir. NT	n.sign.	sign.	sign.	n.sign.	sign.

Tab. 4.26: Signifikanzprüfung der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen mit $P = 0,05$

Zwischen Wirobond C / Vita Omega 900 und den EM-Legierungen traten keine signifikanten Unterschiede bei den Verbundfestigkeiten auf, ebenso nicht zwischen Wiron NT / Vita Omega 900 und Bio Ponto Star / Vita Omega 900, sowie Ponto Lloyd G / Vita Omega 900 (siehe Tab. 4.26). Mit 50,4 MPa wurde der Höchstwert von Auro Lloyd KF / Duceragold, mit 31,6 MPa der niedrigste Wert von Bio Ponto Star / Vita Omega 900 erreicht (siehe Abb. 4.26).

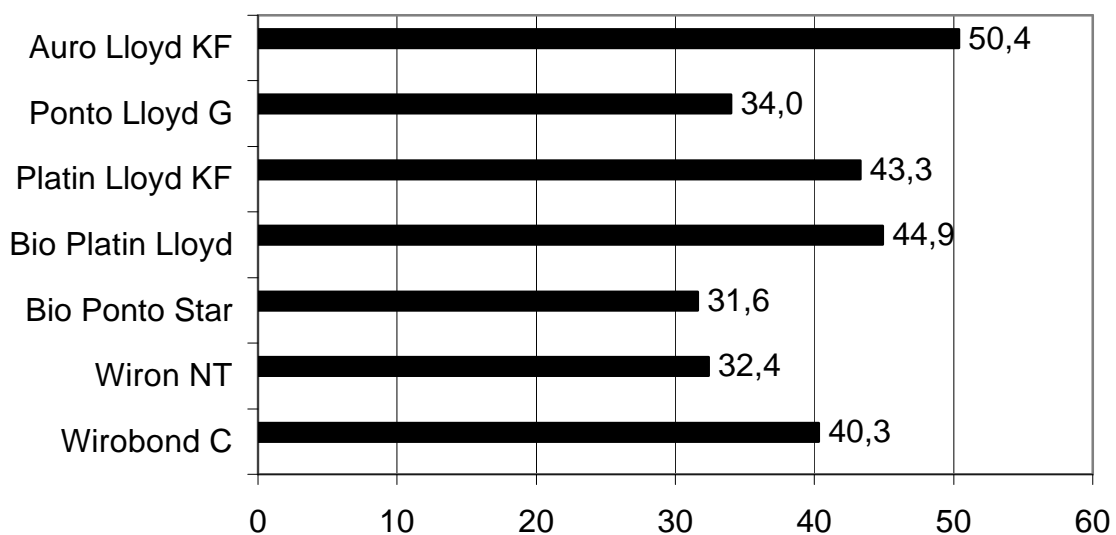


Abb. 4.26: Mittelwerte der Verbundfestigkeiten der EM- und NEM-Legierungen nach 10000 Zyklen Temperaturwechsellast

4.7 Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen und der EDX-Analyse

4.7.1 Ergebnisse der licht- und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen

Bei den mikroskopischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass es innerhalb jeder Verbundkombination zu einer mehr oder weniger mäßig starken Blasenbildung, besonders im Bereich der Grundmasseschicht, kam. Es war nicht möglich, eine Aussage über die Häufigkeits- oder Größenverteilung zu treffen.

Es traten innerhalb jeder zu prüfenden Verbundkombination sowohl adhäsive (Brüche an der Keramik-/Metallgrenze), als auch kohäsive (Brüche innerhalb der Keramikmasse) Brüche auf. Eine Tendenz zu einem der beiden Bruchlinienverläufe aufzuzeigen, war bei keiner Metall-/Keramikkombination möglich.

Porositäten innerhalb der Metallschicht konnten bei den Legierungen Bio Ponto Star, Bio Platin Lloyd und in mäßigem Ausmaß auch bei Wirobond C und Wiron NT ermittelt werden.

4.7.2 Ergebnisse der EDX-Analyse

Die EDX-Analyse wurde an einem Probenkörper innerhalb einer Versuchsreihe durchgeführt. Es konnte die Anwesenheit der haftoxidbildenden Elemente sowohl in der Verbundschicht als auch in der Keramikschicht bei allen Verbundkombinationen nachgewiesen werden, wobei deren Anteile zur Keramikschicht bis auf wenige genannte Ausnahmen immer weiter abnahm.

Für eine statistische Auswertung der prozentualen Werte war die Anzahl der untersuchten Proben zu gering, deshalb beschränkt sich die Darstellung auf das Aufzeigen von Tendenzen.

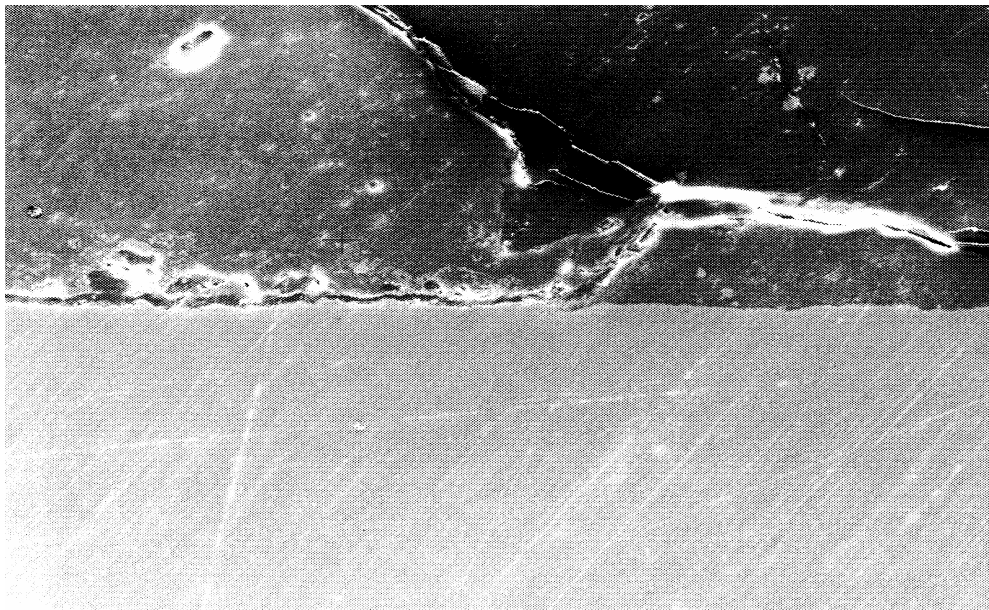


Abb. 4.27: REM-Aufnahme (350Vergrößerung) - typischer Bruchlinienverlauf (kohäsiv und adhäsiv), dargestellt anhand eines Probenkörpers Wirobond C / Vita Omega 900

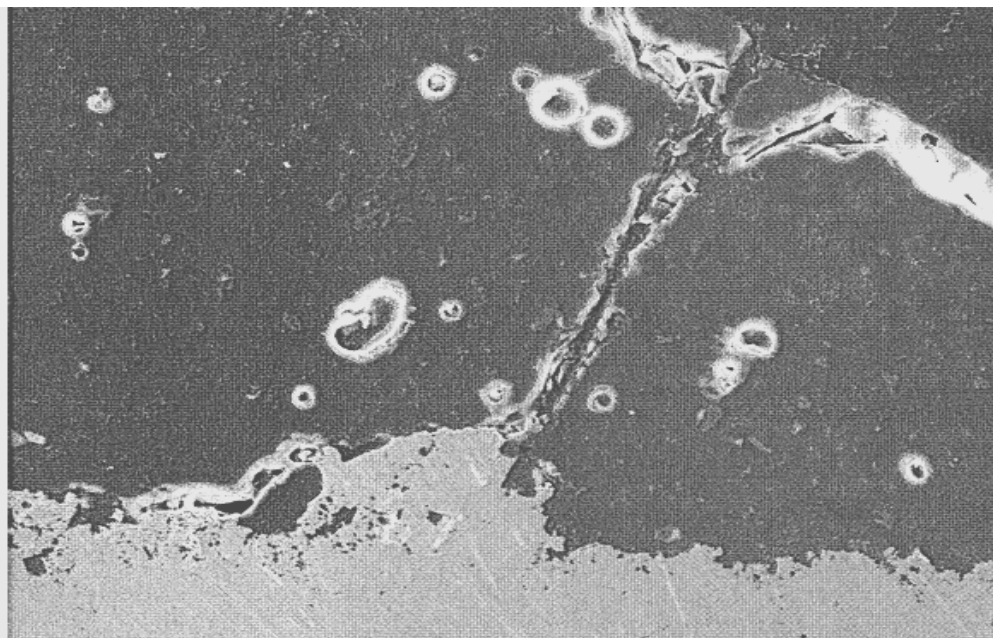


Abb. 4.28: REM-Aufnahme (350Vergrößerung) – typischer Bruchlinienverlauf (kohäsiv und adhäsiv), dargestellt anhand eines Probenkörpers Auro Lloyd KF / Duceragold

4.7.2.1 Ponto Lloyd G / Vita Omega 900

In der Metallschicht lag der Gold- und Platinanteil grundsätzlich unterhalb der Herstellerangaben. Von Palladium und Tantal dagegen konnte generell ein größerer Anteil als angegeben analysiert werden.

In der Verbund- und Keramikschiicht wurden Palladium, Tantal, Platin und Gold festgestellt.

4.7.2.2 Bio Ponto Star / Vita Omega 900

In der Metallschicht fanden sich geringere Mengen Mangan, Zink und Platin als angegeben, dagegen höhere Mengen von Rhodium und Indium.

Sowohl in der Verbundschicht als auch in der Keramikschiicht konnten Rhodium, Gold, Platin, Tantal und Zink nachgewiesen werden.

4.7.2.3 Bio Platin Lloyd / Duceragold

Tendenziell weniger Gold und Platin waren in der Metallschicht vorhanden, dafür mehr Rhodium als vom Hersteller angegeben.

In der Verbund- und Keramikschiicht konnten Silber, Platin, Gold, Zink und Rhodium analysiert werden.

4.7.2.4 Platin Lloyd KF / Duceragold

Der Gold-, Zink- und Mangananteil lag in der Metallschicht tendenziell unterhalb der Herstellerangaben.

Sowohl in der Verbund- als auch in der Keramikschiicht konnten die Elemente Ruthenium, Palladium, Zink, Platin und Gold ermittelt werden.

4.7.2.5 Auro Lloyd KF / Duceragold

In der Metallschicht lag der Goldanteil grundsätzlich unterhalb, der Anteil von Silber, Ruthenium, Zinn, Zink und Indium tendenziell über den vom Hersteller angegebenen Werten.

In der Verbund- und in der Keramikschiicht wurden Ruthenium, Palladium, Silber, Zink und Gold gefunden.

4.7.2.6 Wirobond C / Vita Omega 900

Der Gehalt von Chrom und Molybdän in der Metallschicht war gegenüber den Herstellerangaben leicht gesenkt, von Cer dagegen gering erhöht.

In der Verbundschicht konnten die Elemente Molybdän, Cer, Chrom und Kobalt nachgewiesen werden. In der Keramikschiicht wurden nur noch Cer und Molybdän gefunden, wobei sich der Molybdänanteil geringfügig gegenüber der Verbundschicht erhöhte.

4.7.2.7 Wiron NT / Vita Omega 900

Die EDX-Analyse ergab einen um einige Prozent geringeren Nickelgehalt in der Metallschicht, als vom Hersteller angegeben. Der Anteil von Chrom und Molybdän war ebenfalls geringer.

In der Verbundschicht konnten die Elemente Niob, Molybdän, Nickel, Chrom, Cer nachgewiesen werden, bis auf das Element Nickel setzte sich die Anwesenheit bis in die Keramikschiicht fort. Die Molybdän- und Niobanteile waren in der Keramikschiicht in Bezug auf die Verbundschicht leicht erhöht.