

Untersuchungen und Optimierungen zur Standzeit- und Qualitätsverbesserung an Spiralbohrern mit Minitab

Ausgangssituation & Problemstellung:

Als Montageprofi liefert Firma Würth weltweit jährlich über eine halbe Million Bohrer. Um unseren Kunden qualitativ den jeweils besten Bohrer liefern zu können, prüfen und vergleichen wir regelmäßigen Abständen Produkte von potentiellen Lieferanten.

Die Qualität des Bohrers drückt sich im Wesentlichen durch die Güte des Bohrlochs und die Standzeit des Bohrers aus. Zur weiteren Optimierung der verschiedenen Bohrertypen soll deshalb versucht werden, die Zusammenhänge zwischen der Schneidengeometrie und z.B. der Standzeit, der Bohrlochgüte, der benötigten Axialkraft zu ermitteln.

Um eine sinnvolle Aussage machen zu können ist es notwendig eine gewisse Anzahl von Spiralbohrern zu testen und statistisch auszuwerten.

Der vorliegende Erfahrungsbericht gibt einen Auszug des Gesamtprojektes wieder, um die Unterstützung durch Minitab darzustellen.

Vorgehensweise & Lösung:

Zunächst wird eines der Hauptmerkmale, die Standzeit der Bohrer mit Kreuzanschliff, von zwei Herstellern verglichen. Die Standzeittests werden nach den Vorgaben der Würth Prüfanweisungen durchgeführt und die Ergebnisse werden durch die gesamte Anzahl der Bohrungen dargestellt. Die Verteilungen der gesamten Anzahl der Bohrungen werden wie unten gezeigt.

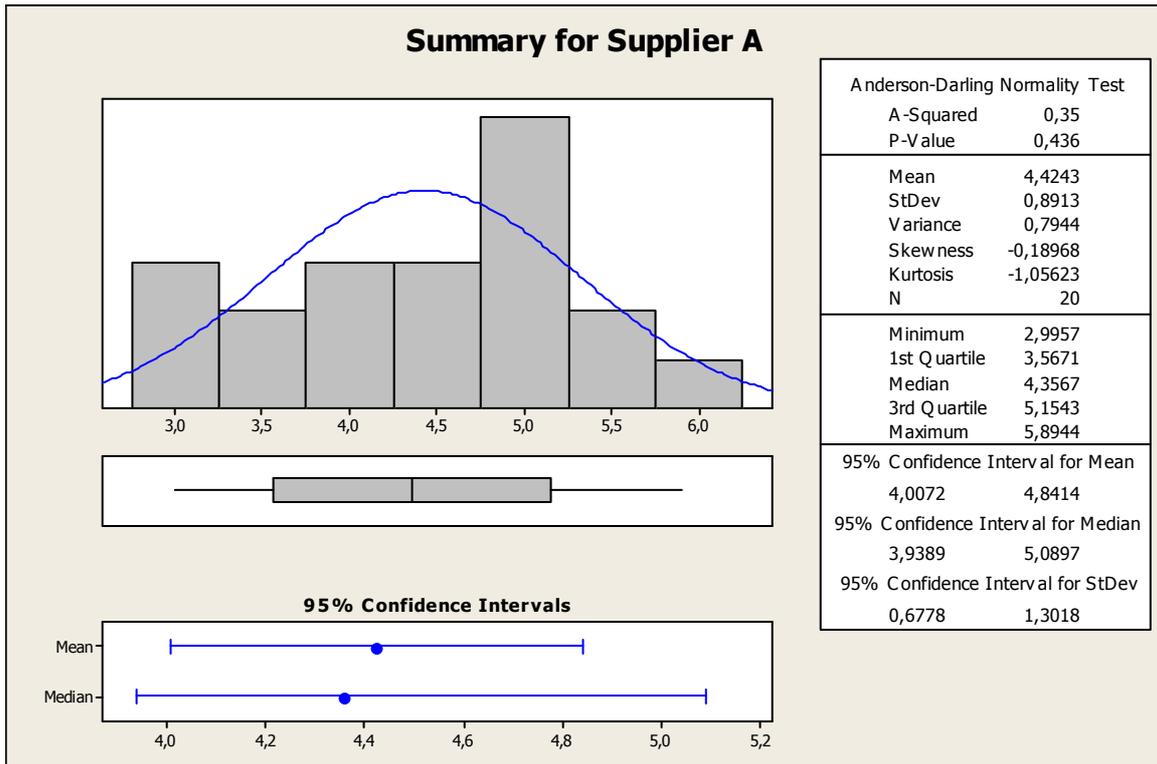


Abb. 1. Standzeit von Bohrer mit Kreuzanschliff von Lieferant A

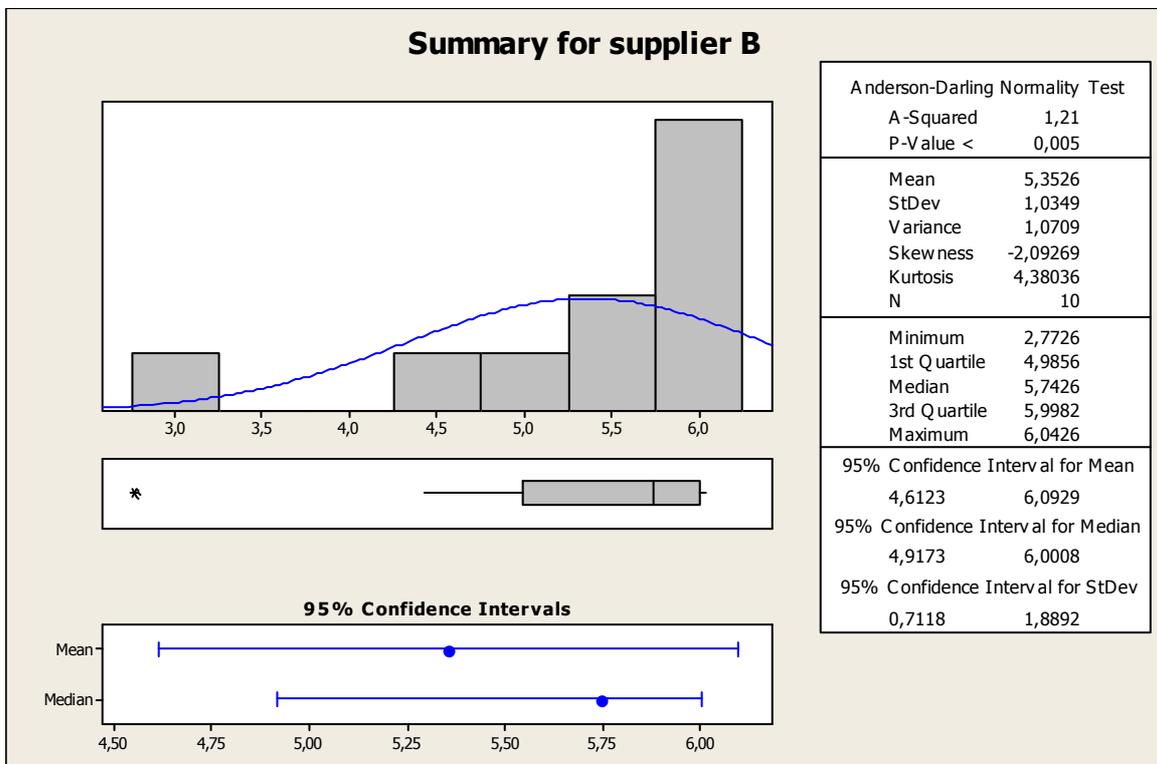


Abb. 2. Standzeit von Bohrer mit Kreuzanschliff von Lieferant B

Frage 1: Ist einer der beiden Lieferanten signifikant besser als der andere?

Um diese Frage beantworten zu können, werden die Daten weiterführend mit einem T-Test analysiert. Die Nullhypothese ist, dass sich die Mittelwerte von beiden Lieferanten nicht unterscheiden.

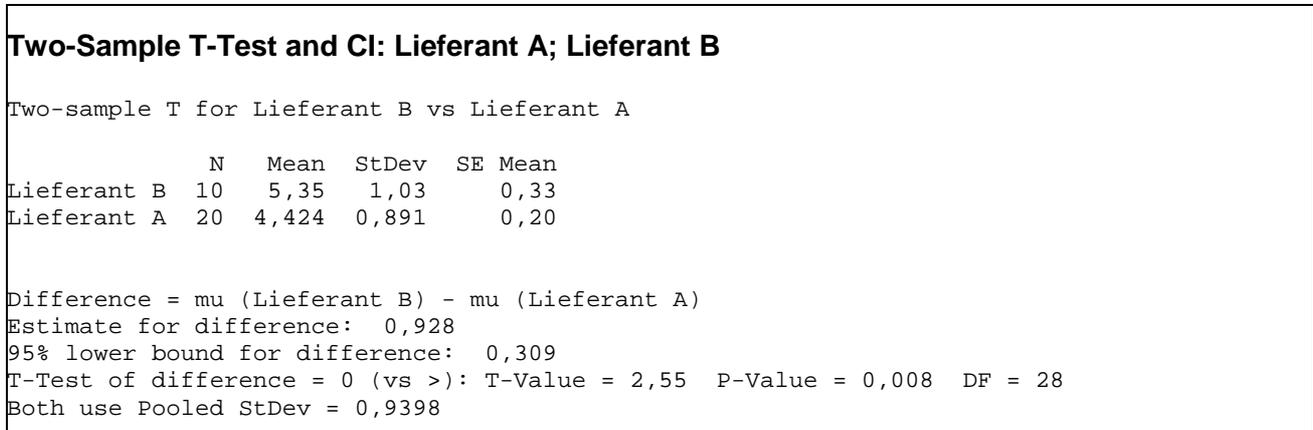


Abb. 3. Der Vergleich der Standzeit durch 2 Sample T-Test

Da $P\text{-Value} = 0,008 < 0,05$, wird die Nullhypothese aufgegeben. Weil die Daten von Lieferant B nicht normal verteilt sind, was vom Versuch „Wahrscheinlichkeitsnetz“ bewiesen werden kann, muss ein zusätzliche nichtparametrische Test durchgeführt werden.

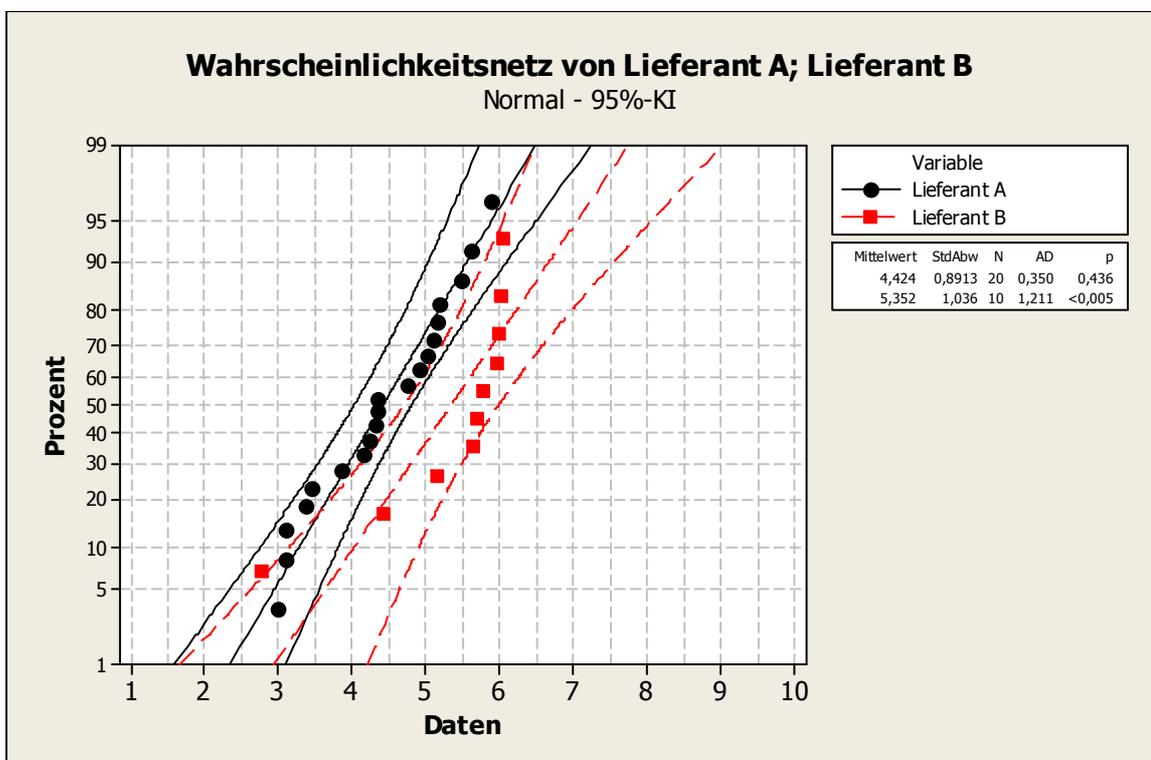


Abb. 4. Prüfung der Normal-Verteilung durch Wahrscheinlichkeitsnetz

Mann-Whitney-Test und KI: Lieferant A; Lieferant B

	N	Median
Lieferant A	20	4,357
Lieferant B	10	5,743

Punktschätzung für ETA1-ETA2 ist -0,963

95,5 Prozent KI für ETA1-ETA2 ist (-1,720;-0,295)

W = 246,5

Test von ETA1 = ETA2 im Vergleich zu ETA1 nicht = ETA2 ist signifikant bei
0,0056

Der Test ist signifikant bei 0,0056 (korrigiert für Bindungen)

Abb. 5. Der Vergleich der Standzeit durch den nichtparametrischen Test

Daher kann die Frage 1 wie folgt beantwortet werden: Lieferant B liefert die bessere Qualität, wenn nur die Standzeit beurteilt wird.

Für weitere Untersuchungen werden die Bohrer vom Lieferant B als Prüflinge genommen.

Die Aufgabe der zweiten Versuchsreihe ist, die beste Kombination aus verschiedenen Spitzen- und Freiwinkeln zu finden. Um diese Entscheidung treffen zu können, werden Bohrer mit Kegelmantelschliff getestet. Damit lassen sich die Einflüsse des Frei- und Spitzenwinkels besser ermitteln als mit den oben genannten Bohrern mit einem Kreuzanschliff.

Regression Analysis: Zahl der Bohrung versus Freiwinkel; Spitzenw.; ...

The regression equation is

$$\text{Zahl der Bohrungen} = 608 + 8,07 \text{ Freiwinkel} - 3,98 \text{ Spitzenwinkel} + 1,32 \text{ QSW} \\ + 2511 \text{ SHD} - 393 \text{ QV} - 4189 \text{ KV} *$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	608,4	802,2	0,76	0,454
Freiwinkel	8,075	8,705	0,93	0,361
Spitzenw.	-3,976	4,975	-0,80	0,430
QSW	1,320	6,729	0,20	0,846
SHD	2511	1828	1,37	0,179
QV	-392,5	607,0	-0,65	0,523
KV	-4189	5279	-0,79	0,434

S = 163,091 R-Qd = 17,2% R-Qd(kor) = 1,2%

* QSW: Querschneidenwinkel SHD: Schneidhöhendifferenz
QV: Querschneidenversatz KV: Kernversatz

Abb. 6. Regressionsanalyse der Bohrer mit Kegelmantelanschliff von Lieferant B

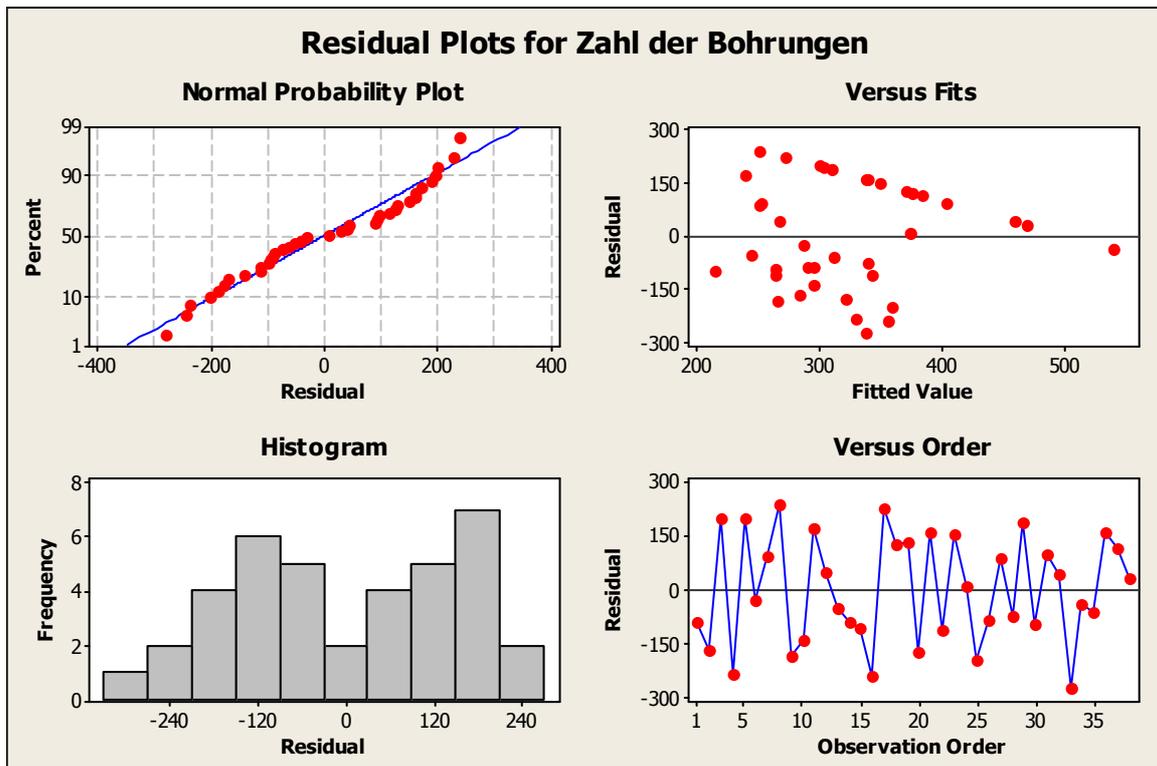


Abb. 7. Residual Plots: Regressionsanalyse der Bohrer mit Kegelmantelanschliff von Lieferant B

Weil die Zahl (R-Qd) mit 17,2% weit unter 70% liegt, ergibt diese Analyse keine statistisch ausreichend gesicherte Regressionsgleichung. Das Fits-Bild (rechts oben) zeigt auch eine unnormale Verteilung. Eine weitere Analyse mit dem Logarithmus der Anzahl der Bohrungen ist durchgeführt worden. Entgegen der Erwartung liegt der P-Wert ebenso über 0,05. Die Ursache liegt vermutlich in den abgebrochenen Standzeittests. Nach der Prüfanweisung sollen so viele Bohrungen mit jedem Bohrer erzeugt werden, bis ein Weiterbohren durch Schneidenabnutzung, Deformierung, Bruch oder eine Blankbremsung nicht mehr möglich ist. Jedoch werden die Tests wegen erhöhten Kosten nach 500 Bohrungen abgebrochen. Um eine aussagekräftige Regressionsanalyse durchzuführen,

müssen die Tests mit allen zu prüfenden Bohrern bei der nächsten Versuchsreihe erst nach Blankbremsung beendet werden.

Durch Mittelwertvergleich werden die Kombinationen von Spitzenwinkel und Freiwinkel, die die besten Ergebnisse erbringen, herausgefunden. Des Weiteren werden die Bohrer mit Kreuzanschliff mit oben gefundenen Kombinationen getestet.

Regression Analysis: Zahl der Bohrung versus Freiwinkel; Spitzenw.; ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} \text{Zahl der Bohrungen} = & -634 + 4,61 \text{ Freiwinkel} + 9,34 \text{ Spitzenw.} \\ & - 5,32 \text{ Spanwinkel X} + 4,42 \text{ Einlaufwinkel X} - 220 \text{ SHD} \\ & - 533 \text{ Kerndicke} + 94 \text{ KV} \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-634,3	513,8	-1,23	0,223
Freiwinkel	4,613	3,037	1,52	0,135
Spitzenw.	9,339	1,562	5,98	0,000
Spanwinkel X	-5,322	2,165	-2,46	0,018
Einlaufwinkel X	4,4190	0,7083	6,24	0,000
SHD	-220,1	517,8	-0,43	0,673
Kerndicke	-533,5	420,3	-1,27	0,210
KV	93,9	793,6	0,12	0,906

Abb. 6. Regressionsanalyse der Bohrer mit Kreuzanschliff von Lieferant B – Versuch 1

Die irrelevanten Variablen SHD, Kerndicke und KV werden von der Regressionsanalyse ausgenommen und eine neue Gleichung über den Logarithmus der Zahl der Bohrungen wird erstellt.

Regression Analysis: LN ZdB versus Freiwinkel; Spitzenw.; ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} \text{LN ZdB} = & -14,6 + 0,0801 \text{ Freiwinkel} + 0,130 \text{ Spitzenw.} \\ & - 0,0702 \text{ Spanwinkel X} \\ & + 0,0707 \text{ Einlaufwinkel X} \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-14,631	2,395	-6,11	0,000
Freiwinkel	0,08012	0,03339	2,40	0,020
Spitzenw.	0,13047	0,01755	7,43	0,000
Spanwinkel X	-0,07018	0,02419	-2,90	0,005
Einlaufwinkel X	0,070654	0,007983	8,85	0,000

S = 0,423636 R-Sq = 70,8% R-Sq(adj) = 68,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	22,1663	5,5416	30,88	0,000
Residual Error	51	9,1529	0,1795		
Total	55	31,3191			

Source	DF	Seq SS
Freiwinkel	1	0,0002
Spitzenw.	1	6,0391
Spanwinkel X	1	2,0700
Einlaufwinkel X	1	14,0569

Abb. 7. Regressionsanalyse der Bohrer mit Kreuzanschliff von Lieferant B – Versuch 2

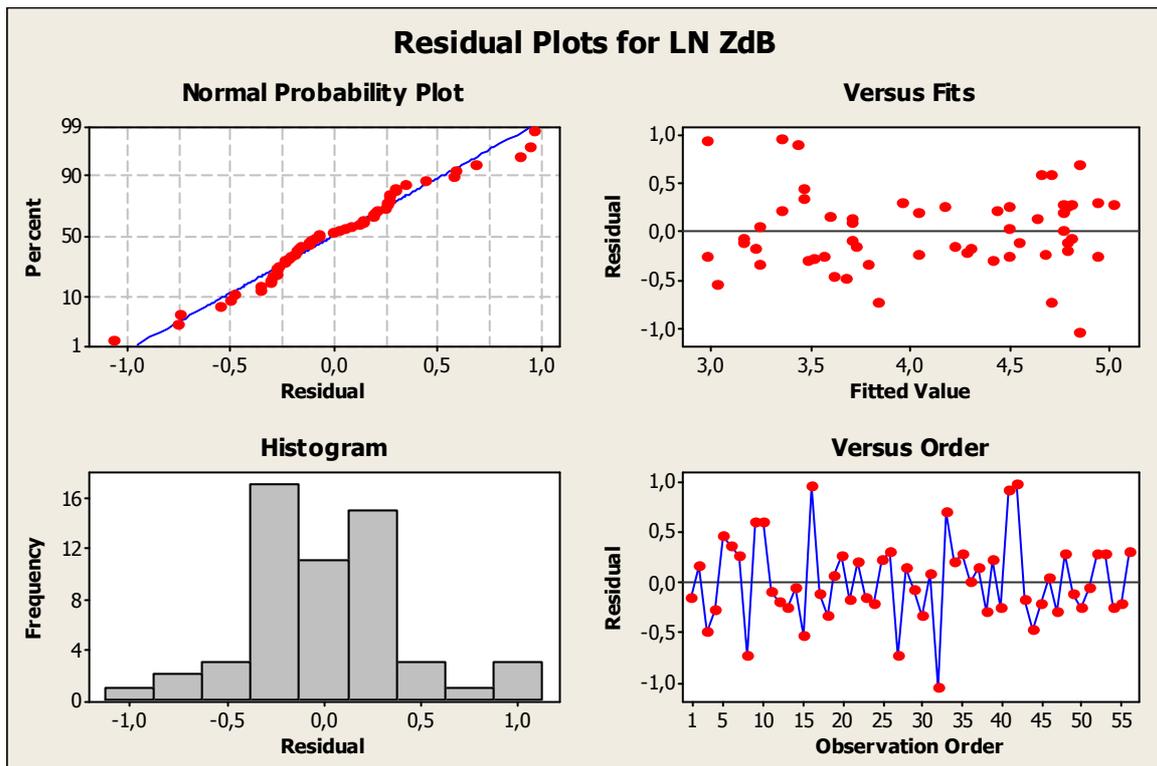


Abb. 8. Residual Plots: Regressionsanalyse der Bohrer mit Kreuzanschliff von Lieferant B – Versuch 2

Nun sind die P-Werte kleiner als 0,05 und das Fits-Bild zeigt eine bessere Verteilung. Bis jetzt ist der erste Schritt der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Schneidengeometrie und den Bohrerergebnissen fertig. Die anderen Bohrerergebnisse, wie z.B. die Bohrlochgüte, die benötigte Axialkraft sowie das entstehende Drehmoment, werden weiter untersucht.

Fazit:

Bis jetzt sind zwei Aufgaben erledigt. 1. Durch den Standzeitvergleich ist es klar, dass die Bohren von Lieferanten B die bessere Ergebnissen liefern als von Lieferanten A. 2. Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen der Schneidengeometrie und den Bohrerergebnissen. Minitab hilft die Auswertung mit wenigem Aufwand in kurzer Zeit geschafft zu werden.