

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Fundor

#### 4.1.1 Zugversuch

Die Messwerte der einzelnen Versuchsreihen sind im Tabellenanhang (Tab.40.1-5) aufgeführt. Für jede Serie wurde anhand der Ergebnisse eine Messwertstatistik erstellt. In dieser Messwertstatistik sind für jede Serie der Mittelwert, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient, ergänzt durch den Minimalwert, dem Maximalwert und dem Medianwert, zusammengefasst. Die Tabellen der Messwertstatistik sind im Tabellenanhang (Tab.43, 45, 47, 49 und 51) aufgeführt.

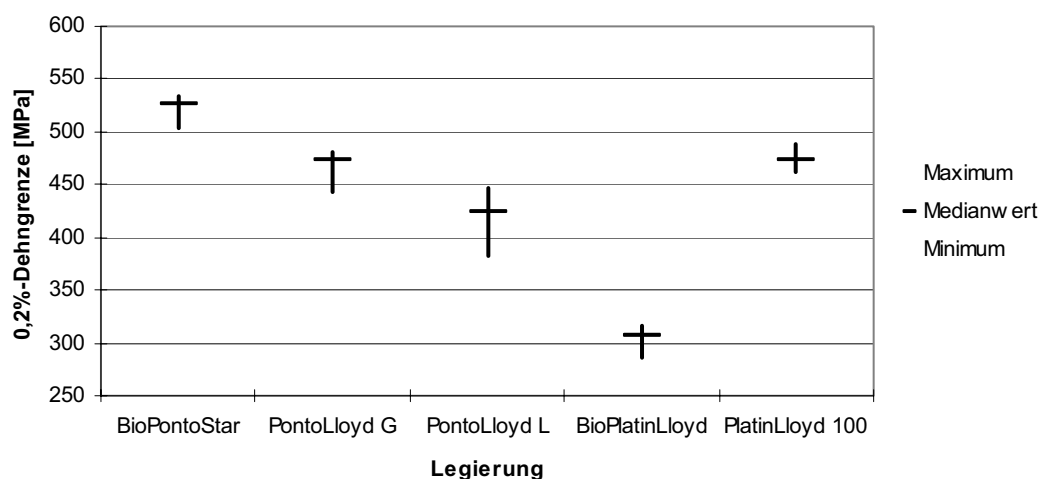


Abb. 9: 0,2 %- Dehngrenze für Fundor

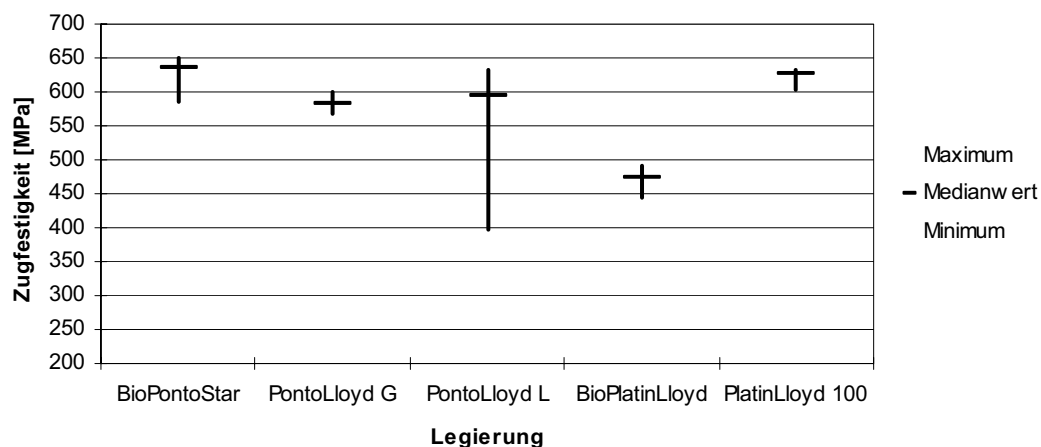


Abb. 10: Zugfestigkeit für Fundor

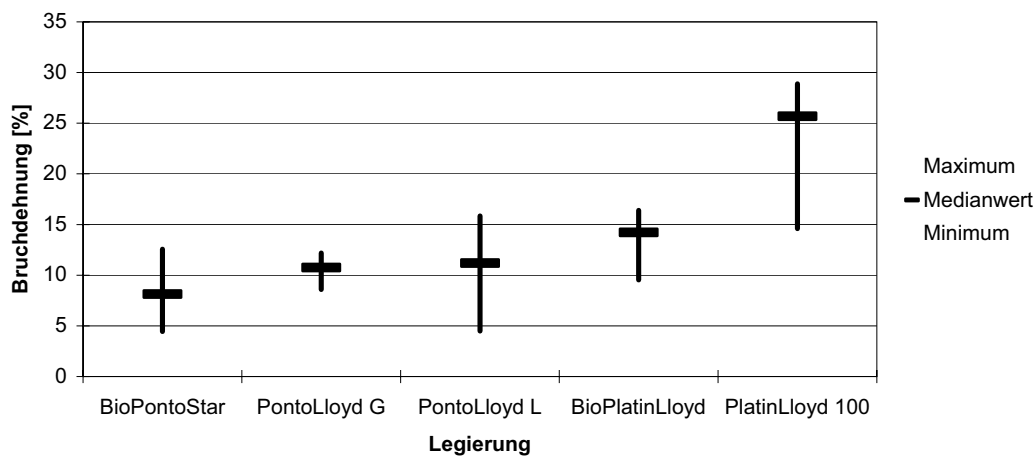


Abb. 11: Bruchdehnung für Fundor

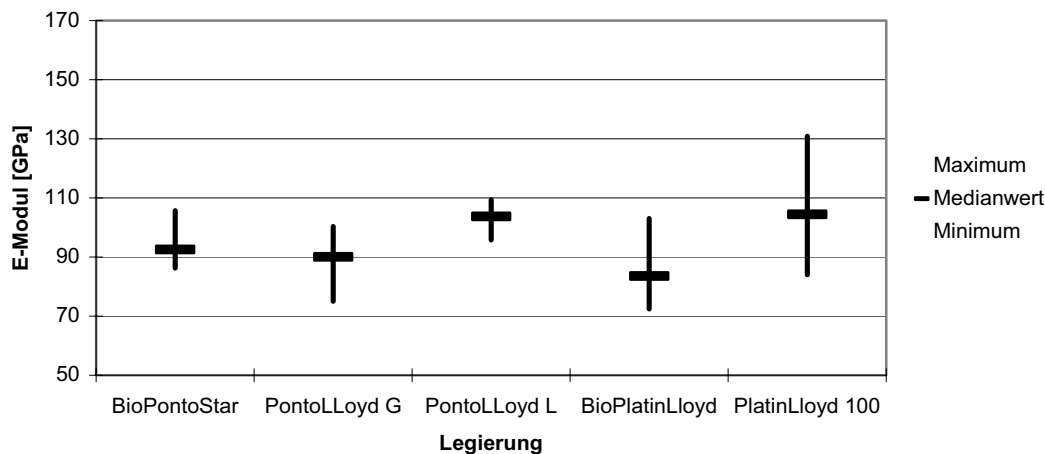


Abb. 12 Elastizitätsmodul für Fundor

Für die Legierung BioPontoStar ergab sich die höchste mittlere 0,2 %- Dehngrenze von 523 MPa. Die Legierung BioPlatinLloyd wies mit 304 MPa die geringste mittlere Dehngrenze auf.

Bei dem Vergleich der Zugfestigkeit erreichten BioPontoStar mit 630 MPa und PlatinLloyd 100 mit 623 MPa die höchsten Ergebnisse. Die geringste Zugfestigkeit ergab sich für BioPlatinLloyd mit 472 MPa.

PlatinLloyd 100 erreichte mit 23 % deutlich die höchste mittlere Bruchdehnung der Serien 1 bis 5. Für PontoLloyd L zeigte sich mit 7 % die geringste mittlere Bruchdehnung.

Bei dem Vergleich des Elastizitätsmoduls erreichten PlatinLloyd 100 mit 106 GPa den höchsten und BioPlatinLloyd mit 85 GPa den geringsten Mittelwert.

PlatinLloyd 100 kam, vergossen mit Fundor, auf seinen höchsten E- Modul.

Die Rangfolge der Legierungen variiert leicht. So erzielte BioPlatinLloyd in der 0,2%-Dehngrenze, der Zugfestigkeit und des Elastizitätsmoduls jeweils die geringsten Werte, erreichte aber in der Bruchdehnung den zweithöchsten Wert.

Die einzelnen Ergebnisse der lichtmikroskopischen Untersuchung der Bruchflächen sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 41.1-5).

Die Proben mit der niedrigsten Bruchdehnung sind im Zusammenhang mit ihrem lichtmikroskopischem Erscheinungsbild in der Tabelle 4 aufgeführt.

Serie	Probe mit niedrigster Bruchdehnung und das jeweilige Ergebnis in der lichtmikroskopischen Untersuchung
1	Probe 3: langer linienförmiger Einschluss im Randbereich
2	Probe 5: nur kleine Lunker im Randbereich
3	Probe 1: große Blasen ubiquitär
4	Probe 1: große Lunker im Randbereich
5	Probe 5: große Lunker im Randbereich

Tab. 4: Lichtmikroskopischen Untersuchung der Bruchfläche für Fundor

Folglich besteht wie erwartet ein Zusammenhang zwischen dem gehäuften Auftreten von Lunkern und Einschlüssen und relativ geringen Ergebnisswerten im Zugversuch.

#### 4.1.2 Härtemessung

Die Messwerte der Prüfung der Vickershärte der einzelnen Versuchsreihen sind wie die dazugehörige Messwertstatistik im Tabellenanhang (Tab. 42, Tab.44, 46, 48, 50 und 52) aufgeführt.

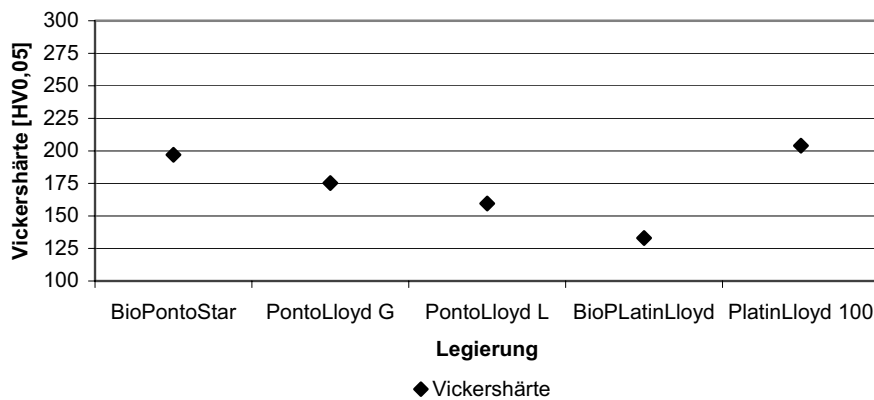


Abb. 13: Mittelwert der Vickershärte für Fundor

PlatinLloyd 100 (Mittelwert: 204 HV0,05) zeigte sich zusammen mit BioPontoStar (Mittelwert: 197 HV0,05) als härteste Legierung dieser Versuchsreihe (Serie 1-5), während BioPLatinLloyd mit 133 HV0,05 die geringste mittlere Vickershärte erreichte. Damit erzielte diese Legierung, wie bereits überwiegend im Zugversuch, den letzten Rang.

#### 4.1.3 REM- Korngrößenbestimmung

PontoLloyd G erreichte mit Fundor vergossen die kleinste mittlere Korngröße von  $630 \mu\text{m}^2$ . Die Standardabweichung ist mit  $406 \mu\text{m}^2$  relativ gering.

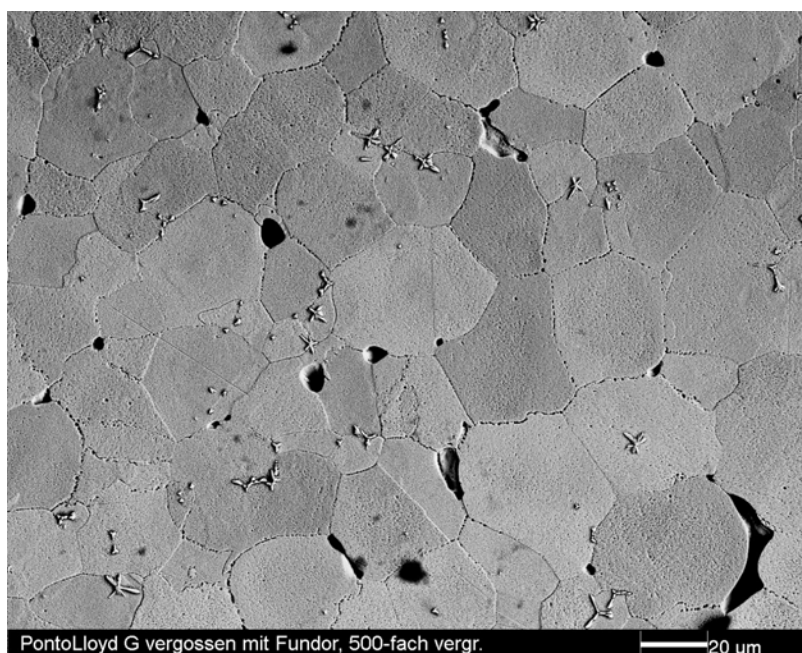


Abb. 14: Rasterelektronenmikroskopisches Gefügebild der Legierung PontoLloyd G vergossen mit Fundor in 500-facher Vergrößerung

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
2	PontoLloyd G	630	406	64	77	1530	525

Tab. 5: REM– Untersuchung der Korngröße für Fundor

Die Korngrenzen der anderen vier Legierungen ließen sich rasterelektronenmikroskopisch schlecht bis gar nicht darstellen, weshalb diese Legierungen hier nicht mit aufgeführt werden können.

Während Anzahl, Größe und Verteilung der Lunker für die Gussysteme Fornax G, Fornax T, Nautilus MC+ und Nautilus T ähnlich waren, traten mit Fundor vergossen deutlich mehr und auch teilweise größere Lunker auf. Dagegen erbrachte Fundor besonders in der Peripherie der Probenquerschnitte erkennbar kleinere Korngrößen.

#### 4.1.4 Gefügeuntersuchung

Die Korngrößenklassen sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab.53.1-5).

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
1	BioPontoStar	575	298	52	64	1462	518
2	PontoLloyd G	947	547	58	19	2693	855
3	PontoLloyd L	2337	2122	90	134	10787	1636
4	BioPlatinLloyd	1961	1149	59	300	5922	1729
5	PlatinLloyd 100	2718	2230	82	94	7931	2057

Tab. 6: Lichtmikroskopische Untersuchung der Korngröße für Fundor

Die Legierung BioPontoStar erreichte mit allen Gussystemen konstante Korngrößen. Mit einer mittleren Korngröße von  $575 \mu\text{m}^2$  erreicht diese Legierung von den Serien 1 bis 5 den kleinsten Wert. Die größte mittlere Korngröße zeigte, vergossen mit Fundor, PlatinLloyd 100 mit  $2718 \mu\text{m}^2$ .

## 4.2 Fornax G

### 4.2.1 Zugversuch

Die einzelnen Messwerte und Messwertstatistiken sind im Tabellenanhang (Tab. 40.6-10, Tab.43, 45, 47, 49, 51) aufgeführt.

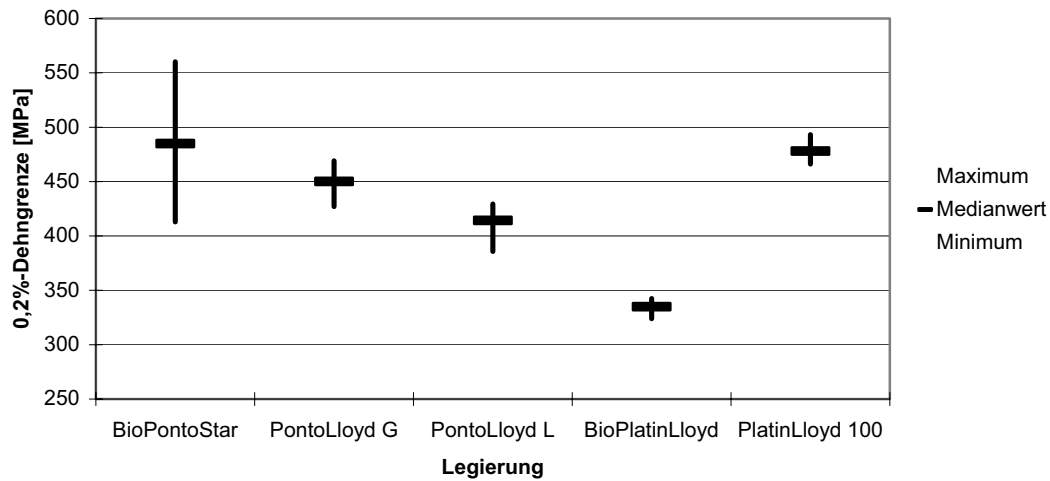


Abb. 15: 0,2% - Dehngrenze für Fornax G

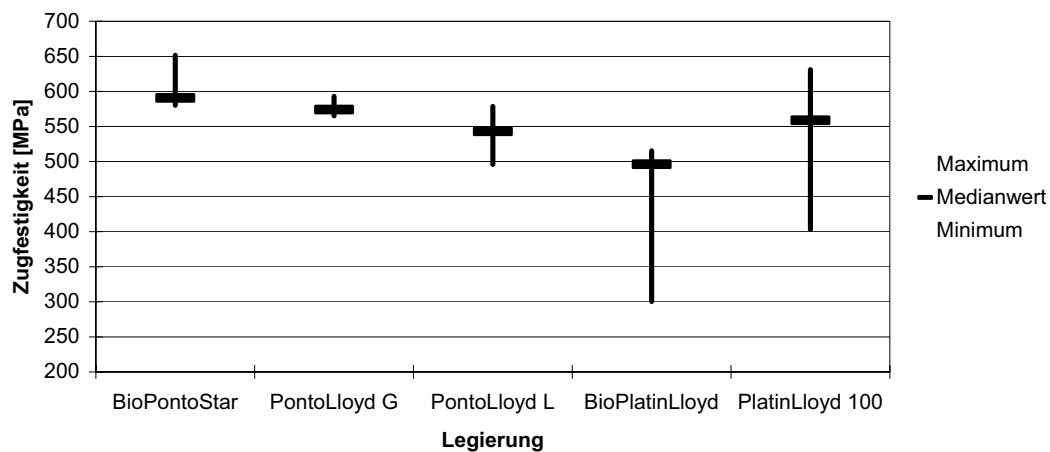


Abb. 16: Zugfestigkeit für Fornax G

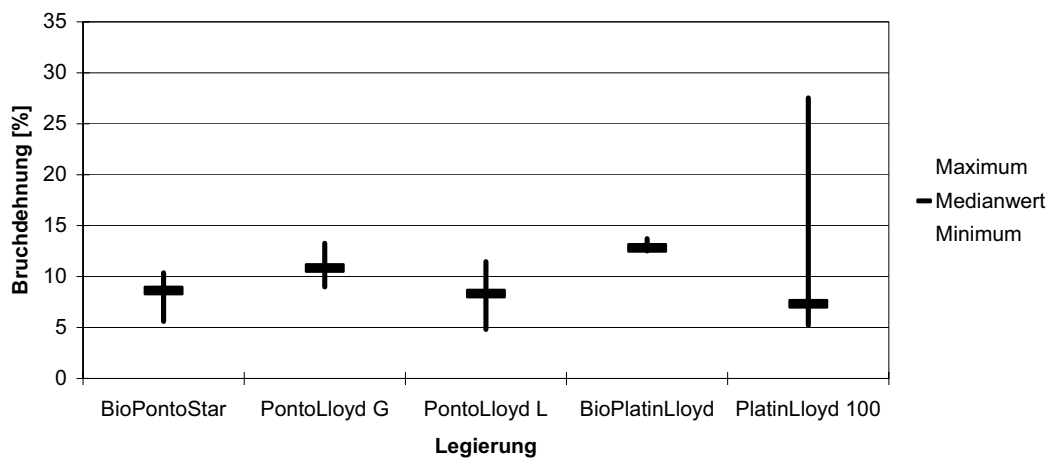


Abb. 17: Bruchdehnung für Fornax G

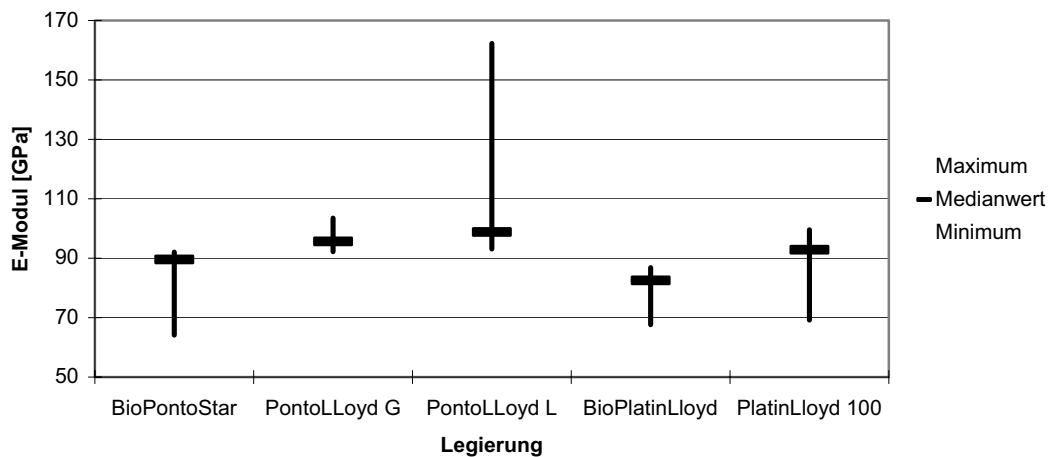


Abb. 18: Elastizitätsmodul für Fornax G

BioPontoStar erreichte mit 484 MPa die größte mittlere 0,2 %- Dehngrenze, während sich für BioPlatinLloyd mit 334 MPa die kleinste mittlere 0,2 %- Dehngrenze ergab. BioPlatinLloyd erreichte insgesamt, vergossen mit Fornax G, seine höchste mittlere 0,2 %- Dehngrenze, während BioPontoStar, PontoLloyd G und PontoLloyd L mit Fornax G auf ihre kleinsten mittleren 0,2 %- Dehngrenzen kamen.

Bei dem Vergleich der Zugfestigkeit erreichte BioPontoStar mit einem Mittelwert von 603 MPa das höchste Ergebnis. Die geringste mittlere Zugfestigkeit ergab sich mit 437 MPa für BioPlatinLloyd. Die Legierungen BioPontoStar, PontoLloyd L und PlatinLloyd 100 erreichten insgesamt vergossen mit Fornax G ihre geringste Zugfestigkeit.

Die höchste Bruchdehnung ergab sich für BioPlatinLloyd mit einem Mittelwert von 13 %. PontoLloyd L erreichte mit 8 % die geringste mittlere Bruchdehnung.

Vergossen mit Fornax G kam BioPontoStar auf seine geringste Bruchdehnung.

Den höchsten mittleren Elastizitätsmodul von 111 GPa erreichte PontoLloyd L. BioPlatinLloyd zeigte hier wie unter 4.1.1 den geringsten Mittelwert von 80 GPa.

BioPontoStar und PlatinLloyd 100 erreichten vergossen mit Fundor ihren geringsten mittleren E- Modul.

Die Rangfolge der mit Fornax G vergossen Legierungen entspricht annähernd der Rangfolge der mit Fundor vergossenen Legierungen.

Die einzelnen Ergebnisse der lichtmikroskopischen Untersuchung der Bruchfläche sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 41.6 bis Tab 41.10).

Die Proben mit der niedrigsten Bruchdehnung sind im Zusammenhang mit ihrem lichtmikroskopischem Erscheinungsbild in der Tabelle 7 aufgeführt.

Serie	Probe mit niedrigster Bruchdehnung und das jeweilige Ergebnis der lichtmikroskopischen Untersuchung
6	Probe 3: bei homogener Bruchfläche
7	Probe 1: großer linienförmiger Lunker im Randbereich
8	Probe 5: alle 6 Proben dieser Serie waren unauffällig
9	Proben 2 und 5: beide Proben wiesen zentral einen sehr großen Lunker auf
10	Probe 4: großer Lunker über der gesamten Fläche

Tab. 7: Lichtmikroskopischen Untersuchung der Bruchfläche für Fornax G

#### 4.2.2 Härtemessung

Die Messwerte und Messwertstatistik der Prüfung der Vickershärte der einzelnen Versuchsreihen sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 42, Tab. 44, 46, 48, 50 und 52).



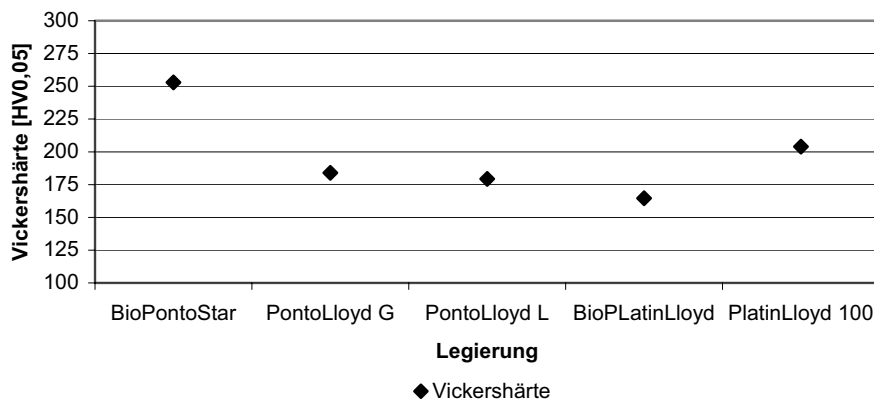


Abb. 19: Mittelwert der Vickershärte für Furnax G

Die höchste Härte erreichte BioPontoStar mit einem Mittelwert von 253 HV0,05. BioPLatinLloyd erreichte mit 164,6 HV0,05 die geringste Härte. BioPontoStar, PontoLloyd L und BioPLatin Lloyd kamen vergossen mit Furnax G auf ihre größte Härte.

#### 4.2.3 REM- Korngrößenbestimmung

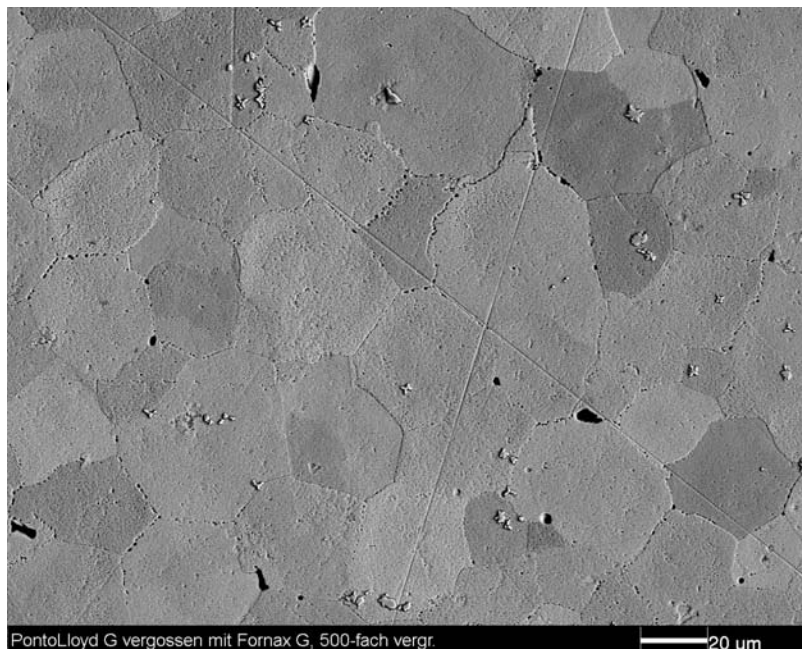


Abb. 20: Rasterelektronenmikroskopisches Gefügebild der Legierung PontoLloyd G vergossen mit Furnax G in 500-facher Vergrößerung

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
7	PontoLloyd G	836	578	69	69	2737	754

Tab. 8: REM- Untersuchung der Korngröße für Fornax G

Unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigte PontoLloyd G mit Fornax G vergossen die zweitkleinste mittlere Korngröße nach Fundor.

#### 4.2.4 Gefügeuntersuchungen

Die Korngrößenklassen sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab.53.1- 5).

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
6	BioPontoStar	537	268	50	102	1463	468
7	PontoLloyd G	1297	775	59	87	3600	1260
8	PontoLloyd L	2776	1766	64	286	7128	2413
9	BioPlatinLloyd	1973	1182	60	570	5015	1586
10	PlatinLloyd 100	2436	1739	71	214	7826	2079

Tab. 9: Messwertstatistik zur lichtmikroskopischen Untersuchung der Korngröße für Fornax G

Mit  $537 \mu\text{m}^2$  mittlerer Korngröße kam BioPontoStar wieder auf den kleinsten Wert. Anders als die mit Fundor vergossenen Serien 1-5 erreichte hier PontoLloyd L mit  $2776 \mu\text{m}^2$  die größte mittlere Korngröße.

### 4.3 Fornax T

#### 4.3.1 Zugversuch

Die einzelnen Messwerte und Messwertstatistiken sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 40.11- 15, Tab. 43, 45, 47, 49 und 51 ).

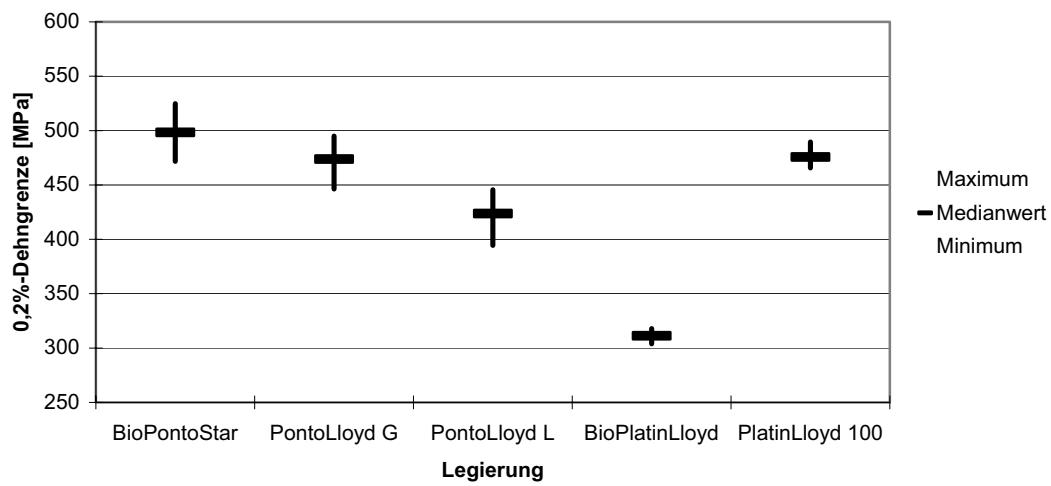


Abb. 21: 0,2%-Dehngrenze für Fornax T

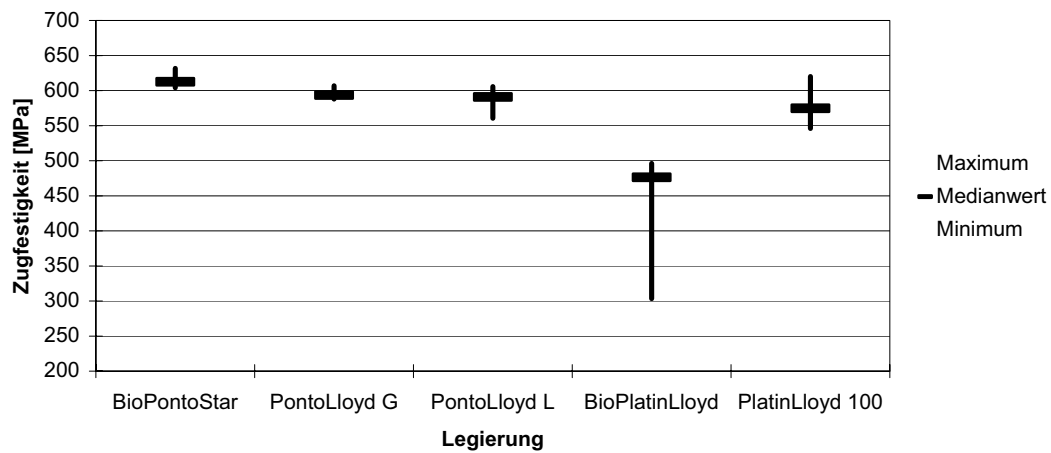


Abb. 22: Zugfestigkeit für Fornax T

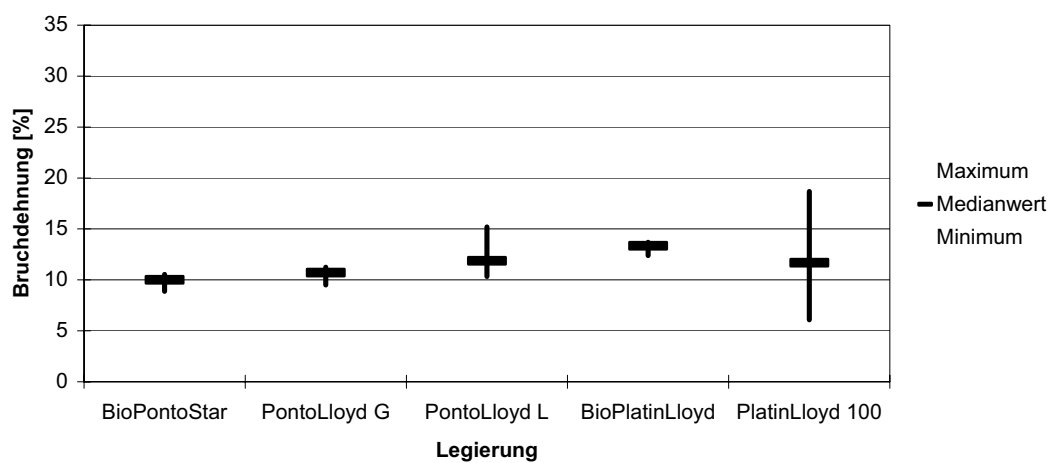


Abb. 23: Bruchdehnung für Fornax T

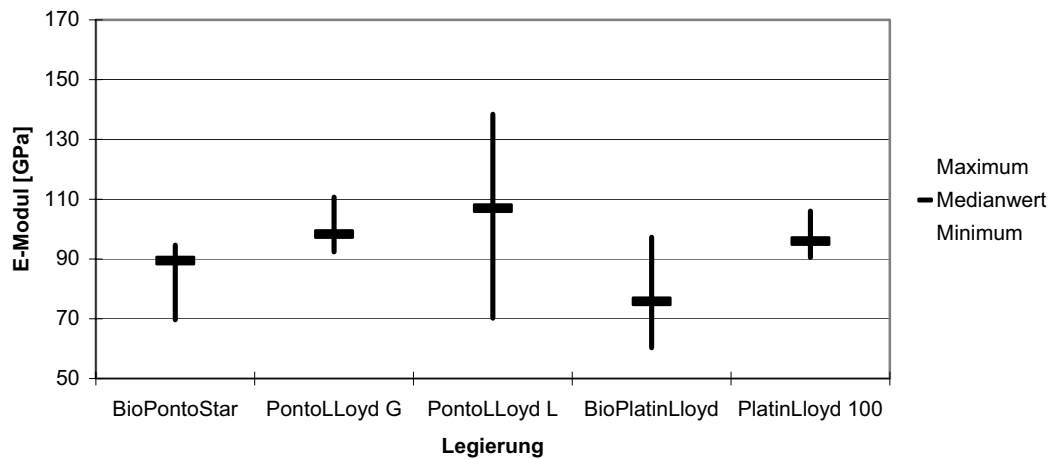


Abb. 24: Elastizitätsmodul für Fornax T

Bei dem Vergleich der 0,2 %- Dehngrenze für Fornax T erreichte BioPontoStar den höchsten Mittelwert von 497 MPa. Auf die niedrigste mittlere 0,2 %- Dehngrenze kam BioPlatinLloyd mit einem Wert von 310 MPa. PontoLloyd G erreichte vergossen mit Fornax T seine höchste 0,2 %- Dehngrenze.

Die höchste mittlere Zugfestigkeit erreichte für Fornax T die Legierung BioPontoStar mit 614 MPa. Auf die geringste mittlere Zugfestigkeit kam BioPlatinLloyd mit 451 MPa. PontoLloyd G erreichte vergossen mit Fornax T seine höchste mittlere Zugfestigkeit.

Bei dem Vergleich der Bruchdehnung für Fornax T erreichten BioPlatinLloyd mit 13 % die höchste und BioPontoStar mit 10 % die geringste mittlere Bruchdehnung.

PlatinLloyd 100 kam vergossen mit Fornax T auf seine geringste mittlere Bruchdehnung.

Mit 103 GPa erreichte PontoLloyd L für Fornax T den höchsten mittleren Elastizitätsmodul. Auch hier zeigte BioPlatinLloyd mit 78 GPa den geringsten E-Modul. Insgesamt erreichte PontoLloyd G vergossen mit Fundor seinen höchsten mittleren E-Modul. BioPlatinLloyd und PlatinLloyd 100 kamen mit Fundor auf ihren geringsten Elastizitätsmodul.

Die Proben mit der niedrigsten Bruchdehnung sind im Zusammenhang mit ihrem lichtmikroskopischen Erscheinungsbild in der Tabelle 10 aufgeführt. Die einzelnen Ergebnisse sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab.41.11- 15).

Serie	Probe mit niedrigster Bruchdehnung und das jeweilige Ergebnis der lichtmikroskopischen Untersuchung
11	Probe 1: linienförmiger Lunker im Randbereich
12	Probe 6: nur kleine Lunker im Randbereich
13	Probe 1: Lunker im Randbereich
14	Probe 3: ausgeprägt großer Lunker von peripher nach zentral reichend
15	Probe 1: großer Lunker im Randbereich

Tab. 10: Lichtmikroskopische Untersuchung der Bruchfläche für Fornax T

### 4.3.2 Härtemessung

Die einzelnen Messwerte und die Messwertstatistik sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 42, Tab.44, 46, 48, 50 und 52).

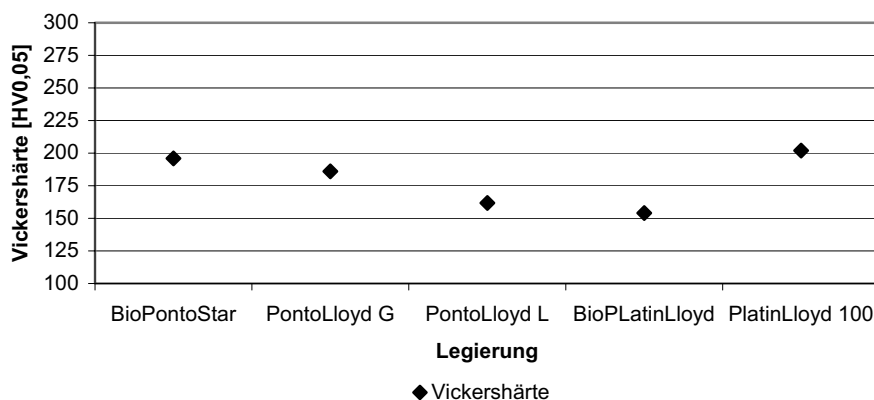


Abb. 25: Vickershärte für Fornax T

Auf die höchste mittlere Härte kam PlatinLloyd 100 mit 202 HV0,05. BioPLatinLloyd erreichte mit 154 HV0,05 den geringsten Wert dieser fünf Legierungen.

Vergossen mit Fornax T erreicht PontoLloyd G seine größte mittlere Härte.

### 4.3.3 REM- Korngrößenbestimmung

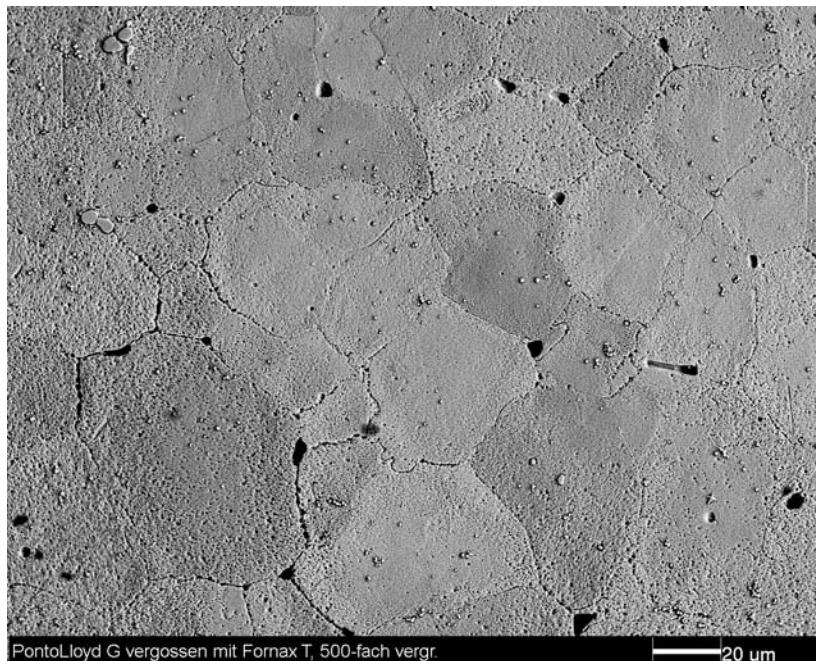


Abb. 26: Rasterelektronenmikroskopisches Gefügebild der Legierung PontoLloyd G vergossen mit Furnax T in 500-facher Vergrößerung

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
12	PontoLloyd G	1287	905	70	76	3638	1280

Tab. 11: REM– Untersuchung der Korngrößen für Furnax T

Unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigte PontoLloyd G vergossen mit FurnaxT die größte mittlere Korngröße.

### 4.3.4 Gefügeuntersuchung

Die Korngrößenklassen sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab.53.1- 5).

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
11	BioPontoStar	528	227	43	152	1245	497
12	PontoLloyd G	1056	518	49	112	3121	997
13	PontoLloyd L	1883	1380	73	369	6578	1500
14	BioPlatinLloyd	2079	1132	54	567	5243	1884
15	PlatinLloyd 100	2623	1898	72	61	8615	2110

Tab.12: Lichtmikroskopische Untersuchung der Korngrößen für Furnax T

Mit  $528 \mu\text{m}^2$  mittlerer Korngröße kam BioPontoStar wieder auf den kleinsten Wert. Die größte mittlere Korngröße zeigte PlatinLloyd 100 mit  $2623 \mu\text{m}^2$ .

## 4.4 Nautilus MC

### 4.4.1 Zugversuch

Die einzelnen Messwerte und Messwertstatistiken sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab.40.16-20, Tab. 43, 45, 47, 49 und 51).

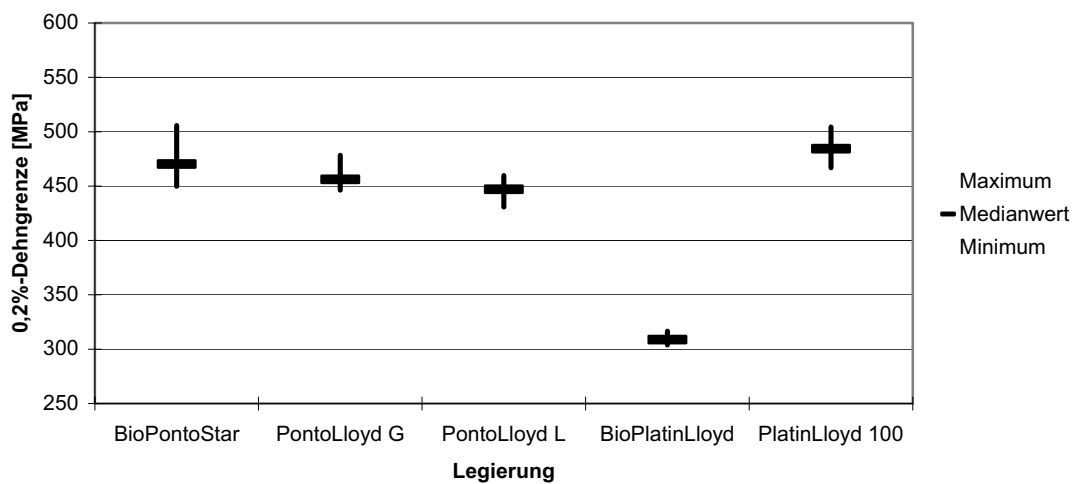


Abb. 27: 0,2%-Dehngrenze für Nautilus MC

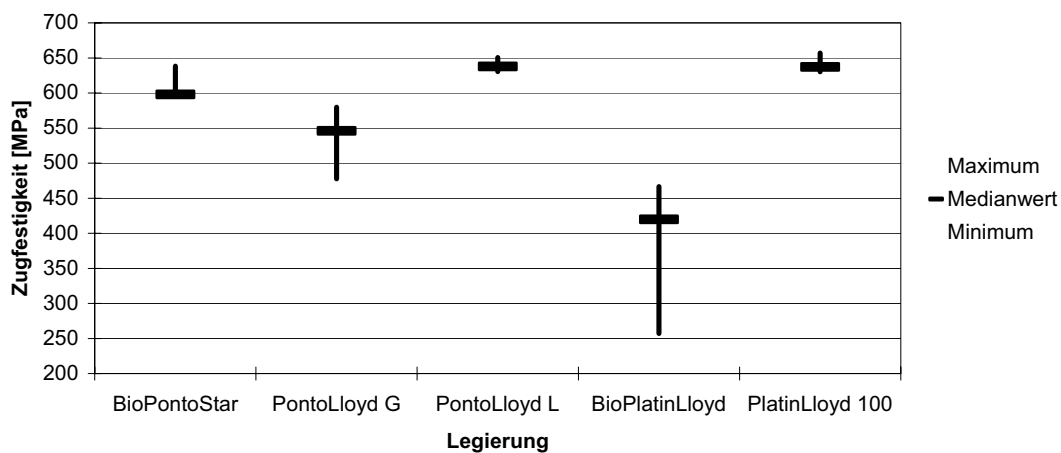


Abb. 28: Zugfestigkeit für Nautilus MC

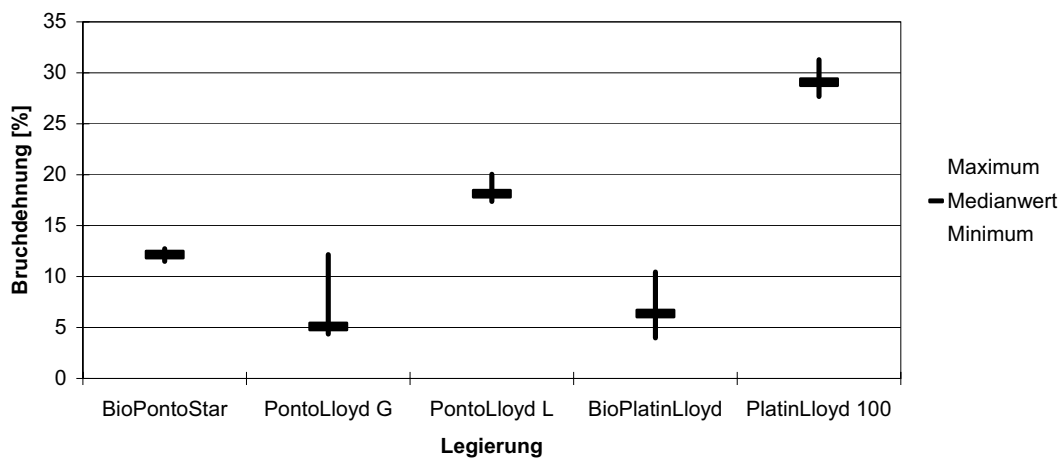


Abb. 29: Bruchdehnung für Nautilus MC

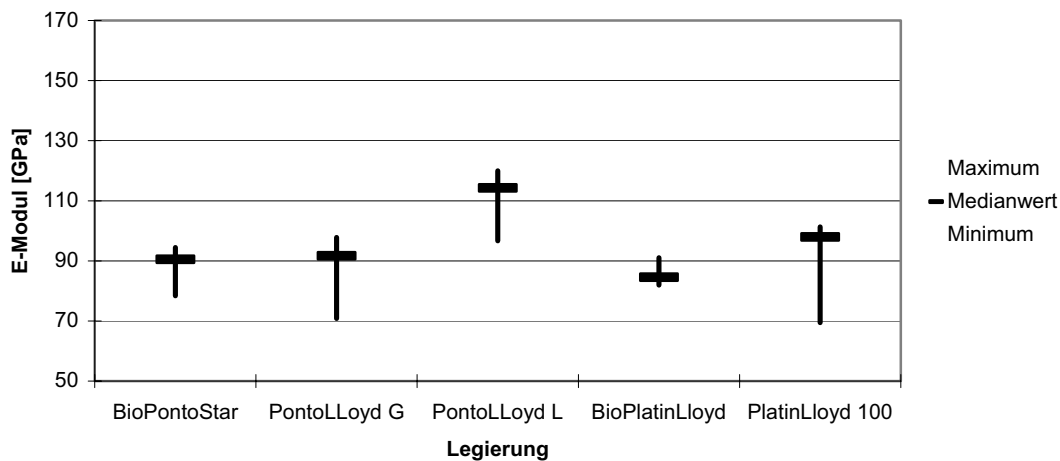


Abb. 30: Elastizitätsmodul für Nautilus MC

Bei dem Vergleich der 0,2 %- Dehngrenze für Nautilus MC erreichte PlatinLloyd 100 mit 486 MPa den höchsten Mittelwert. Bio PlatinLloyd zeigte mit 309 MPa die geringste mittlere 0,2 %- Dehngrenze. Vergossen mit Nautilus MC erreichten PontoLloyd L und PlatinLloyd 100 ihre höchste mittlere 0,2 %- Dehngrenze. Dagegen kam Bio PontoStar mit Nautilus MC auf seinen geringsten Mittelwert in der 0,2 %- Dehngrenze.

PlatinLloyd 100 erreichte bei dem Vergleich der Serien 16 bis 20 mit 640 MPa die höchste mittlere Zugfestigkeit. Den geringsten Wert erbrachte Bio PlatinLloyd mit 396 MPa. BioPlatinLloyd und PontoLloyd G brachten es mit Nautilus MC vergossen auf ihre niedrigste mittlere Zugfestigkeit. Dagegen erreichten PontoLloyd L und PlatinLloyd 100 mit Nautilus MC ihren höchsten Wert in der Zugfestigkeit.



Die höchste mittlere Bruchdehnung zeigte sich mit 29 % für PlatinLloyd 100. Bio PlatinLloyd zeigte hier die geringste mittlere Bruchdehnung mit 7 %.

Vergossen mit Nautilus MC erreichte PlatinLloyd 100 seine höchste Bruchdehnung. Dagegen zeigten PontoLloyd G und Bio PlatinLloyd mit Nautilus MC ihre geringsten Werte für die mittlere Bruchdehnung.

Vergleicht man die Elastizitätsmodule, die für Nautilus MC erreicht wurden, so erhält man für PontoLloyd L mit 112 GPa den höchsten Mittelwert und für Bio PlatinLloyd mit 86 GPa den geringsten mittleren E- Modul. Vergossen mit Nautilus MC erreichten PontoLloyd L und Bio PlatinLloyd ihren höchsten mittleren E- Modul. PontoLloyd G kam vergossen mit Nautilus MC auf seinen geringsten mittleren E- Modul.

Die einzelnen Ergebnisse sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 41.16- 20). Die Proben mit der niedrigsten Bruchdehnung sind im Zusammenhang mit ihrem lichtmikroskopischen Erscheinungsbild in der Tabelle 13 aufgeführt.

Serie	Probe mit niedrigster Bruchdehnung und das jeweilige Ergebnis der lichtmikroskopischen Untersuchung
16	Probe 6: homogene Bruchfläche
17	Probe 3: großer Lunker im Randbereich
18	Probe 4: alle 6 Proben dieser Serie waren unauffällig
19	Probe 2: viele kleine Lunker im Randbereich
20	Probe 5: alle 6 Proben dieser Serie waren unauffällig

Tab. 13: Lichtmikroskopische Untersuchung der Bruchfläche für Nautilus MC

#### 4.4.2 Härtemessung

Die einzelnen Messwerte und die Messwertstatistik sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 42).

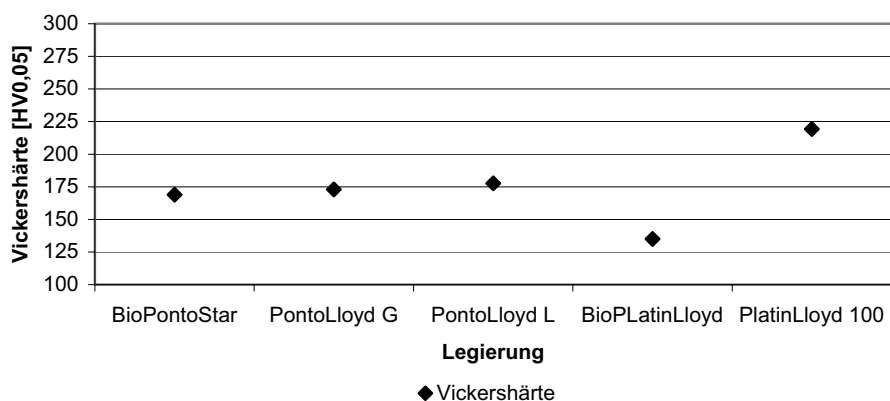


Abb. 31: Vickershärte für Nautilus MC

PlatinLloyd 100 zeigte mit 219 HV0,05 die höchste und BioPLatinLloyd mit 135 HV0,05 die geringste mittlere Härte. Vergossen mit Nautilus MC erreichte PlatinLloyd 100 seinen höchsten mittleren Härtewert. BioPontoStar und PontoLloyd G kamen dagegen mit Nautilus MC auf ihre geringste Härte.

#### 4.4.3 REM- Korngrößenbestimmung

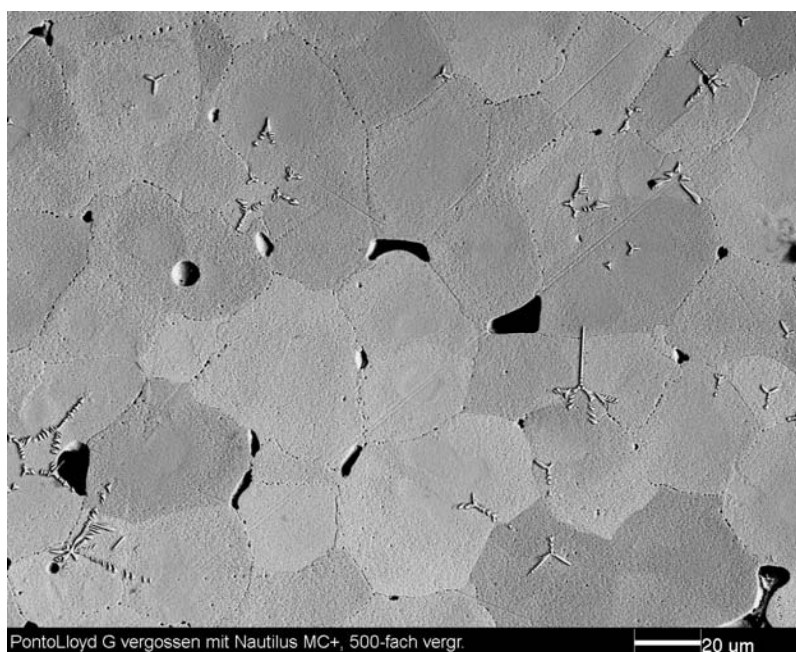


Abb. 32: Rasterelektronenmikroskopisches Gefügebild der Legierung PontoLloyd G vergossen mit Nautilus MC in 500-facher Vergrößerung

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdabw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
17	PontoLloyd G	1238	743	60	309	2729	1064

Tab. 14: REM- Untersuchung der Korngrößen für Nautilus MC

Unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigte PontoLloyd G mit Nautilus MC vergossen die zweithöchste mittlere Korngröße.

#### 4.4.4 Gefügeuntersuchung

Die Korngrößenklassen sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab. 53.1 bis Tab. 53.5).

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
16	BioPontoStar	596	289	48	104	1435	522
17	PontoLloyd G	1306	789	60	146	3348	997
18	PontoLloyd L	1957	964	49	106	4440	1866
19	BioPlatinLloyd	2634	1573	60	623	6042	2302
20	PlatinLloyd 100	3341	1771	53	402	7536	3246

Tab. 15: Lichtmikroskopische Untersuchung der Korngrößen für Nautilus MC

Mit  $596 \mu\text{m}^2$  mittlerer Korngröße kam die Legierung BioPontoStar wiederholt auf den kleinsten Wert. Auch hier zeigte PlatinLloyd 100 die größte mittlere Korngröße mit  $3341 \mu\text{m}^2$ .

## 4.5 Nautilus T

### 4.5.1 Zugversuch

Die einzelnen Messwerte und Messwertstatistiken sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 40.21- 25, Tab. 43, 45, 47, 49 und 51).

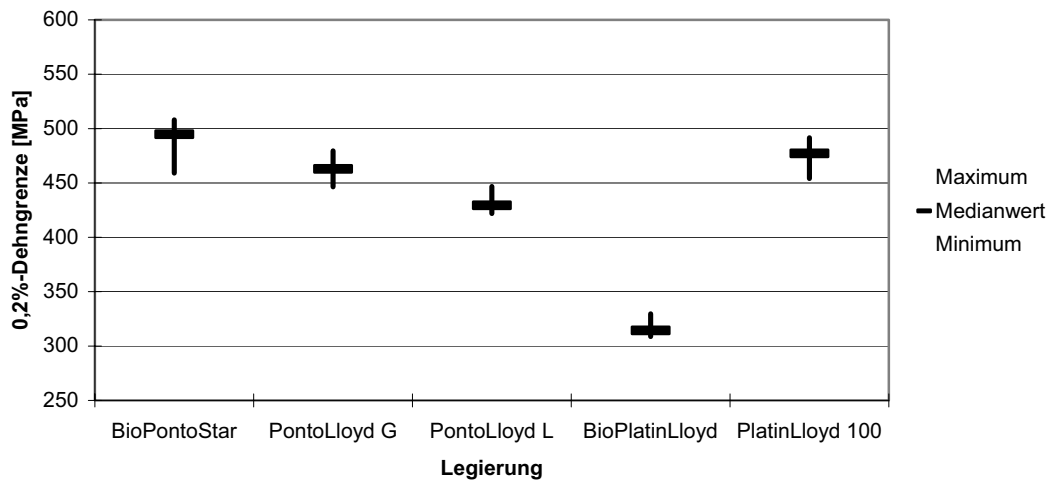


Abb. 33: 0,2-% Dehngrenze für Nautilus T

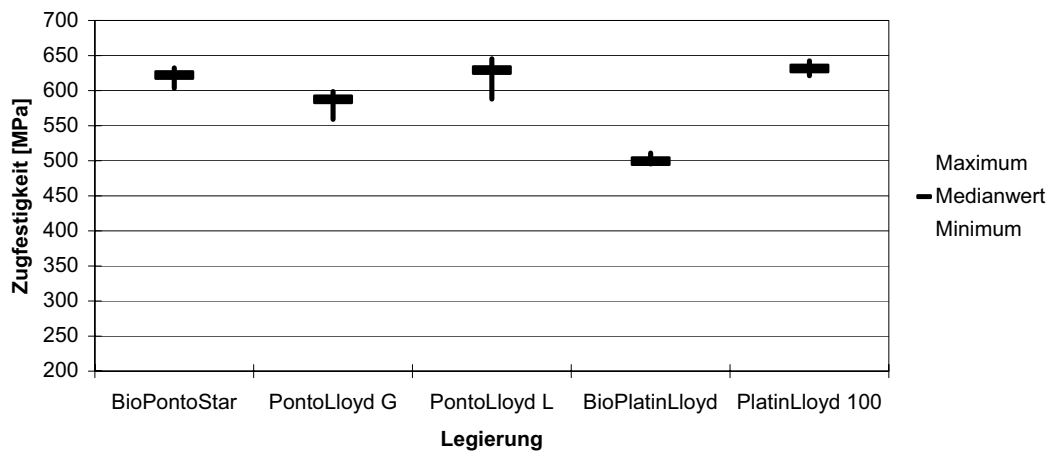


Abb. 34: Zugfestigkeit für Nautilus T

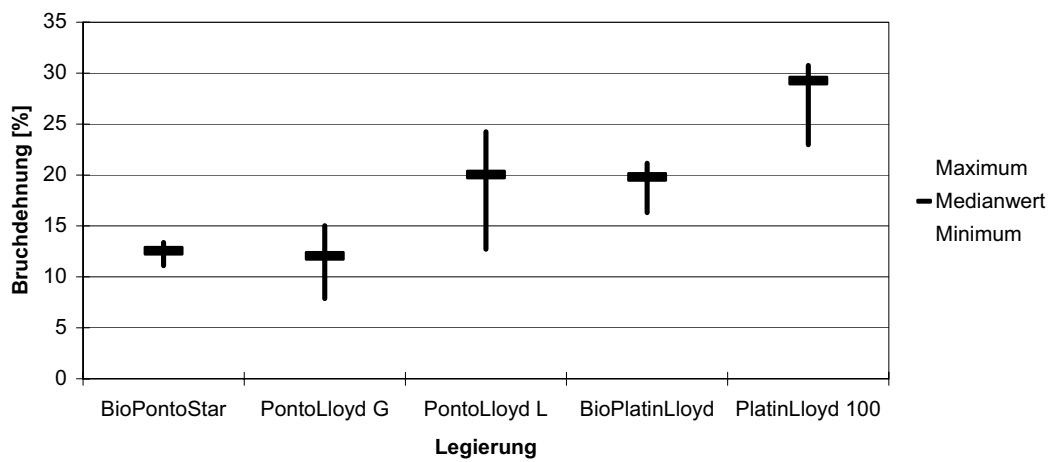


Abb. 35: Bruchdehnung für Nautilus T

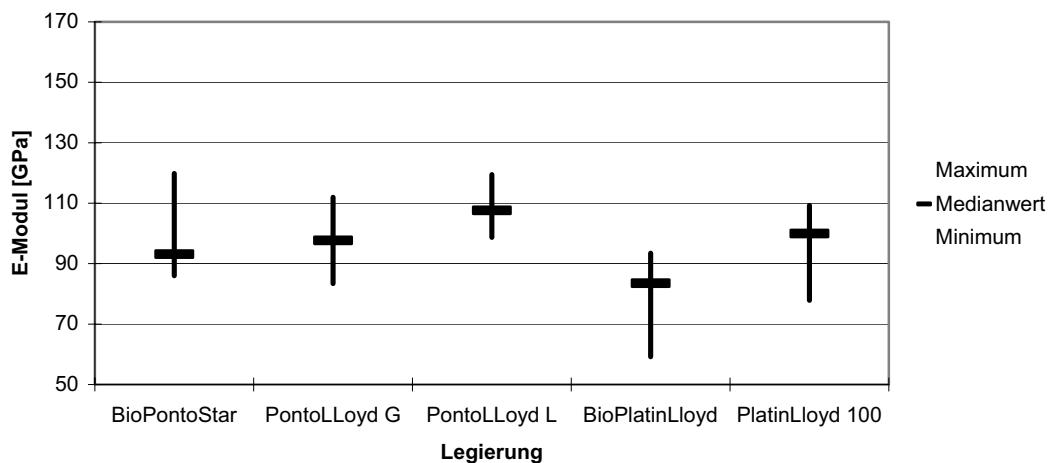


Abb. 36: Elastizitätsmodul für Nautilus T

Vergleicht man die 0,2 %- Dehngrenzen, die mit Nautilus T erreicht wurden, miteinander, so erzielte Bio PontoStar mit 488,68 MPa den höchsten Mittelwert. Die geringste mittlere 0,2 %- Dehngrenze erbrachte Bio PlatinLloyd mit 317 MPa.

Vergossen mit Nautilus T erreichte PlatinLloyd 100 seine geringste mittlere 0,2 %- Dehngrenze.

PlatinLloyd 100 erreichte beim Vergleich der Serien 21 bis 25 mit 632 MPa die höchste mittlere Zugfestigkeit. Auf den geringsten Mittelwert kam Bio PlatinLloyd mit 502 MPa. Insgesamt erreichte Bio PlatinLloyd vergossen mit Nautilus T seine höchste Zugfestigkeit.

Die höchste mittlere Bruchdehnung für Nautilus T erbrachte PlatinLloyd 100 mit 28 %. PontoLloyd G zeigte mit 12 % die geringste mittlere Bruchdehnung. Vergossen mit Nautilus T erreichten die Legierungen Bio PontoStar, PontoLloyd G, PontoLloyd L und Bio PlatinLloyd ihre höchsten Bruchdehnungen.

PontoLloyd L erreichte mit 109 GPa den höchsten mittleren E- Modul. Bio PlatinLloyd kam mit 81 GPa auf den geringsten Wert für den mittleren E- Modul für Nautilus T. Insgesamt erreichte Bio PontoStar vergossen mit Nautilus T seinen höchsten mittleren Elastizitätsmodul.

Die einzelnen Ergebnisse sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 41.21- 25). Die Proben mit der niedrigsten Bruchdehnung sind im Zusammenhang mit ihrem lichtmikroskopischem Erscheinungsbild in der Tabelle 16 aufgeführt.

Serie	Probe mit niedrigster Bruchdehnung und das jeweilige Ergebnis der lichtmikroskopischen Untersuchung
21	Probe 3: kleiner Lunker im Randbereich, alle anderen Proben waren o.B.
22	Probe 6: sehr großer Einschluss im Randbereich
23	Probe 1: großer Einschluss im Randbereich
24	Probe 3: linienförmiger Einschluss im Randbereich
25	Probe 6: mehrere kleine Lunker ubiquitär

Tab. 16: Lichtmikroskopische Untersuchung der Bruchfläche für Nautilus T

#### 4.5.2 Härtemessung

Die einzelnen Messwerte und die Messwertstatistik sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 42, Tab. 44, 46, 48, 50 und 52).

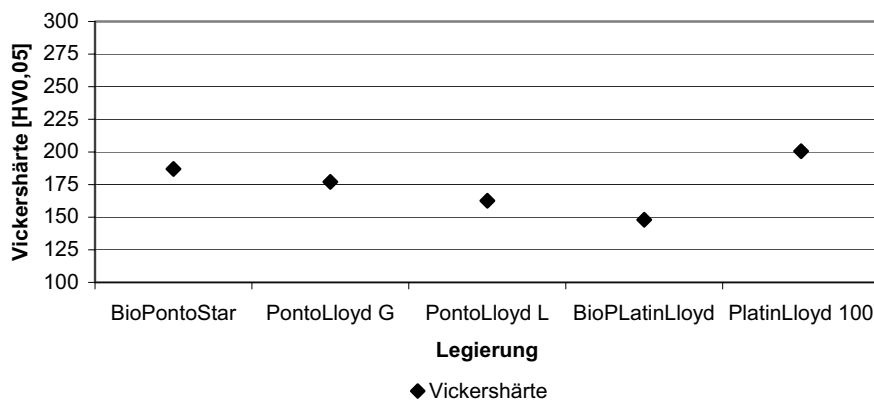


Abb. 37: Vickershärte für Nautilus T

Vergleicht man die mit Nautilus T erzielten mittleren Härtewerte, so erreichte PlatinLloyd 100 mit 200,6 HV0,05 die höchste mittlere Härte und BioPLatinLloyd erlangte die geringste mittlere Härte von 148 HV0,05.

### 4.5.3 REM- Korngrößenbestimmung

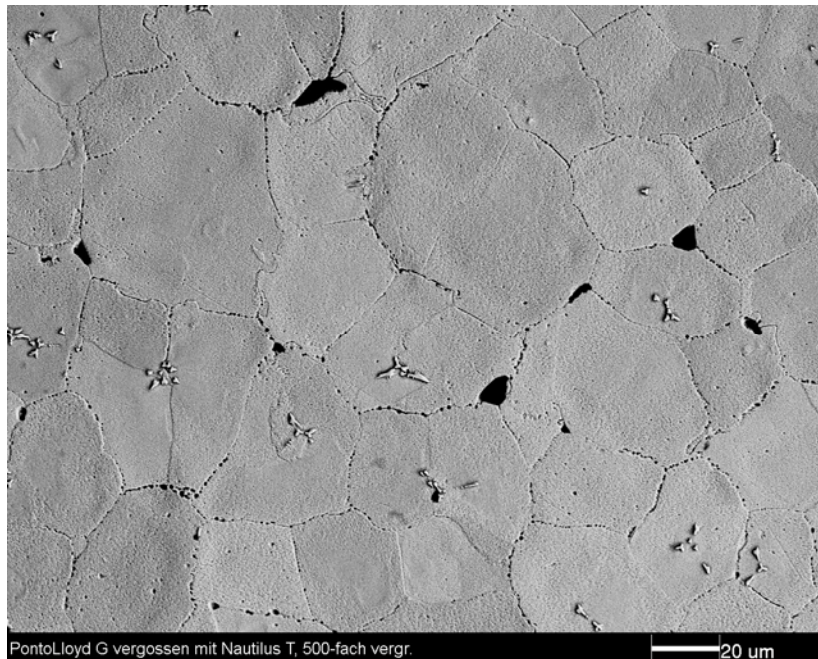


Abb. 38: Rasterelektronenmikroskopisches Gefügebild der Legierung PontoLloyd G vergossen mit Nautilus T in 500-facher Vergrößerung

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
22	PontoLloyd G	1006	738	73	189	3517	884

Tab. 17: REM- Untersuchung der Korngrößen für Nautilus T

Unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigte PontoLloyd G mit Nautilus T vergossen die drittkleinste mittlere Korngröße.

### 4.5.4 Gefügeuntersuchung

Die Korngrößenklassen sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab. 53.1 bis Tab. 53.5).

Serie	Legierung	Mittelwert [ $\mu\text{m}^2$ ]	Stdadw. [ $\mu\text{m}^2$ ]	Varkoeff. [%]	Minimum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Maximum [ $\mu\text{m}^2$ ]	Medianwert [ $\mu\text{m}^2$ ]
21	BioPontoStar	574	275	48	66	1466	534
22	PontoLloyd G	1371	714	52	146	3738	1257
23	PontoLloyd L	2874	1377	48	792	5587	2799
24	BioPlatinLloyd	2567	1521	59	517	5846	2271
25	PlatinLloyd 100	3127	1988	64	221	8651	2822

Tab. 18: Lichtmikroskopische Untersuchung der Korngrößen für Nautilus T

Auch beim Vergleich der mittleren Korngrößen für Nautilus T erreichten BioPontoStar mit  $574 \mu\text{m}^2$  den kleinsten Wert und PlatinLloyd 100 mit  $3127 \mu\text{m}^2$  den höchsten Wert.

## 4.6 Vergleich der Gussysteme

### 4.6.1 Vergleich der 0,2% - Dehngrenzen

Die Messwertstatistiken der 0,2 % - Dehngrenze, der Zugfestigkeit, der Bruchdehnung und des Elastizitätsmoduls aller Legierungen sind im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 43.1- 4 für BioPontoStar, Tab. 45.1- 4 für PontoLloyd G, Tab.47.1- 4 für PontoLloyd L, Tab. 49.1- 4 für BioPlatinLloyd und Tab.51.1- 4 für PlatinLloyd 100).

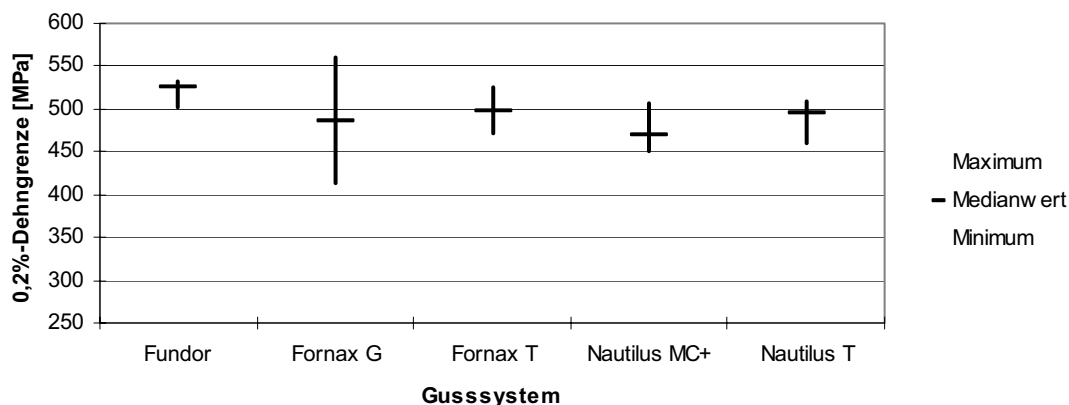


Abb. 39: Vergleich der 0,2 %- Dehngrenzen für BioPontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme.

Vergleicht man die 0,2 %- Dehngrenze der Legierung BioPontoStar in Abhängigkeit der verschiedenen Gussysteme miteinander, so erreicht Fundor bei der kleinsten Messwertstreuung den höchsten Mittelwert von 523 MPa. Ebenfalls gute Werte lieferten die Gussysteme Fornax T mit 497 MPa und Nautilus T mit 488 MPa.



Die größte Streubreite bei einem relativ geringem Mittelwert von 484 MPa zeigte Fornax G. Der geringste Mittelwert von 473 MPa wurde für Nautilus MC ermittelt. BioPontoStar ist die Legierung mit den höchsten Einzelwerten in der 0,2 %-Dehngrenze. Sie ist aber auch die Legierung mit der größten Messwertstreuung.

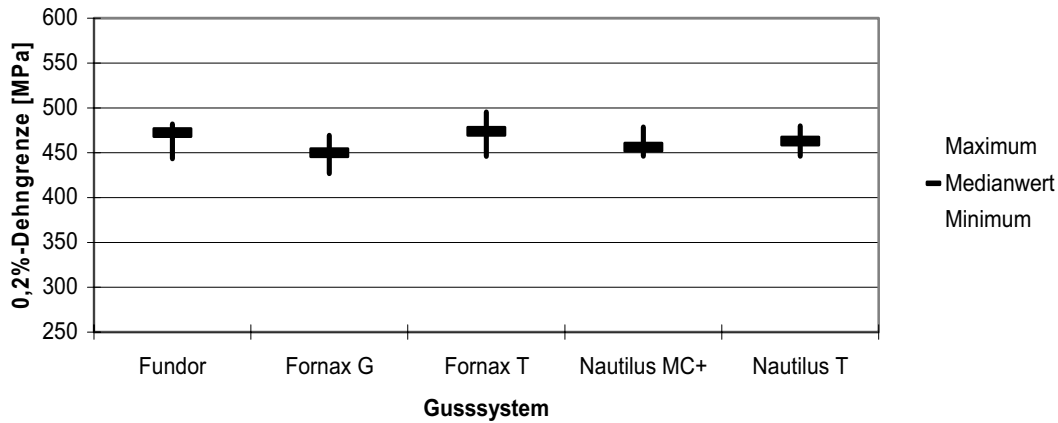


Abb. 40: Vergleich der 0,2 %- Dehngrenzen für Pontolloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Bei dem Vergleich der 0,2 %- Dehngrenze, die für Pontolloyd G mit den verschiedenen Gussystemen erreicht wurde, zeigen sich relativ konstante Ergebnisse zwischen 427 MPa und 495 MPa. Die Messwertstreuung fällt für alle fünf Gussysteme nur gering aus. Die Gießmaschinen Fundor und Fornax T erbrachten die höchsten Mittelwerte in der 0,2 %- Dehngrenze. Der geringste Mittelwert von 451 MPa ergab sich für Fornax G.

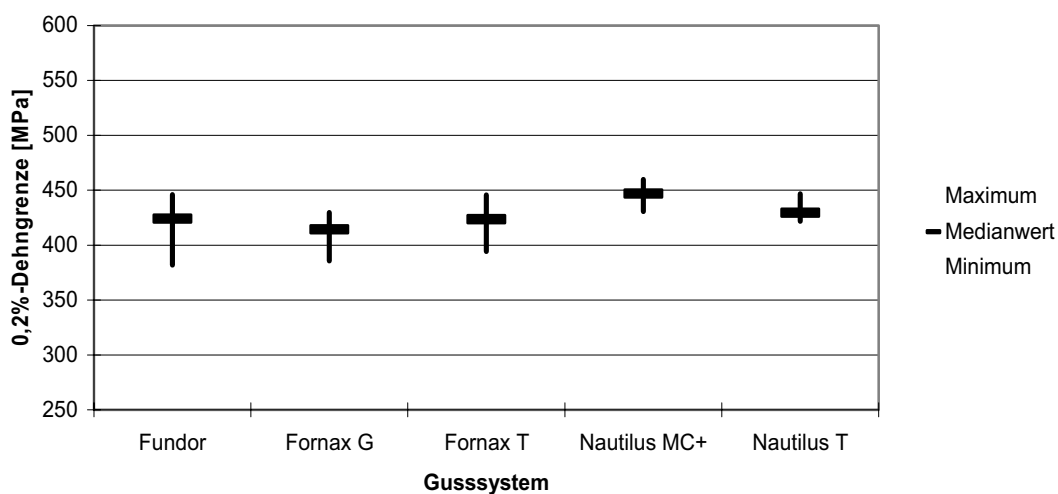


Abb. 41: Vergleich der 0,2 %- Dehngrenzen für Pontolloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Auch die Legierung PontoLloyd L lieferte konstante Ergebnisse mit geringer Messwertstreuung. Hier liegen die gemessenen Werte zwischen 382 und 459 MPa. Nautilus MC erreichte hier den höchsten Mittelwert mit 446 MPa.

Auch hier zeigte Fornax G mit 412 MPa den geringsten Mittelwert.

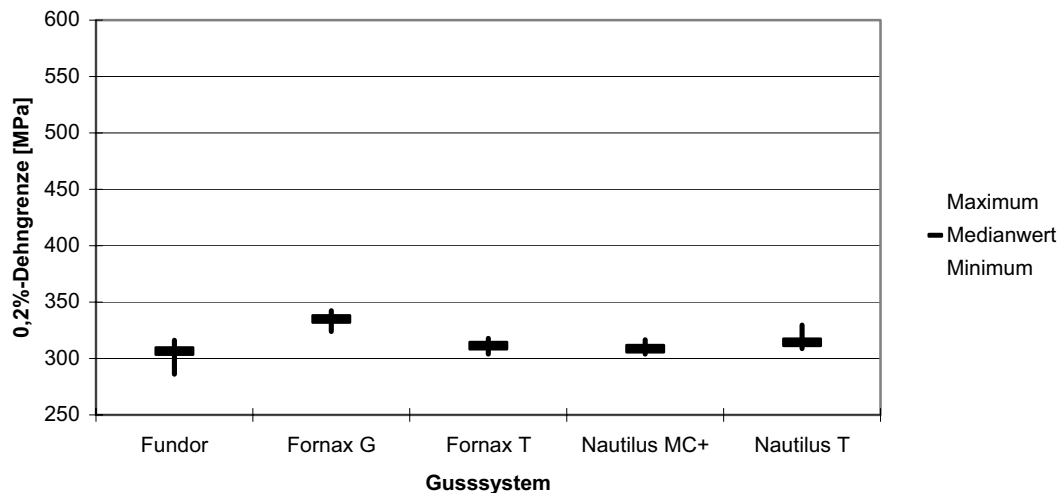


Abb. 42: Vergleich der 0,2 %- Dehngrenze von BioPlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gusssysteme

BioPlatinLloyd ist die Legierung mit der geringsten Streubreite der Messergebnisse für die 0,2 %- Dehngrenze. Sie ist aber auch die Legierung mit der geringsten 0,2 %- Dehngrenze. Ihre Werte liegen relativ konstant zwischen 286 und 342 MPa.

Den höchsten Mittelwert zeigte hier Fornax G mit 334 MPa. Der geringste Mittelwert ergab sich für Fundor mit 304 MPa.

PlatinLloyd 100 zeigte die konstantesten Mittelwerte aller fünf Legierungen für die 0,2 %- Dehngrenze zwischen 473 MPa für Nautilus T und 486 MPa für Nautilus MC.

Diese Legierung lieferte hiermit in der 0,2 %- Dehngrenze die verarbeitungsunabhängigsten Ergebnisse, die allesamt sehr hoch liegen.

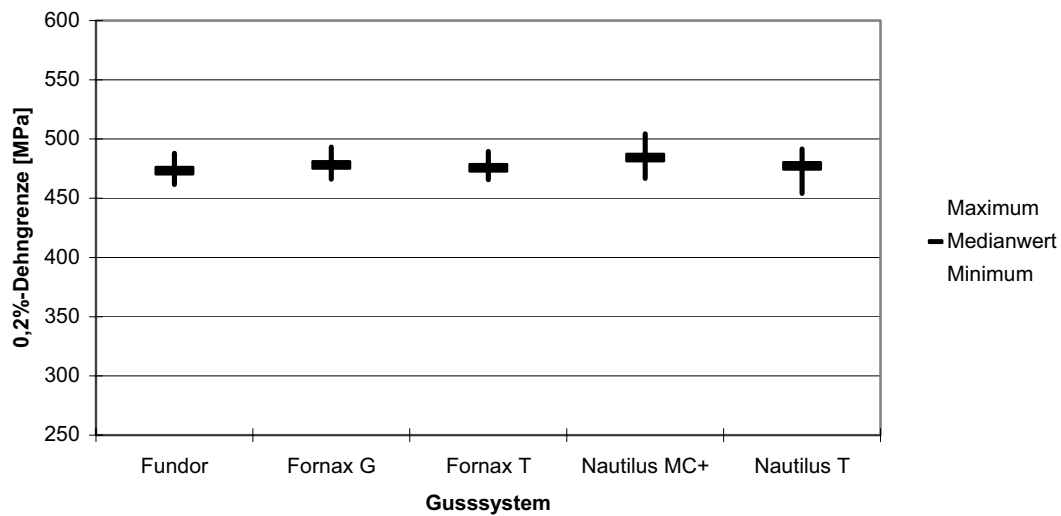


Abb. 43: Vergleich der 0,2 %- Dehngrenze von PlatinLoyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	*	**	*
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 19: Statistische Auswertung der 0,2%-Dehngrenze der Legierung Bio PontoStar

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 20: Statistische Auswertung der 0,2%-Dehngrenze der Legierung PontoLloyd G

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	*	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	**	n.s.
Fornax T	X	X	X	*	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	*
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 21: Statistische Auswertung der 0,2%-Dehngrenze der Legierung PontoLloyd L

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	**	n.s.	n.s.	*
Fornax G	X	X	**	**	**
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	*
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 22: Statistische Auswertung der 0,2%-Dehngrenze der Legierung Bio PlatinLloyd

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.23: Statistische Auswertung der 0,2%-Dehngrenze der Legierung PlatinLloyd 100

Beim Vergleich der Gussysteme hinsichtlich der 0,2%-Dehngrenze zeigt sich kein eindeutiges Ergebnis. Zwar liegt die Gussmaschine Fundor T für die Legierung Bio PontoStar signifikant über Fornax T und Nautilus T und hoch signifikant über Nautilus MC plus, für die Legierung PontoLloyd L jedoch liegt Nautilus MC signifikant über Fundor, Fornax T und Nautilus MC und hoch signifikant über Fornax G.

Fornax G wiederum liegt für die Legierung Bio PlatinLloyd hoch signifikant über Fundor, Fornax T, Nautilus MC und Nautilus T. Dies sind Ergebnisse, die sich widersprechen.

Für PlatinLloyd 100 und PontoLloyd G sind die Gussysteme hinsichtlich der 0,2%-Dehngrenze gleich zu bewerten.

#### 4.6.2 Vergleich der Zugfestigkeit

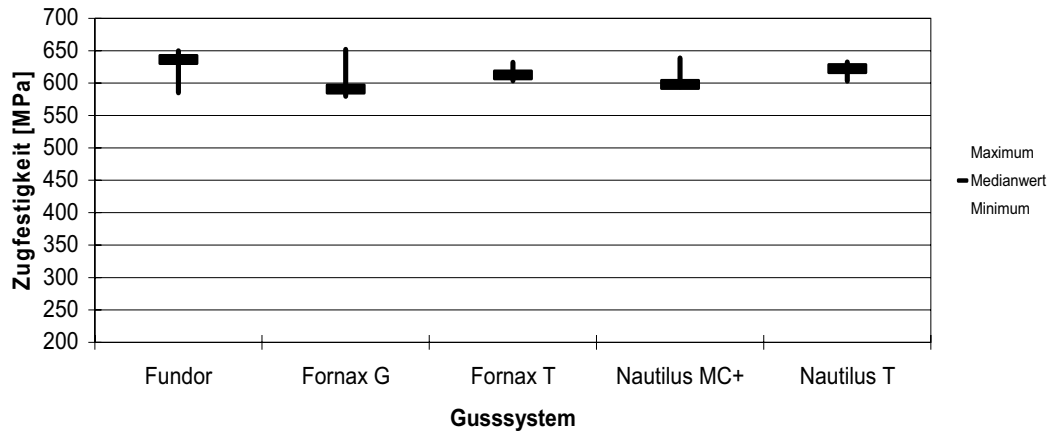


Abb. 44: Vergleich der Zugfestigkeit für BioPontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Bei dem Vergleich der Zugfestigkeit, die für BioPontoStar mit den verschiedenen Gussystemen erreicht wurde, zeigen sich relativ konstante Median- und Mittelwerte bei einer relativ hohen Messwertstreuung.

Die Gießmaschine Fundor erbrachte mit einem Mittelwert von 630 MPa das beste Ergebnis. Mit 473 MPa erzielte Nautilus MC hier den geringsten Mittelwert. Diese Ergebnisse ähneln denen der 0,2 %- Dehngrenze, die mit den selben Proben ermittelt wurden.

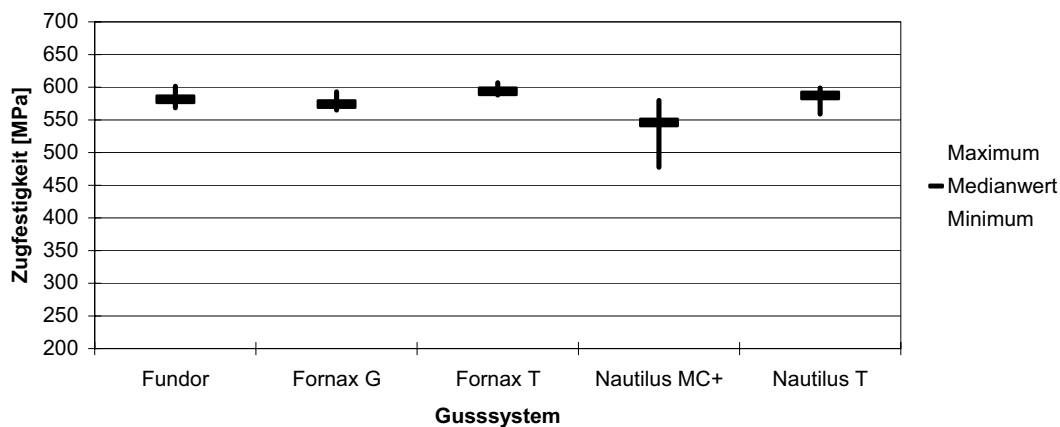


Abb. 45: Vergleich der Zugfestigkeit für PontoLloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Für die Legierung PontoLloyd G wurden in der Zugfestigkeit konstante Messergebnisse mit geringen Streubreiten ermittelt.

Fornax T erzielte mit 595 MPa den höchsten Mittelwert. Nautilus MC brachte mit 541 MPa den geringsten Mittelwert bei einer relativ großen Messwertstreuung.

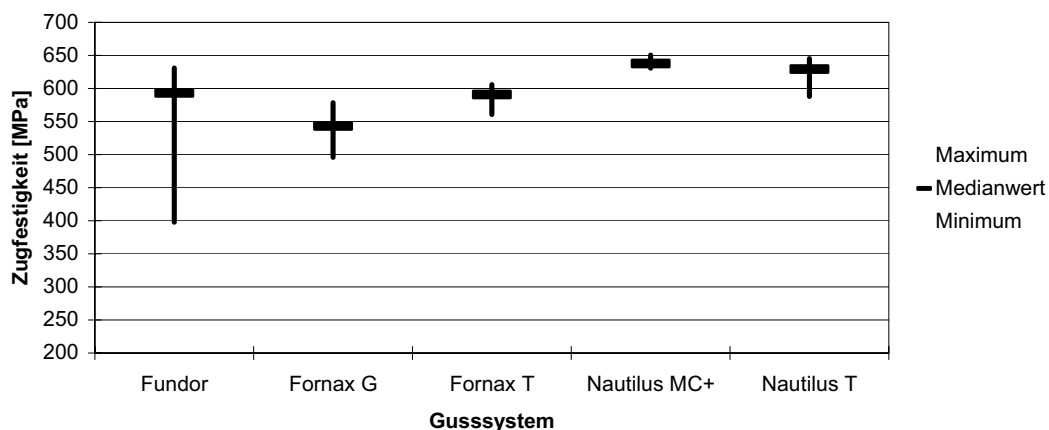


Abb. 46: Vergleich der Zugfestigkeit für PontoLloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PontoLloyd L reagierte in den Ergebnissen der Zugfestigkeit verarbeitungsabhängiger als zum Beispiel BioPontoStar und PontoLloyd G. Für Fundor wurde eine große Messwertstreuung ermittelt. Sie erstreckt sich vom Minimum 398 MPa bis zum Maximum 631 MPa.

Die höchste mittlere Zugfestigkeit wurde für Nautilus MC mit 636 MPa ermittelt. Auf den geringsten Mittelwert kam Fornax G mit 539 MPa.

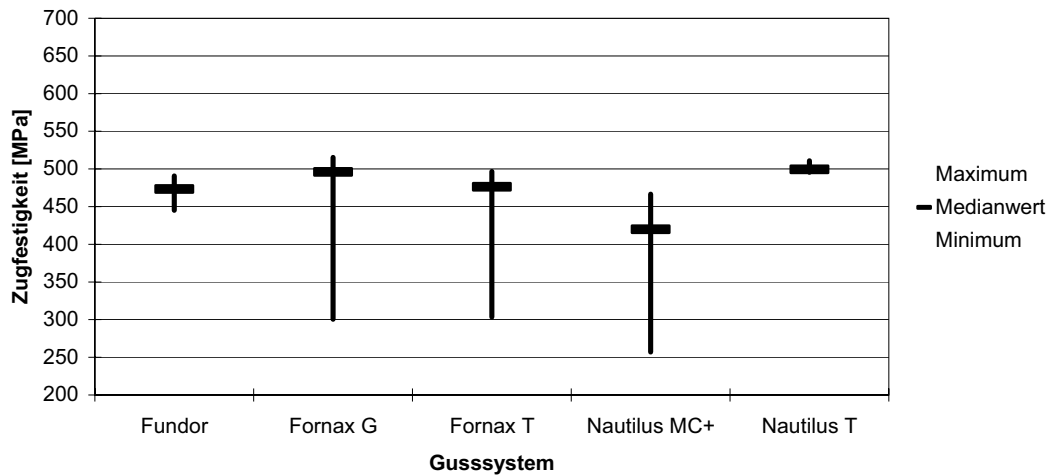


Abb. 47: Vergleich der Zugfestigkeit für BioPlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Für die Legierung BioPlatinLloyd zeigten sich vergossen mit Fornax G, Fornax T und Nautilus MC große Messwertstreuungen.

Die höchste mittlere Zugfestigkeit von 502 MPa erreichte Nautilus T. Nautilus MC kam mit 396 MPa auf die geringste mittlere Zugfestigkeit.

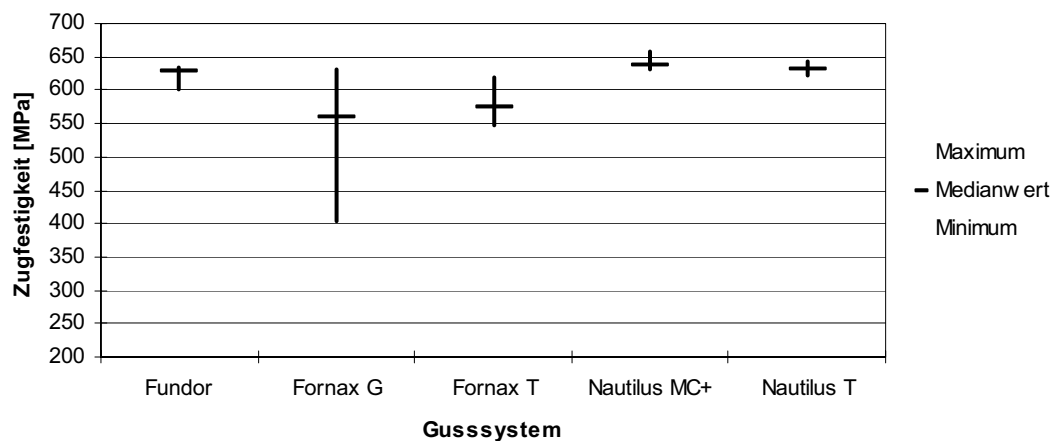


Abb. 48: Vergleich der Zugfestigkeit für PlatinLloyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme.

Bei PlatinLloyd 100 wurde nur für Fornax G eine große Messwertstreuung ermittelt. Die Ursache liegt hier in einem sehr geringem Minimum von 403 MPa.

Fornax G kam so auf den geringsten Mittelwert von 552 MPa. Die höchste mittlere Zugfestigkeit erreichte Nautilus MC mit 640 MPa.

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 24: Statistische Auswertung der Zugfestigkeit der Legierung Bio PontoStar

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	*	n.s.
Fornax G	X	X	*	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	**	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	**
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 25: Statistische Auswertung der Zugfestigkeit der Legierung PontoLloyd G

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	**	n.s.
Fornax G	X	X	*	**	**
Fornax T	X	X	X	**	*
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 26: Statistische Auswertung der Zugfestigkeit der Legierung PontoLloyd L



	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	**	**
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	*	**
Nautilus MC	X	X	X	X	**
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 27: Statistische Auswertung der Zugfestigkeit der Legierung Bio PlatinLloyd

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	**	**	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	**	**
Fornax T	X	X	X	**	**
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 28: Statistische Auswertung der Zugfestigkeit der Legierung PlatinLloyd 100

Auch bei dem Vergleich der Gussysteme hinsichtlich der Zugfestigkeit lässt sich kein eindeutiges Ergebnis feststellen. Zwar liegt Nautilus MC für die Legierung PontoLloyd G signifikant und hoch signifikant unter Fundor, Fornax T und Nautilus T, jedoch für die Legierungen PontoLloyd L und PlatinLloyd 100 liegt Nautilus MC hoch signifikant über Fundor, Fornax G und Fornax T.

Allein für das Gussystem Nautilus T lässt sich eine Tendenz feststellen. Diese Gießmaschine liegt für PontoLloyd G hoch signifikant über Nautilus MC, für PontoLloyd L signifikant und hoch signifikant über FornaxT und Fornax G, für Bio PlatinLloyd hoch signifikant über Fundor, Fornax T und Nautilus MC und für PlatinLloyd 100 ebenfalls hoch signifikant über Fornax G und Fornax T.

Damit lässt sich eine leichte Tendenz in der Bewertung der Zugfestigkeit zu Vorteil des Gussystems Nautilus T feststellen. Für die Legierung Bio PontoStar sind die verschiedenen Gussysteme hinsichtlich der erreichten Zugfestigkeit gleich zu bewerten.

### 4.6.3 Vergleich der Bruchdehnung

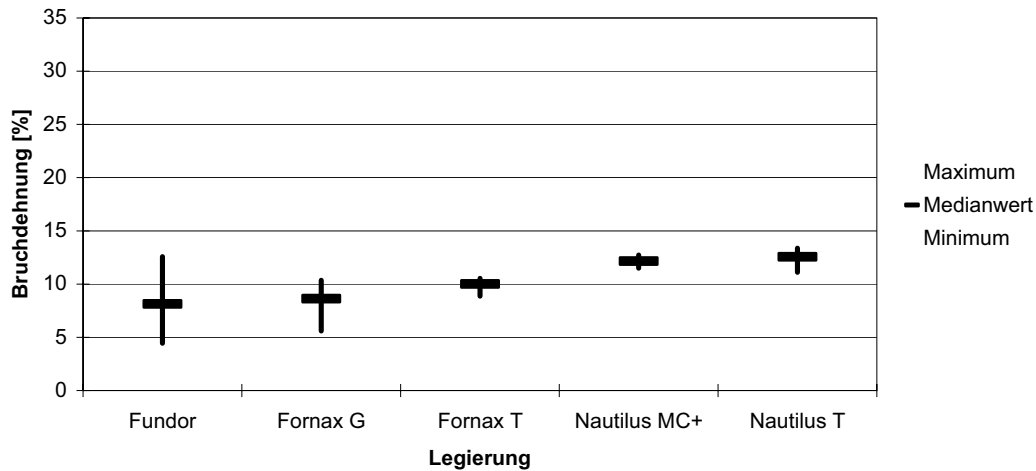


Abb. 49: Vergleich der Bruchdehnung für Bio PontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Vergleicht man die Bruchdehnung, die für Bio PontoStar mit den verschiedenen Gussystemen erreicht wurden, so erhält man relativ konstante Ergebnisse.

Die höchste mittlere Bruchdehnung von 12 % wurde für Nautilus T erzielt. Fornax G erreichte mit 8 % den geringsten Mittelwert. Die Gießmaschine Fundor kam dagegen mit 8 % auf den geringsten Medianwert.

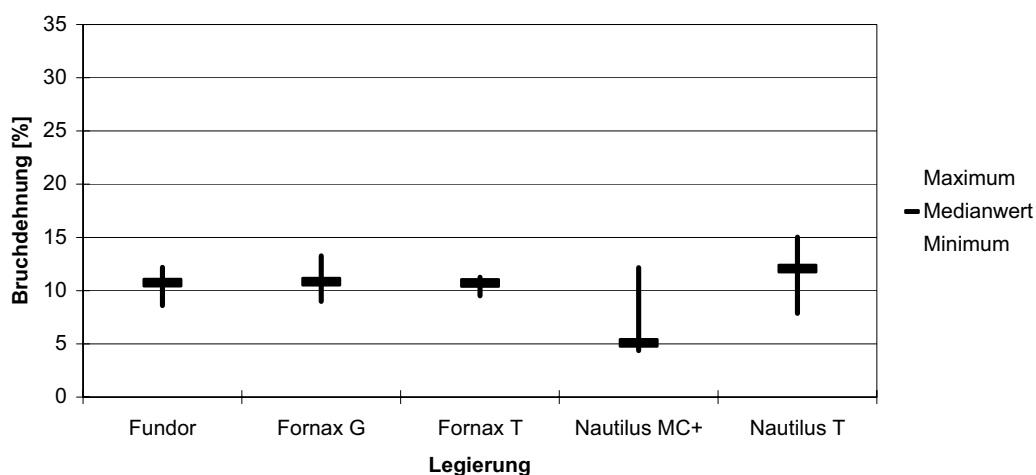


Abb. 50: Vergleich der Bruchdehnung für PontoLloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PontoLloyd G erreichte mit Nautilus T seine höchste mittlere Bruchdehnung von 12 %. Seine geringste mittlere Bruchdehnung von 7 % erreichte diese Legierung mit Nautilus MC.

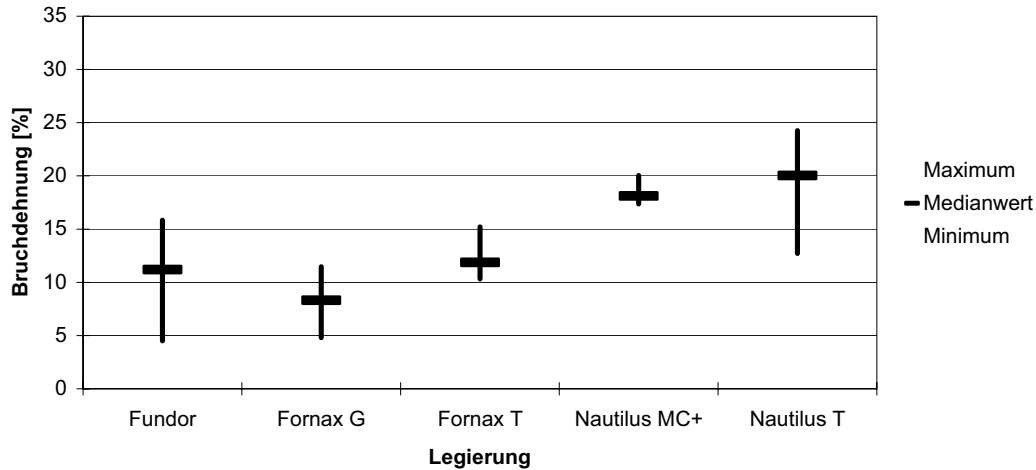


Abb. 51: Vergleich der Bruchdehnung für PontoLloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PontoLloyd L erreichte mit den verschiedenen Gussystemen sehr unterschiedliche Bruchdehnungen. Die Messwertstreuung ist relativ groß.

Nautilus T erzielte mit 19 % die höchste und Fundor mit 7 % die geringste mittlere Bruchdehnung. Den geringsten Medianwert von 8 % erreichte dagegen Fornax G aufgrund seines geringen Maximums von 11 % im Vergleich zu Fundor von 16 %.

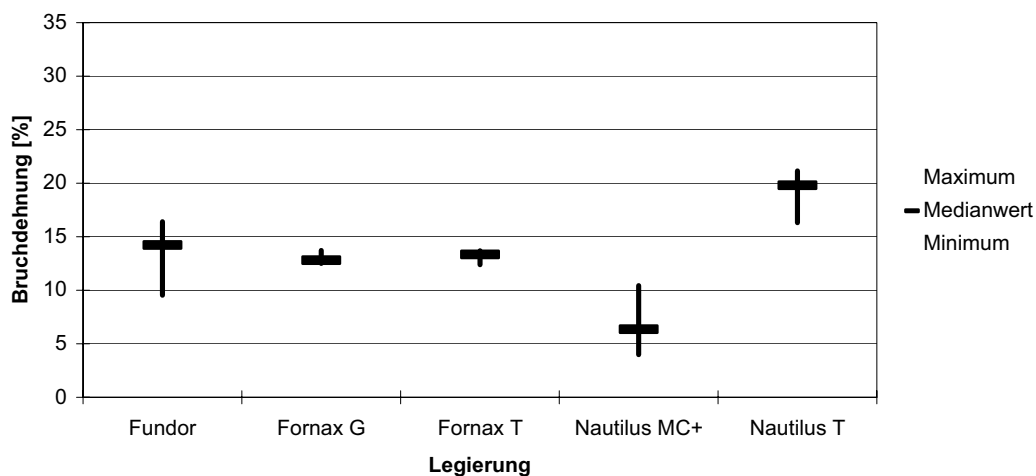


Abb. 52: Vergleich der Bruchdehnung für Bio PlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Auch für Bio PlatinLloyd wurden sehr unterschiedliche Bruchdehnungen mit den einzelnen Gussystemen erzielt. Die Messwertstreuung ist hier relativ gering. Während für Nautilus T eine sehr hohe mittlere Bruchfestigkeit von 19 % erreicht werden konnte, erzielte Nautilus MC mit 7 % den geringsten Mittelwert. Bei beiden handelt es sich um Vakuum- Druckgussysteme.

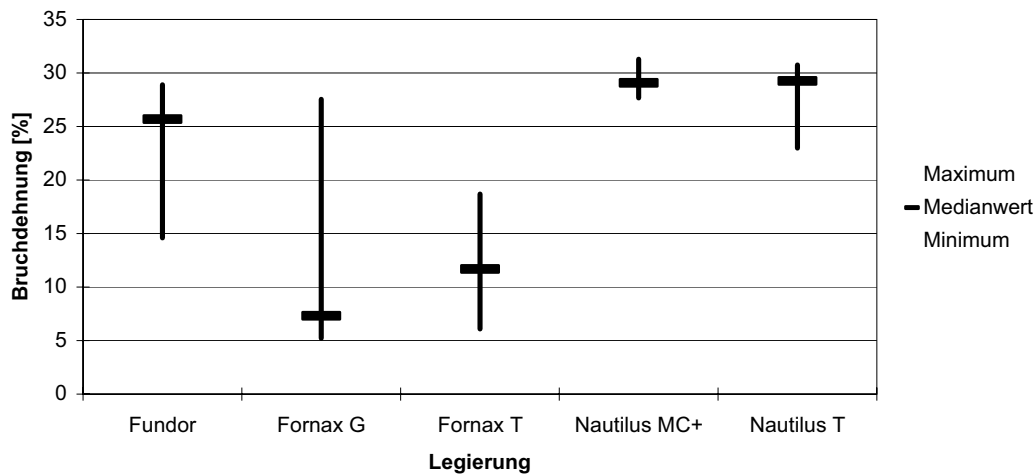


Abb. 53: Vergleich der Bruchdehnung für PlatinLloyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Die unterschiedlichsten Bruchdehnungen lieferte PlatinLloyd 100. Die Ergebnisstreuung ist hier am größten.

Die höchsten mittleren Bruchdehnungen erzielten Nautilus MC und Nautilus T mit 29 und 28 %. Fornax G und Fornax T erreichten mit je 12 % die geringsten Mittelwerte.

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	*	*
Fornax G	X	X	n.s.	**	**
Fornax T	X	X	X	**	**
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 30: Statistische Auswertung der Bruchdehnung der Legierung Bio PontoStar

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	*	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	*
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 31: Statistische Auswertung der Bruchdehnung der Legierung PontoLloyd G

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	**	**
Fornax G	X	X	*	**	**
Fornax T	X	X	X	**	**
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 32 Statistische Auswertung der Bruchdehnung der Legierung PontoLloyd L

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	**	**
Fornax G	X	X	**	**	**
Fornax T	X	X	X	**	**
Nautilus MC	X	X	X	X	**
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 33: Statistische Auswertung der Bruchdehnung der Legierung Bio PlatinLloyd

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	**	**	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	**	**
Fornax T	X	X	X	**	**
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab. 34: Statistische Auswertung der Bruchdehnung der Legierung PlatinLloyd 100

Bei dem Vergleich der Gussysteme hinsichtlich ihrer Bruchdehnung zeigt sich ein Vorteil für die beiden Vakuum- Druckgussysteme Nautilus MC und Nautilus T. Besonders deutlich ist dieser Vorteil für Nautilus T. Diese Gussmaschine liegt für Bio PontoStar, PontoLloyd L, Bio PlatinLloyd und PlatinLloyd 100 hoch signifikant auch über Fundor. Nautilus MC reicht an dieses Ergebnis heran, bis auf sich widersprechende Werte für die Legierung Bio PlatinLloyd.

Somit lässt sich ein Vorteil zu Gunsten der Vakuum- Druckgussysteme hinsichtlich der Bruchdehnung feststellen.

#### 4.6.4 Vergleich des Elastizitätsmoduls

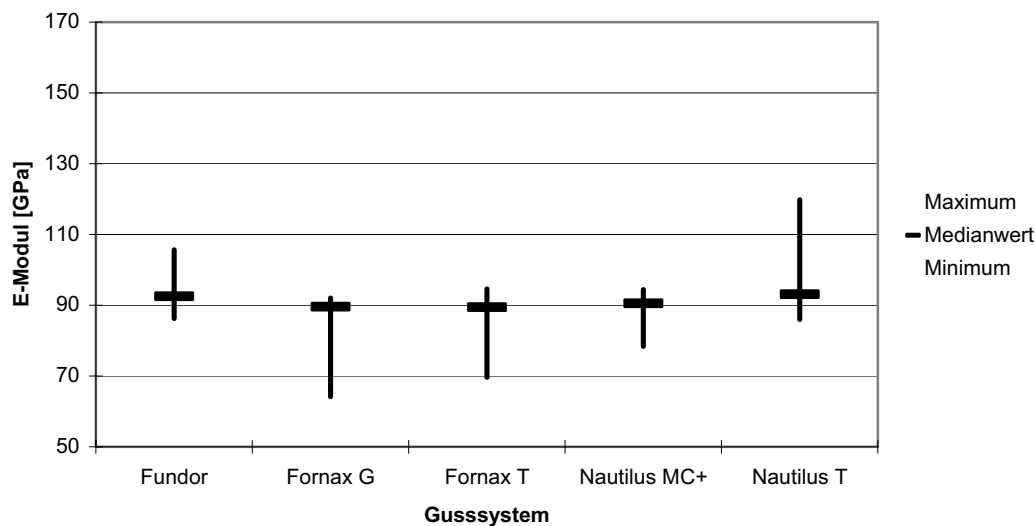


Abb. 54: Vergleich des Elastizitätsmoduls für Bio PontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Bei dem Vergleich der Elastizitätsmodule, die für die Legierung Bio PontoStar mit den verschiedenen Gussystemen erreicht wurden, erhält man sehr konstante Medianwerte, die sich zwischen 93 GPa für Nautilus T und 89 GPa für Fornax T erstrecken.

In den Mittelwerten sind die Unterschiede größer. Hier erreicht Nautilus T mit 97 GPa den höchsten und Fornax G mit 83 GPa den geringsten Mittelwert.

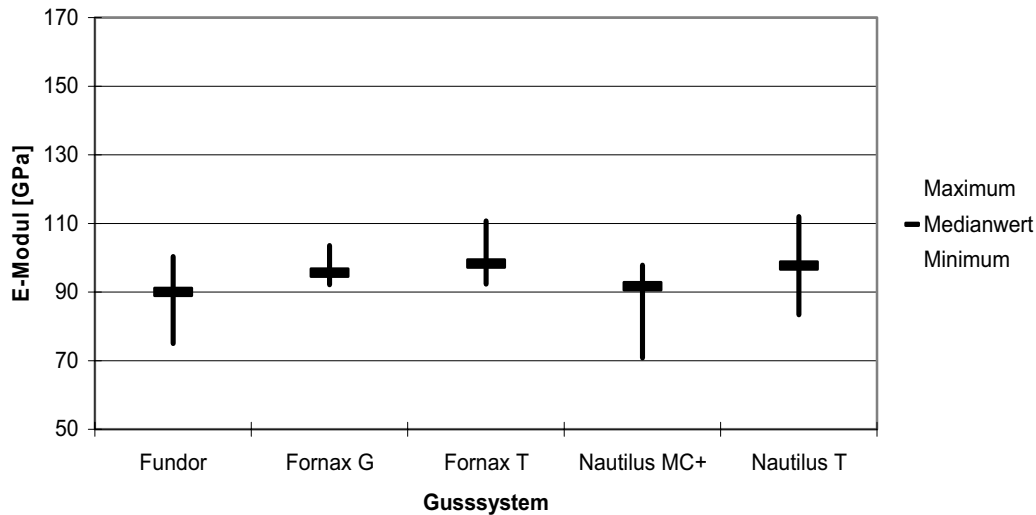


Abb. 55: Vergleich des Elastizitätsmoduls für PontoLloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gusssysteme

Auch für PontoLloyd G ließen sich relativ konstante Ergebnisse für den Elastizitätsmodul erzielen. Mit 99 GPa erreichte Fornax T den höchsten Mittelwert, während Nautilus MC+ mit 89 GPa auf den geringsten Mittelwert kam.

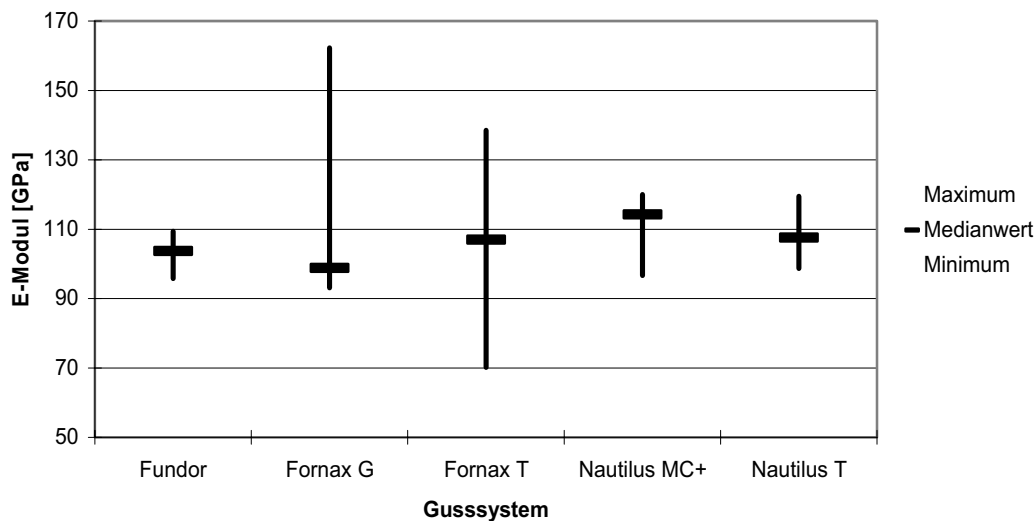


Abb. 56: Vergleich des Elastizitätsmoduls für PontoLloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gusssysteme

Die Streubreite der Einzelergebnisse ist bei dem Vergleich des E- Moduls für PontoLloyd L relativ groß. So kommt es auch zu Unterschieden zwischen Medianwert und Mittelwert. Nautilus MC+ erreicht den höchsten Mittelwert von 112 GPa und den höchsten Medianwert von 114 GPa. Auf den geringsten Mittelwert kam Fornax T mit 103 GPa, während Fornax G mit 99 GPa den geringsten Medianwert erreichte.

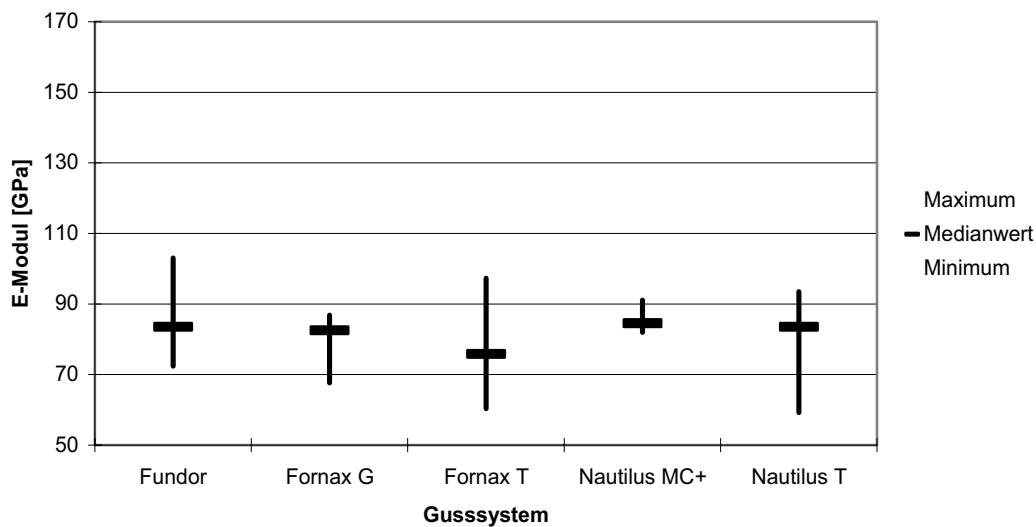


Abb. 57: Vergleich des Elastizitätsmoduls für Bio PlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Für Bio PlatinLloyd liegen die Ergebnisse des E- Moduls wieder relativ konstant zwischen einem Mittelwert von 78 GPa für Fornax T und 86 GPa für Nautilus MC+.

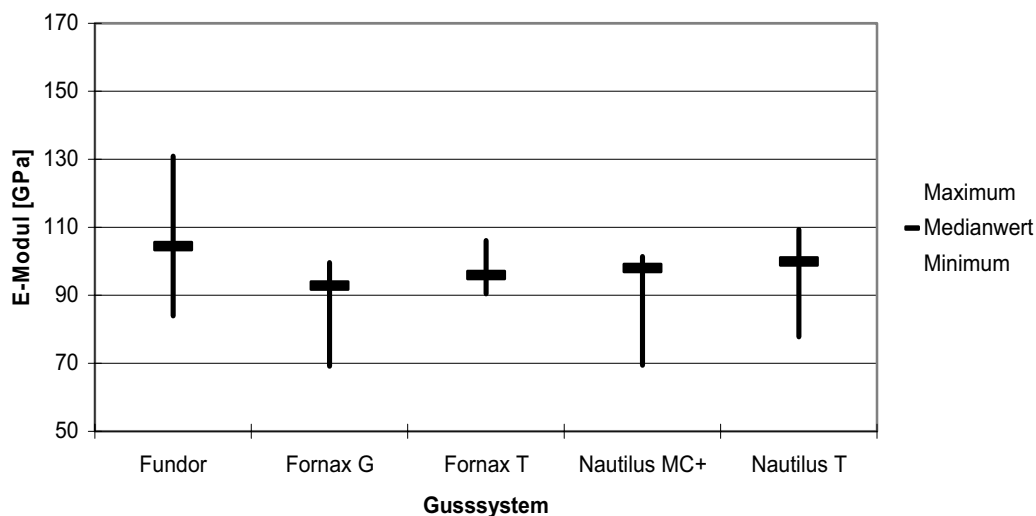


Abb. 58: Vergleich des Elastizitätsmoduls für PlatinLloyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Bei einer relativ großen Messwertstreuung im E- Modul erreichte PlatinLloyd 100 relativ konstante Mittelwerte mit den verschiedenen Gussystemen. Den höchsten Mittelwert erzielte Fundor mit 106 GPa. Auf den geringsten mittleren E- Modul kam Fornax G mit 89 GPa.



	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.35: Statistische Auswertung des Elastizitätsmoduls der Legierung Bio PontoStar

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.36: Statistische Auswertung des Elastizitätsmoduls der Legierung PontoLloyd G

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.37: Statistische Auswertung des Elastizitätsmoduls der Legierung PontoLloyd L

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.38: Statistische Auswertung des Elastizitätsmoduls der Legierung Bio PlatinLloyd

	Fundor	Fornax G	Fornax T	Nautilus MC	Nautilus T
Fundor	X	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax G	X	X	n.s.	n.s.	n.s.
Fornax T	X	X	X	n.s.	n.s.
Nautilus MC	X	X	X	X	n.s.
Nautilus T	X	X	X	X	X

Tab.39: Statistische Auswertung des Elastizitätsmoduls der Legierung PlatinLloyd 100

Bei dem Vergleich der Gussysteme hinsichtlich des Elastizitätsmoduls zeigt sich ein eindeutiges Ergebnis. Es ließen sich keine Signifikanzen feststellen. Damit sind alle Gussysteme im Vergleich des E- Moduls gleich zu bewerten.

#### 4.6.5 Vergleich der Vickershärte

Bei dem Vergleich der Gussysteme hinsichtlich der Vickershärte sind die Übereinstimmungen noch deutlicher.

Die Härtewerte für die verschiedenen Gussysteme unterscheiden sich kaum, außer einer Unregelmäßigkeit zugunsten von Fornax G für Bio PontoStar.

Die folgenden Diagramme (Abb. 59-63) zeigen die Mittelwerte der Härtemessung in Abhängigkeit vom verwendeten Gießgerät. Die dazugehörigen Messwertstatistiken sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab.44, 46, 48, 50 und 52).

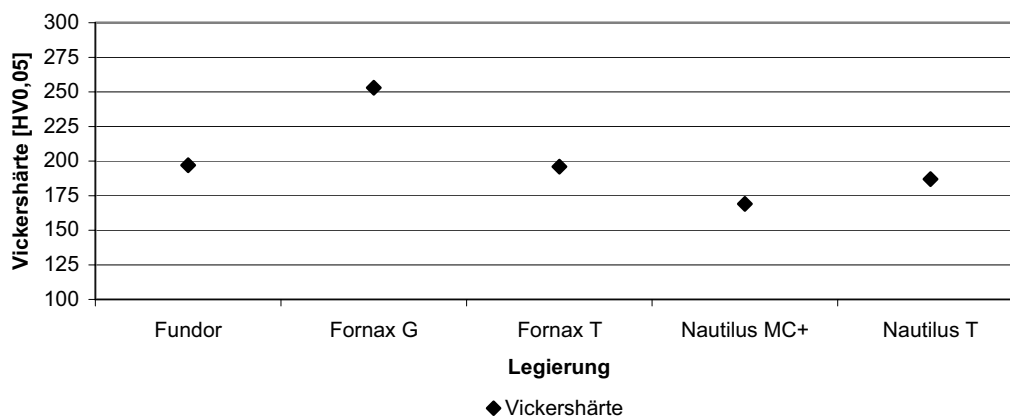


Abb. 59: Vergleich der Vickershärte von Bio PontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

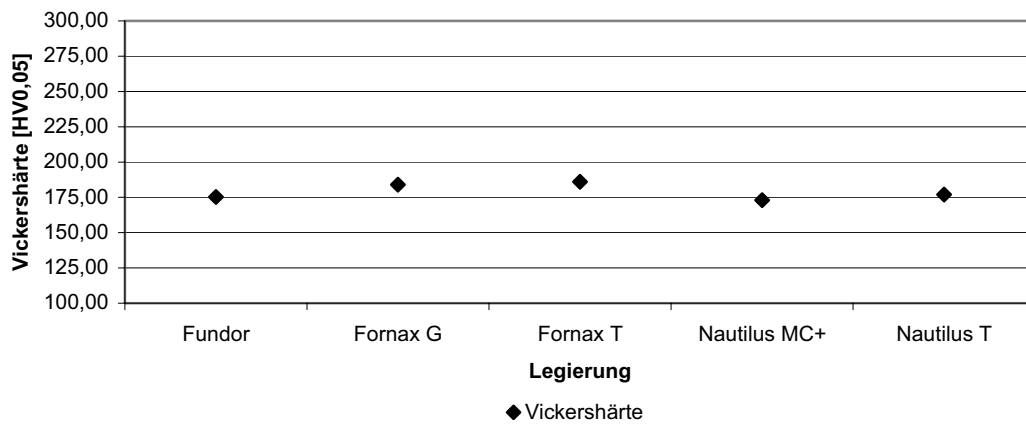


Abb. 60: Vergleich der Vickershärte von PontoLloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

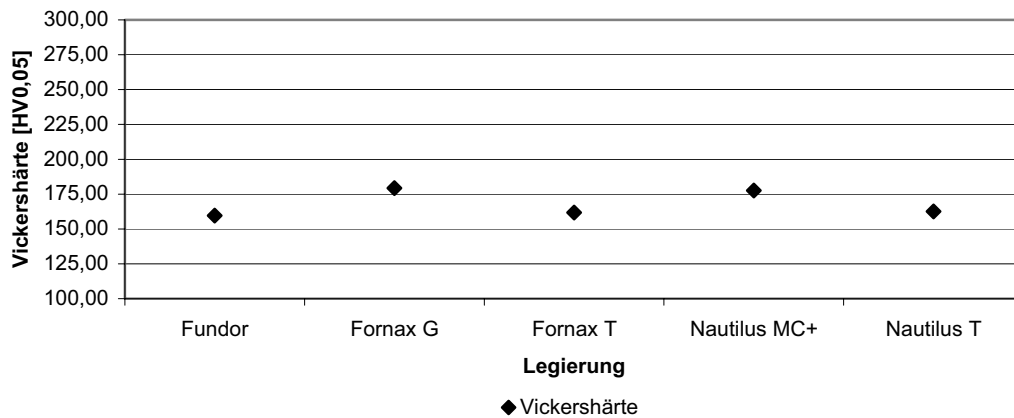


Abb. 61: Vergleich der Vickershärte von PontoLloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

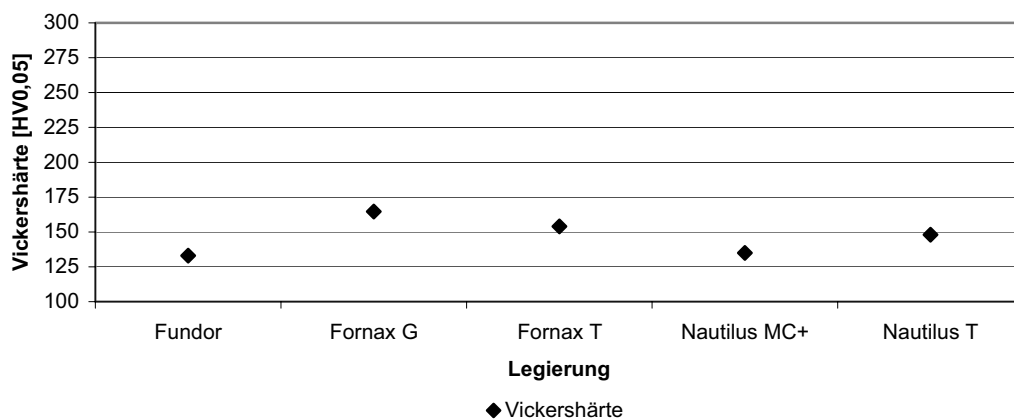


Abb. 62: Vergleich der Vickershärte von Bio PlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

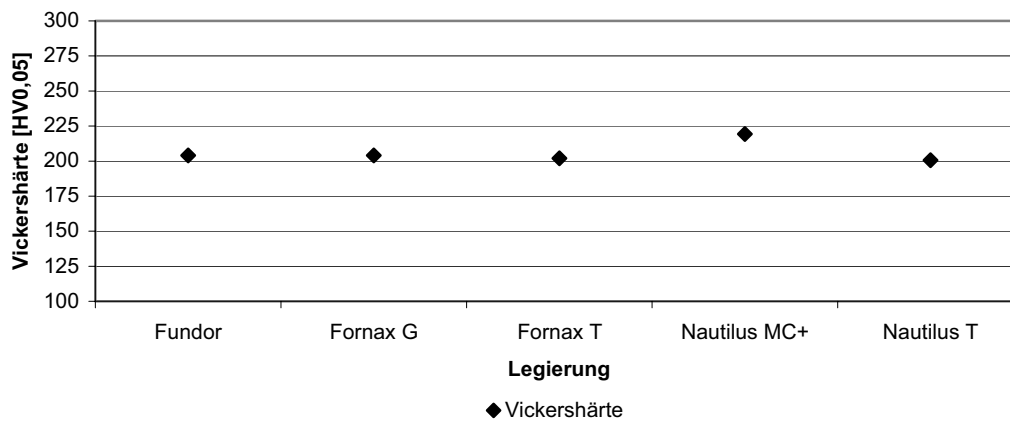


Abb. 63: Vergleich der Vickershärte von PlatinLloyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

#### 4.6.6 Vergleich der Korngrößen

Die mittleren Korngrößen, gemeint sind im folgenden die jeweiligen Flächen der Körner in  $\mu\text{m}^2$ , sind zusammen mit den Standardabweichungen, den Variationskoeffizienten, den Minima, den Maxima und den Medianwerten im Tabellenanhang aufgeführt (Tab. 54.1- 5).

Da in der lichtmikroskopischen Untersuchung die einzelnen Korngrößen für jede Probe große Streubreiten aufweisen, wurden für eine größere Genauigkeit in der Auswertung Korngrößenklassen gebildet. Zusätzlich zu diesen Korngrößenklassen wurden zu Auswertung auch die mittleren Korngrößen verglichen.

Vergleicht man die Mittelwerte der Korngrößen aus den licht- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen miteinander, erhält man für jede Legierung andere Rangfolgen. Bildet man für jedes Gussystem den Mittelwert aus seinen Rangfolgen, so liegen Fundor (Rang 2,167 von 5 Rängen), Fornax G (Rang 2,33) und Fornax T (Rang 2,33) deutlich vor Nautilus T (Rang 4) und Nautilus MC (Rang 4,167).

Die Einteilung in Korngrößenklassen unterstützt dieses Ergebnis, da man hierbei die gleichen Rangfolgen erhält.

In den Diagrammen Abb.64-68 sind die Korngrößenklassen aufgeführt. Die dazugehörigen Tabellen befinden sich im Tabellenanhang (Tab.53.1 bis Tab. 53.5).

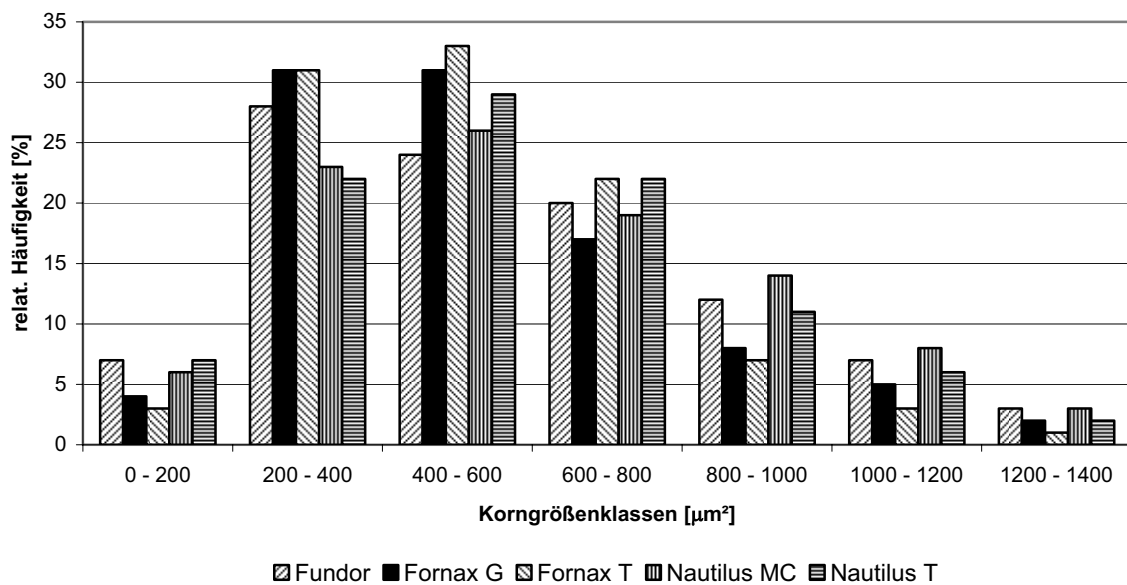


Abb. 64: Vergleich der Korngrößen von Bio PontoStar in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Für die Legierung Bio PontoStar liegen Fornax G und Fornax T mit ihren mittleren Korngrößen von  $537 \mu\text{m}^2$  und  $528 \mu\text{m}^2$  unter den Mittelwerten von Nautilus MC+ mit  $596 \mu\text{m}^2$ , Nautilus T mit  $574 \mu\text{m}^2$  und Fundor mit  $575 \mu\text{m}^2$ .

Für diese Legierung erzielten Fundor und Fornax G ihre maximale relative Häufigkeit im Korngrößenbereich von  $200-400 \mu\text{m}^2$ . Auch Fornax T hat sein Maximum zwischen  $200-600 \mu\text{m}^2$ , während die Vakuum- Druckguss- Systeme Nautilus MC und Nautilus T ihr Maximum deutlich im Bereich  $400-600 \mu\text{m}^2$  haben.

Fundor erreichte viele verschiedene Korngrößen zwischen einem Minimum von  $64 \mu\text{m}^2$  und einem Maximum von  $1462 \mu\text{m}^2$ . Das Gefüge erschien mit diesem Gussystem folglich heterogener als die Gefüge anderer Systeme.

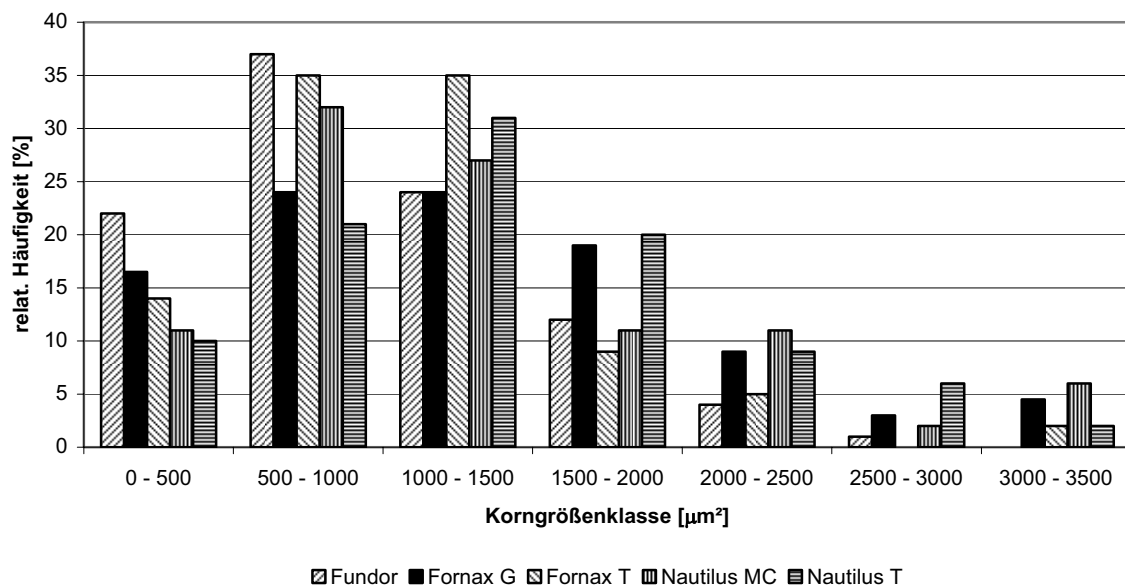


Abb. 65: Vergleich der Korngrößen von PontoLloyd G in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PontoLloyd G erreichte mit Fundor und Fornax T die geringsten Mittelwerte von  $947 \mu\text{m}^2$  und  $1056 \mu\text{m}^2$ . Nautilus T liegt mit seinem Mittelwert von  $1371 \mu\text{m}^2$  am höchsten. Im Korngrößenbereich  $500\text{-}1000 \mu\text{m}^2$  haben Fundor, Fornax G, Fornax T und Nautilus MC ihre maximale relative Häufigkeit. Die maximale relative Häufigkeit von Nautilus T liegt im Korngrößenbereich  $1000\text{-}1500 \mu\text{m}^2$ .

Die rasterelektronenmikroskopische Auswertung von PontoLloyd G lieferte für Fundor und Fornax G die niedrigsten mittleren Korngrößen von  $630 \mu\text{m}^2$  und  $836 \mu\text{m}^2$ .

Fornax T und Nautilus MC erbrachten hier die höchsten Mittelwerte von  $1287$  und  $1238 \mu\text{m}^2$ .

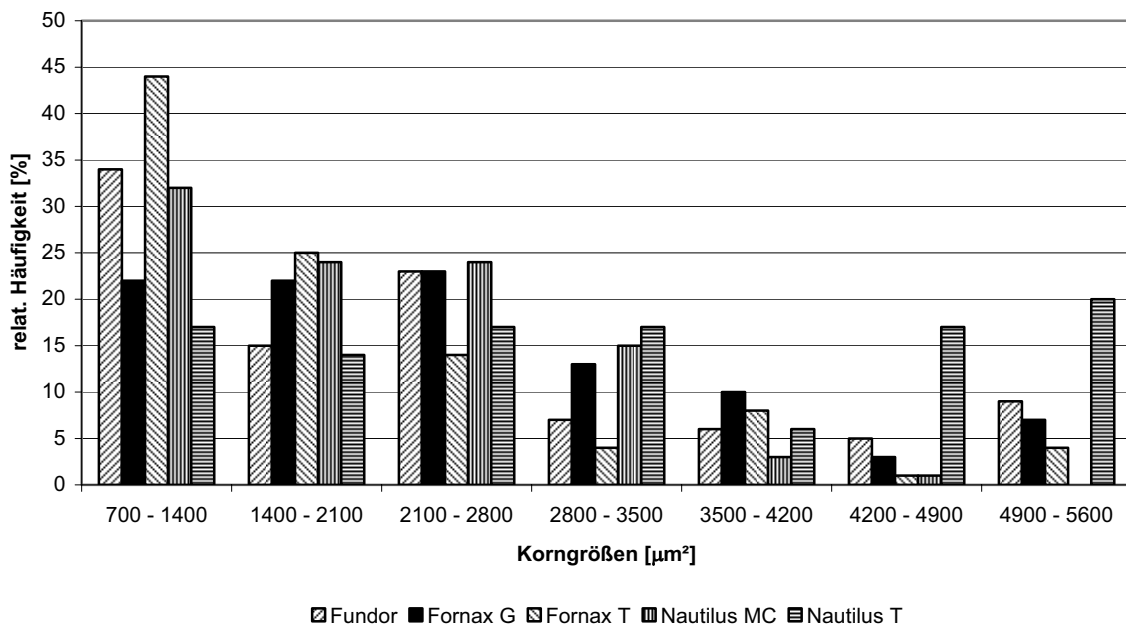


Abb. 66: Vergleich der Korngrößen von PontoLloyd L in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PontoLloyd L erreichte mit Fornax T und Nautilus MC seine geringsten Mittelwerte von  $1883 \mu\text{m}^2$  und  $1957 \mu\text{m}^2$ . Nautilus T liegt auch hier mit einem Mittelwert von  $2874 \mu\text{m}^2$  am höchsten.

Betrachtet man Abb. 40 so liegen die Maxima der relativen Häufigkeit von Fundor, Fornax T und Nautilus MC deutlich im kleinsten Korngrößenbereich von  $700-1400 \mu\text{m}^2$ . Die Verteilung der Häufigkeit der Korngrößen von Nautilus MC erstreckt sich konstant von  $700-2800 \mu\text{m}^2$ .

Nautilus T besitzt seine maximale relative Häufigkeit sogar in der Korngrößenklasse  $4900-5600 \mu\text{m}^2$ . Somit liefert Nautilus T hier das schlechteste Ergebnis.

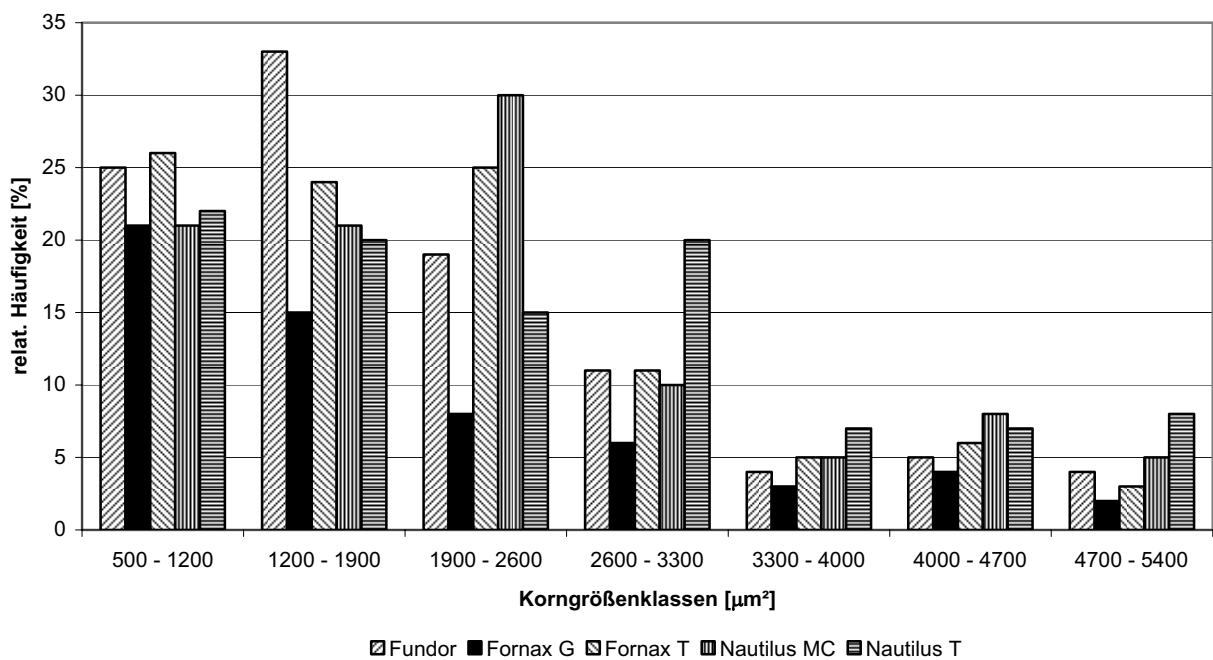


Abb. 67: Vergleich der Korngrößen von Bio PlatinLloyd in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

Bio PlatinLloyd erreichte mit Fundor, Fornax G und Fornax T die geringsten mittleren Korngrößen von  $1961 \mu\text{m}^2$ ,  $1973 \mu\text{m}^2$  und  $2079 \mu\text{m}^2$ . Die höchsten mittleren Korngrößen erzielten Nautilus T und Nautilus MC mit  $2567 \mu\text{m}^2$  und  $2634 \mu\text{m}^2$ .

Die maximale relative Häufigkeit von Fornax G, Fornax T und Nautilus T liegt in der Korngrößenklasse  $500-1200 \mu\text{m}^2$ . Fundor besitzt seine maximale Häufigkeit zwischen  $1200-1900 \mu\text{m}^2$  und Nautilus MC hat sein Maximum im Bereich  $1900-2600 \mu\text{m}^2$ .

Die Gussysteme Nautilus MC und Nautilus T schneiden damit am ungünstigsten ab.



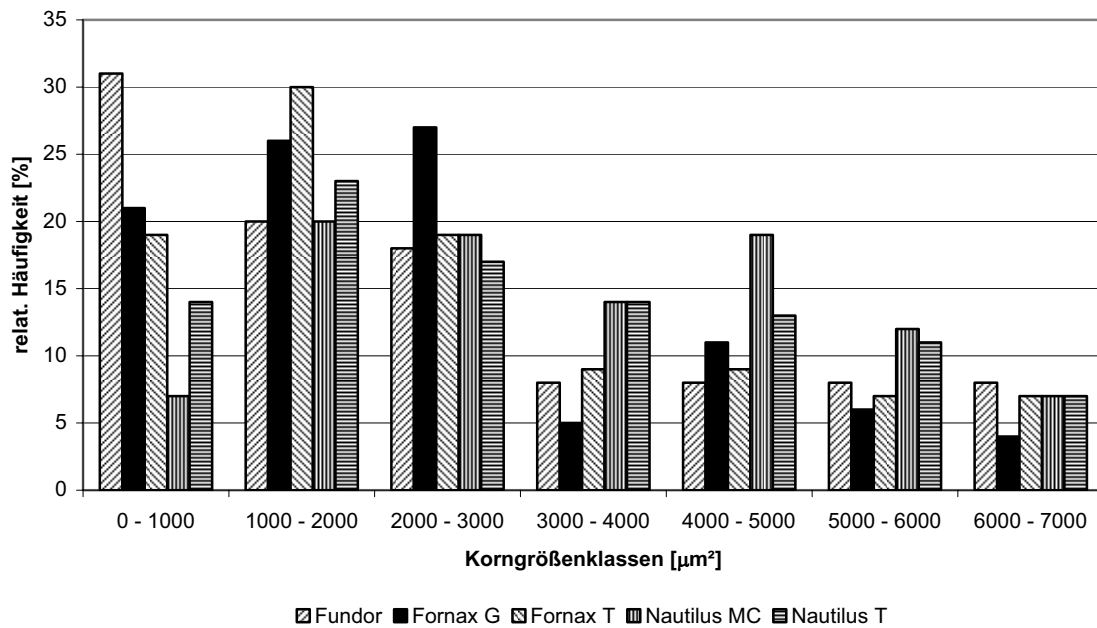


Abb. 68: Vergleich der Korngrößen von PlatinLloyd 100 in Abhängigkeit verschiedener Gussysteme

PlatinLloyd 100 erreichte mit Fornax G und Fornax T seine geringsten mittleren Korngrößen von 2436 und 2623  $\mu\text{m}^2$ . Die höchsten mittleren Korngrößen lieferten Nautilus T und Nautilus MC mit 3127 und 3341  $\mu\text{m}^2$ .

Die maximale relative Häufigkeit für Fundor verteilt sich auf die Korngrößenklassen 0-1000 und 1000-2000  $\mu\text{m}^2$ . Bei Fornax G erstreckt sich die maximale relative Häufigkeit über 1000-2000 und 2000-3000  $\mu\text{m}^2$ . Das Maximum von Fornax T liegt bei 1000-2000  $\mu\text{m}^2$ . Für Nautilus MC und Nautilus T erstrecken sich die Korngrößen relativ konstant von 1000-6000  $\mu\text{m}^2$ .

In der Auswertung der Gefügeuntersuchung ist folglich dem Schleudergussverfahren der Vorzug zu geben vor den Vakuum-Druckguss-Systemen.

Dieses Ergebnis der Gefügeuntersuchung spiegelt sich allerdings nicht in den mechanisch-physikalischen Eigenschaften wider.

Im Folgenden werden die Legierungen untereinander verglichen. Dafür mussten für alle fünf Legierungen neue, einheitliche Korngrößenklassen gebildet werden.

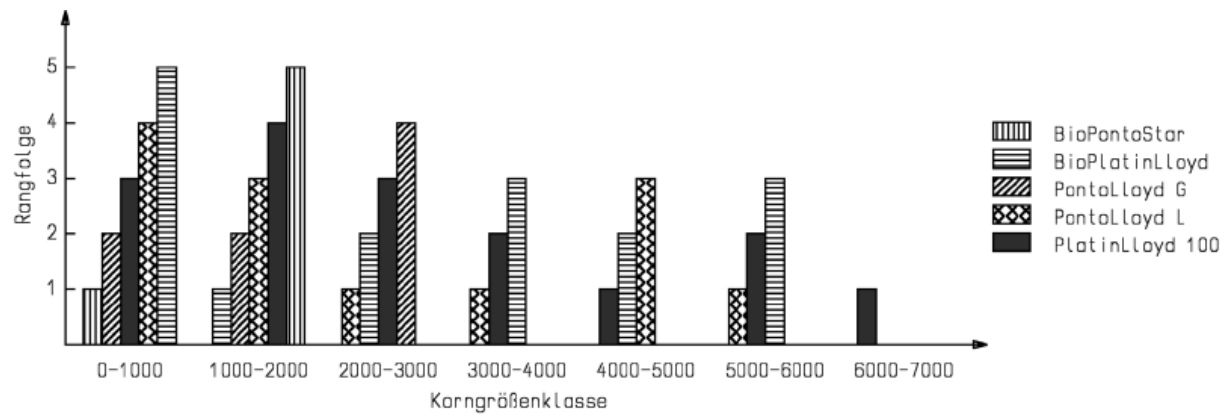


Abb. 69: Korngrößenvergleich zwischen den Legierungen für Fundor

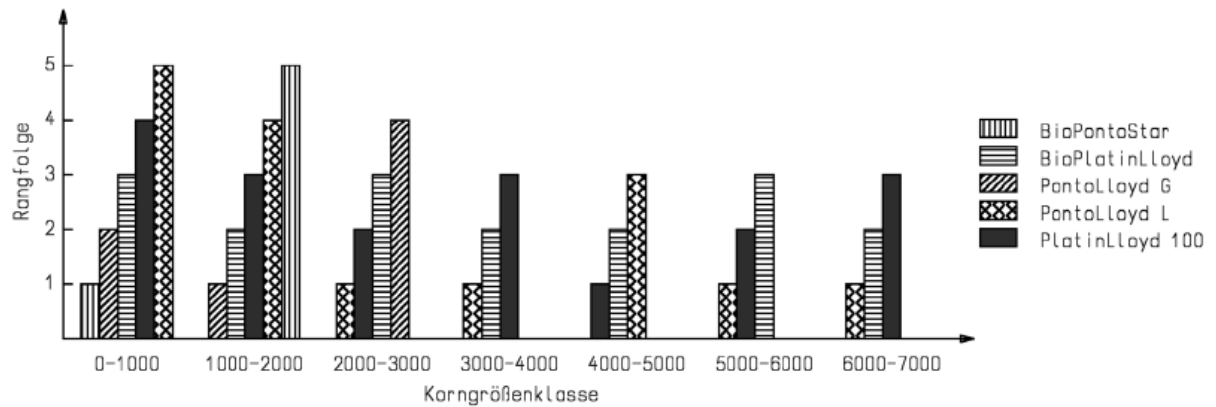


Abb. 70: Korngrößenvergleich zwischen den Legierungen für Fornax G

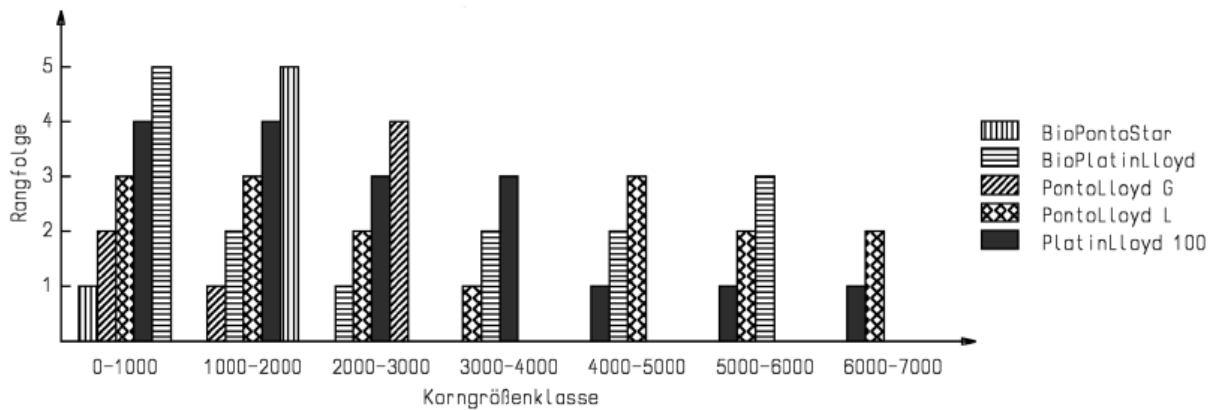


Abb. 71: Korngrößenvergleich zwischen den Legierungen für Fornax T

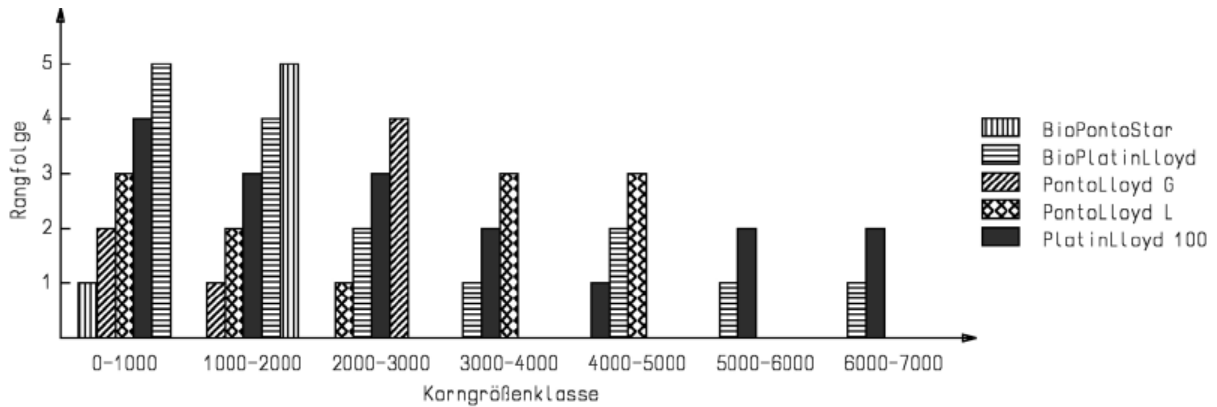


Abb. 72: Korngrößenvergleich zwischen den Legierungen für Nautilus MC+

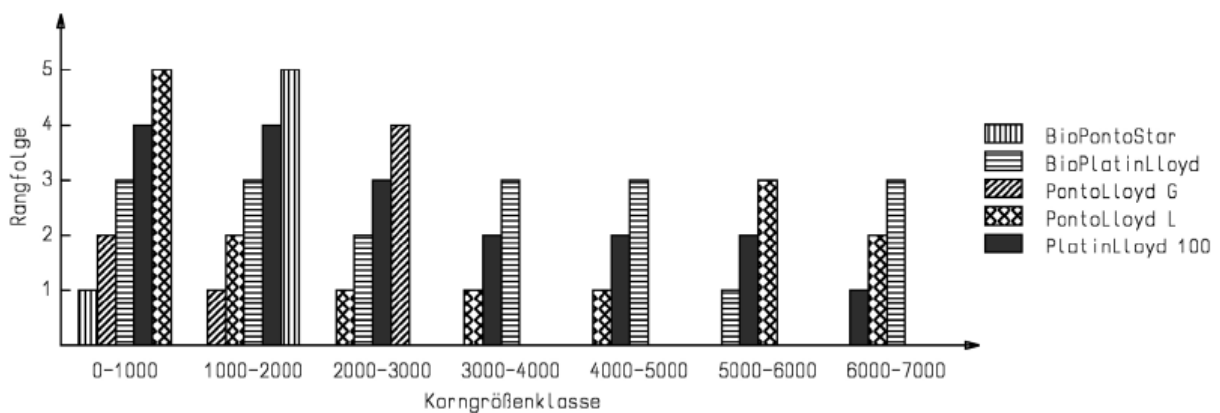


Abb. 73: Korngrößenvergleich zwischen den Legierungen für Nautilus T

In den Abbildungen 69- 73 werden die Legierungen untereinander verglichen.

Bio PontoStar erreichte in der Korngrößenklasse 0-1000  $\mu\text{m}^2$  mit allen fünf Legierungen den ersten Rang. Schon in der Korngrößenklasse 1000-2000  $\mu\text{m}^2$  belegt Bio PontoStar den fünften Rang. Damit ist Bio PontoStar die Legierung mit den kleinsten Korngrößen, unabhängig vom Gussystem.

PontoLloyd G belegt mit allen fünf Gussystemen in der Korngrößenklasse 0-1000  $\mu\text{m}^2$  Rang. In der Korngrößenklasse 1000-2000  $\mu\text{m}^2$  belegt diese Legierung, mit den Gussystemen Fornax G, Fornax T, Nautilus MC+ und Nautilus T vergossen, den ersten Rang. Vergossen mit Fundor erreicht PontoLloyd G in der Klasse 1000-2000  $\mu\text{m}^2$  den zweiten Rang. Bereits in der Korngrößenklasse 2000- 3000  $\mu\text{m}^2$  erreicht diese Legierung den vierten und damit letzten Rang, da Bio PontoStar Korngrößen zwischen 2000-3000  $\mu\text{m}^2$  nicht erreichte.

Somit ist PontoLloyd G die Legierung mit den zweitkleinsten Korngrößen hinter BioPontoStar.

PontoLloyd L erreicht in der Korngrößenklasse 2000-3000  $\mu\text{m}^2$  mit den Gussystemen Fundor, Fornax G, Nautilus MC+ und Nautilus T den ersten Rang. Mit Fornax T belegt PontoLloyd L den zweiten Rang.

Diese Legierung besitzt damit die dritt kleinsten Korngrößen.

PlatinLloyd 100 belegt in der Korngrößenklasse 4000-5000  $\mu\text{m}^2$  vergossen mit Fundor, Fornax G, Fornax T und Nautilus MC+ den ersten Rang. Mit Nautilus T erreicht diese Legierung den zweiten Rang. Somit besitzt sie die zweitgrößten Korngrößen.

Bio PlatinLloyd erreicht in der Korngrößenklasse 5000- 6000  $\mu\text{m}^2$  überwiegend den ersten Rang mit den Gussystemen Nautilus MC+ und Nautilus T. Mit Fundor vergossen belegt diese Legierung im Bereich 1000-2000  $\mu\text{m}^2$  den ersten Rang. Mit Fornax T vergossen erreicht sie in der Korngrößenklasse 2000-3000  $\mu\text{m}^2$  den ersten Rang.

Insgesamt ist Bio PlatinLloyd hier die Legierung mit dem heterogensten Gefüge und den größten Korngrößen. Es muss aber auf die schwierige Ätzbarkeit dieser Legierung hingewiesen werden.

Ordnet man die Legierungen aufsteigend nach ihren Korngrößen, so Belegt Bio PontoStar den ersten Rang, PontoLloyd G den zweiten, PontoLloyd L den dritten, PlatinLloyd 100 den vierten und Bio PlatinLloyd den fünften Rang.