



















<h2 style="text-align: center;">Zuverlässigkeitsanalyse mit dem Wuppertaler Zuverlässigkeitsprognosemodell (ZPM)</h2>	<h2 style="text-align: center;">Reliability Analysis using the Reliability Prognosis Model (RPM) of Wuppertal</h2>
<p>Das Wuppertaler Zuverlässigkeitsprognosemodell ist ein funktionales Tool zur validen und schnellen Auswertung von Garantie- und Kulanzdaten. Die Ergebnisse des ZPM lassen sich schon jetzt in vielen Bereichen anwenden und können häufig schnell auf neue Fragestellungen angepasst werden. Im Folgenden finden sich Kapitel zum Nutzen des ZPM, zu den benötigten Daten für eine Analyse sowie eine kurze Beschreibung des Modellablaufs.</p>	<p>The Reliability Prognosis Model of Wuppertal is a functional tool for performing valid and fast analysis of warranty or fair dealing data. The results of the reliability prognosis are applicable for answering multiple questions regarding warranty, quality, reliability, safety or supply chain issues. The following information gives a brief overview about the benefits and the required data of reliability prognosis. Furthermore, a short process of the model will be given.</p>
<h3>1 Nutzen einer Zuverlässigkeitsanalyse mit dem ZPM</h3> <p>Die Ergebnisse des Zuverlässigkeitsprognosemodells lassen sich vielfältig nutzen. Der Hauptentwicklungsfokus lag ehemals auf der Bestimmung der Zuverlässigkeitskenngrößen. Im Laufe der Entwicklungszeit haben sich aber weitere Fragestellungen ergeben, die ein breites Anwendungsportfolio ermöglicht haben. Eine thematische gegliederte Zusammenstellung der Anwendungsmöglichkeiten findet sich in den folgenden Abschnitten.</p> <h4>1.1 Warranty Management</h4> <ul style="list-style-type: none"> IQZ Kalkulation von zukünftigen Garantie- und Gewährleistungskosten IQZ Risikomanagement bei Garantiezeiterweiterung IQZ Kalkulation von Serienersatzbedarf oder Endbevorratungsmengen im Ersatzteilmanagement IQZ Aufdeckung von Garantiebetrug IQZ Möglichkeit der Lieferantenbewertung/-kontrolle IQZ Statistische Auswertung des Zulassungsverzugs (Optimierung Supply-Chain-Management) IQZ Statistische Auswertung des Meldeverzugs (Optimierung Informationsfluss Zulieferer-Kunde oder intern) 	<h3>1 Benefit of the Reliability Prognosis Model</h3> <p>As mentioned, the Reliability Prognosis Model can be used to answer questions concerning multiple issues. The main focus formerly was in determining reliability characteristics for the research and developing department. While improving the model within the last years several new applications were made. The following points give a short overview about using the RPM.</p> <h4>1.1 Warranty Management</h4> <ul style="list-style-type: none"> IQZ Calculation of future warranty costs IQZ Supporting the risk management for warranty extension IQZ Calculation of serial spare parts or End-of-Life components for spare part management IQZ Uncover warranty fraud IQZ Possibility to assess supplier IQZ Statistical analysis of registration delay (e.g. Optimization of Supply-Chain-Management) IQZ Statistical analysis of reporting delay (Optimization of Information Process Supplier-OEM or internal)

<p>1.2 Funktionale Sicherheit (ISO 26262, IEC 61508)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Erstellung eigener Ausfallraten unter Berücksichtigung der spezifischen Belastung Ihrer Komponenten ☉ Möglichkeit zum Nachweis der Betriebsbewährtheit - Proven-in-Use gemäß ISO 26262 ☉ Nachweis der Normenkonformität <p>1.3 Informationen Forschung & Entwicklung (F&E)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Bewertung von Systemmodifikationen ☉ Hilfe bei der Komponentenauswahl ☉ Einsatz betriebsbewährter Komponenten ☉ Feedback für F&E <p>1.4 Allgemeine Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Statistische Auswertung der firmeneigenen Felddaten mittels bewährtem Modell ☉ Jahrelange Anwendung bei namhaften OEM und Zulieferern ☉ Sowohl reine Datenauswertung als auch Interpretation durch Experten möglich ☉ Kontinuierliche Weiterentwicklung (Stand der Wissenschaft) <p>1.5 Statistischer Umfang (wählbare Module)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Auswertung Fahrleistungsdaten mittels theoretischer Funktionen (Weibull-, Lognormal-, Normalverteilung) ☉ Ermittlung theoretischer km-bezogener Zuverlässigkeitskenngrößen (Ausfall- und Überlebenswahrscheinlichkeit, Ausfallrate, Ausfalldichte) ☉ Auswahl der Ausfallverteilung möglich (Weibull-, Lognormal-, Normalverteilung), mit mathematischer Bewertung der Anpassungsgüte ☉ Grafische Darstellung empirischer und theoretischer Zuverlässigkeitskenngrößen (auch zur ergänzenden visuellen Kontrolle) ☉ Auswahl der gewünschten Parameterschätzverfahren oder manuelle 	<p>1.2 Functional Safety (ISO 26262, IEC 61508)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Calculation of own hazard rates concerning the real load of the relevant components ☉ Usage for proven-in-use-argumentation corresponding to ISO 26262 ☉ Conformity to standards <p>1.3 Information for Research & Development (R&D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Evaluation of system modifications ☉ Support for assessing new components ☉ Usage of proven-in-use-components ☉ Feedback for R&D <p>1.4 Common Advantages</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Statistical analysis of company own field data using an approved model ☉ Application at well-known OEM and supplier for years ☉ Both single analysis of data and interpretation of experts possible ☉ Continuous enhancement (State-of-the-art of science) <p>1.5 Specific statistic values (selectable modules)</p> <ul style="list-style-type: none"> ☉ Analysis of driving behavior by theoretical distribution function (Weibull-, lognormal-, normal distribution) ☉ Calculation of theoretical km-dependent reliability characteristics (failure function, reliability function, hazard rate, failure rate) ☉ Possibility of choosing different Failure functions (Weibull-, lognormal-, normal distribution), additional calculation of stability index ☉ Graphical output of empirical and theoretical reliability characteristics (also for additional visual control) ☉ Possibility of choosing different parameter estimations or manual
--	---

<p>Anpassung mittels Wizard möglich</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⓢ Anwärterprognose bei zensierten Daten mittels Methode nach Pauli Ⓢ Modul zu Verwertung zeitnaher Garantiedaten (Berücksichtigung Zulassungs- und Meldeverzug, inklusive der grafischen Darstellung) Ⓢ Modul zur Berücksichtigung von Teilpopulationen (epidemische Ausfallbilder) Ⓢ Ermittlung zeitabhängiger Zuverlässigkeitskenngrößen auf Basis der km-abhängigen Zuverlässigkeitskenngrößen (Einbeziehung der spezifischen Belastung durch die Fahrleistung) Ⓢ Möglichkeit zur Berechnung konstanter Ausfallraten über definierte Zeiträume (z.B. zur Verwendung in weiteren Analysen, wie Fehlerbaumanalyse, Markov-Prozess, etc.) Ⓢ Grafische Darstellung der zeitabhängigen Zuverlässigkeitskenngrößen Ⓢ Automatische Berechnung von Garantiekosten Ⓢ Automatische Berechnung von Serienersatzbedarf Ⓢ Automatische Berechnung von Endbevorratungsmengen (EOL) Ⓢ Modul zur Berücksichtigung des Kundenverhaltens 	<p>fitting by means of a wizard function</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⓢ Calculation of failure candidates by means of the method of Pauli in case of censored data Ⓢ Module to deal with time-near warranty data (concerning registration and reporting delay including graphical output) Ⓢ Module concerning sub-populations (epidemic root cause) Ⓢ Calculation of theoretical time-dependent reliability characteristics based on km-dependent reliability characteristics (including the specific load by using the driving behavior) Ⓢ Possibility of calculating constant hazard rates for a defined time span (e.g. further application in Fault-Tree-Analysis, Reliability-Block-Diagram, Markov-Process, etc.) Ⓢ Graphical output of theoretical time-dependent reliability characteristics Ⓢ Automatic calculation of warranty costs Ⓢ Automatic calculation of serial spare parts Ⓢ Automatic calculation of End-of-Life components Ⓢ Module concerning the customer behavior
<h2>2 Benötigte Daten</h2> <p>Das Wuppertaler Zuverlässigkeitsprognosemodell (ZPM) ist im besonderen Maße auf die Eingangsdatenbasis angewiesen. Es gibt hierbei Informationen, die zwingend in den Garantiedaten enthalten sein müssen, wenn eine km- oder eine zeitbasierte Zuverlässigkeitsprognose erfolgen soll. Darüber hinaus existieren optionale Daten, die für eine Verbesserung der Prognosegüte oder auch für weitere Fragestellungen zum Einsatz kommen können (hier gekennzeichnet mit opt.):</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⓢ Erstzulassungsdatum des Fahrzeugs, Ⓢ Ausfalldatum und Kilometerstand zum Ausfalldatum, • diese Information ist oftmals nicht bekannt, dann kann das Reparaturdatum verwendet werden 	<h2>2 Required Data</h2> <p>The Reliability Prognosis Model of Wuppertal is based on field data. Therefore, the output of the model is only as good as the given data. There are some information that have to be given if a time-dependent reliability prognosis has to be performed. Furthermore, the precision of the model can be improved if additional information is available. Also additional questions can be answered if needed (opt.):</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⓢ Registration date of the car, Ⓢ Failure date and Mileage until Failure Date, • if this information is not known the repair date can be used as a substitute

<p>  Reparaturdatum und Kilometerstand zum Reparaturdatum,  Dauer der Garantiezeit,  Bezugsmenge für den Betrachtungszeitraum (wenn nicht bekannt, dann kann aus der Zulassungs-, Verkaufs- oder Fertigungsmenge die Bezugsmenge abgeleitet werden) <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: nach Monaten aufgeteilt,</i>  Teilmarktfaktor: Anteil des beobachteten Marktes am Gesamtverkaufsmarkt der Komponente (opt.: zusätzlich Aufteilung nach Kunden)  Rücklaufquote: Anteil der defekten Geräte, die zur Befundung zurückgeschickt werden,  <i>Fertigungsdatum des Fahrzeugs</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: wenn der Zulassungsverzug mit berücksichtigt werden soll,</i>  <i>Erfassungsdatum des Garantiefalls</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: wenn der sog. Meldeverzug mit berücksichtigt werden soll,</i>  <i>ID-Nummer (z.B. Bauteilnummer) der Komponenten, sofern die Daten mehrere Komponenten umfassen (opt.)</i>  <i>Wichtige Zusatzinformationen (z.B. Schadteil, Fehlerbeschreibung, länderspezifische Informationen), zur differenzierten Analyse (opt.).</i> </p> <p>Bei der Datenzusammenstellung gilt wie immer: Je genauer die einzelnen Daten erfasst sind, desto besser eignen sie sich für die Prognose!</p>	<p>  Repair Date and Mileage until Repair Date,  Guarantee period,  Allocation base for the period under observation (if not known, the allocation base can be determined out of the amount of registered cars, the selling quantity or the production quantity) <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: partitioned into months,</i>  Sub-segment factor: Ratio of the observed market to the whole selling market of the component (opt.: additionally divided into customers)  Return rate: Ratio of defective components, send back for checking  <i>Manufacturing date of the car</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: if registration delay should be considered,</i>  <i>Entry date of the guarantee case</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>opt.: if reporting delay should be considered,</i>  <i>ID-number (e.g. part number) of the component, if different components are included (opt.)</i>  <i>Important additional information (e.g. defective part, failure description, country specific information) for differentiated analyses (opt.).</i> </p> <p>As always essential for data analysis: The more precise the data is collected, the better it is suitable for prognosis.</p>
---	---

3 Ablauf Zuverlässigkeitsprognosemodell

In der folgenden Abbildung ist der generelle Ablauf des Wuppertaler Zuverlässigkeitsprognosemodells dargestellt.

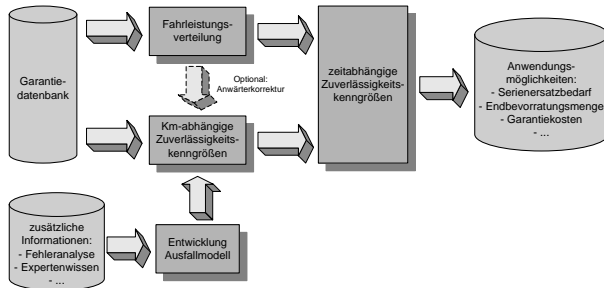


Abbildung 1: Ablaufdiagramm Wuppertaler Zuverlässigkeitsprognosemodell

Das Modell besteht prinzipiell aus drei Schritten, die im Folgenden lediglich kurz beschrieben werden.

Schritt 1:

Aus den vorhandenen Daten wird eine Fahrleistungsverteilung ermittelt. Diese wird zu Vergleichszwecken und für eine spätere einfache Verwendung als jährliche Fahrleistungsfunktion ermittelt. Für Pkw hat sich gezeigt, dass sich die Lognormal-Verteilung für eine Anpassung sehr gut eignet. Aber auch die Anpassung einer Weibull-Verteilung liefert gute Resultate. Für Lkw kann dagegen häufig eine Normalverteilung zugrunde gelegt werden.

Schritt 2:

Parallel zur Fahrleistungsverteilung werden die km-abhängigen Zuverlässigkeitskenngrößen bestimmt. Unter Verwendung der Fahrleistung für die Garantiezeit, die aus der jährlichen Fahrleistung abgeleitet werden kann, lassen sich sogenannte Anwärter berechnen, welche die Prognosegüte erhöhen. Als Anwärter werden zukünftige Ausfälle verstanden, die bei Fahrzeugen zu einem Kilometerstand auftreten werden, den die Fahrzeuge erst zu einem späteren Zeitpunkt erreichen. Es hat sich gezeigt, dass für die Verteilungsfunktion eine Weibull-Verteilung verwendet werden sollte, da zum einen die Anpassungen sehr gut sind und zum anderen die ermittelten Parameter eine gute Vergleichbarkeit mit anderen Ergebnissen zulassen. Bei Bedarf kann die Verteilungsfunktion auch eine Teilpopulation abbilden.

3 Process reliability prognosis model

In the following figure 1 the general process of the RPM of Wuppertal is shown.

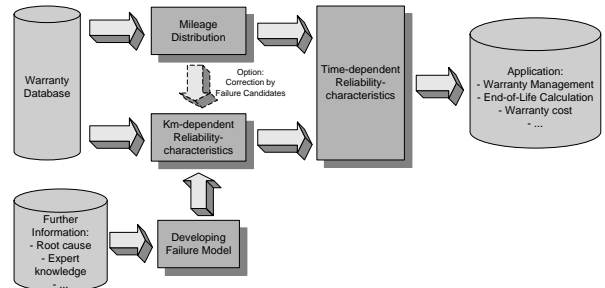


Figure 2: Process diagram of Reliability Prognosis Model of Wuppertal

The model has three major steps, which were not described in detail below.

Step 1:

Out of the available data an annual mileage will be determined. The mileage is used for comparative purposes and in further calculations because it can be handled very easy. As can be shown for passenger cars a lognormal distribution is well suitable for fitting a distribution. Also a Weibull distribution delivers good results. For trucks typically a normal distribution can be taken as a basis.

Step 2:

In parallel to the mileage distribution the km-dependent characteristics will be determined. By using the mileage of the guarantee time, which can be transformed out of the annual mileage, so called failure candidates can be calculated, which will increase the forecast goodness. Failure candidates are those future failures, which will appear at the vehicles at a certain mileage to a later point of time. From many researches arose, that a Weibull distribution fits the empirical data best and that the resulting parameters can be compared well to other results. If necessary, the distribution function can be expanded to fit a sub-population.

<p>Schritt 3:</p> <p>Zur besseren Handhabbarkeit werden in der Automobilindustrie gerne zeitabhängige Zuverlässigkeitskenngrößen benutzt. Diese können aus einer geschickten Kombination von Fahrleistungsverteilung und km-abhängigen Zuverlässigkeitskenngrößen und damit direkt aus den ermittelten Verteilungen bestimmt werden. Als Ergebnis erhält man kalenderzeitbasierte Kenngrößen, deren Verteilung identisch mit der km-basierten Verteilungsfunktion ist und die sich lediglich in den Verteilungsparametern unterscheiden.</p> <p>Mit den verschiedenen Ergebnissen können anschließend dann viele Fragestellungen der Zuverlässigkeitstechnik aber auch Themen aus dem Supply-Chain-Management oder dem Qualitätsmanagement beantwortet werden (siehe Kapitel 1).</p>	<p>Step 3:</p> <p>In automotive industry time-dependent reliability characteristics are preferred due to a better manageability. These characteristics can be derived out of a clever combination of the mileage distribution and the km-dependent reliability characteristics and therefore directly out of the derived characteristics. As result calendar time-dependent characteristics are achieved, which follow the same distribution supposed in step 2 and which only differ in the values of the distribution parameters.</p> <p>Afterwards by using those results there can be answered many questions with regard to reliability issues, supply chain management or quality management (see chapter 1).</p>
---	--

Zusammenstellung der empirischen Daten:

Kenngroesse	Mittelwert	Standardabweichung	Min-Wert	Max-Wert
Jaehrliche Fahrleistung [Tkm]	25	17	2	81
Strecke bis zum Ausfall [Tkm]	6	6	0	31
Zeit im Feld [Tage]	111	83	10	340
Zulassungsverzug [Tage]	49	41	3	162
Meldeverzug [Tage]	12	10	2	44

Sollen die Verzüge mit in die Analyse einfließen?

Zulassungsverzug Meldeverzug

OK

Abbildung 3: Übersicht der einfließenden Daten

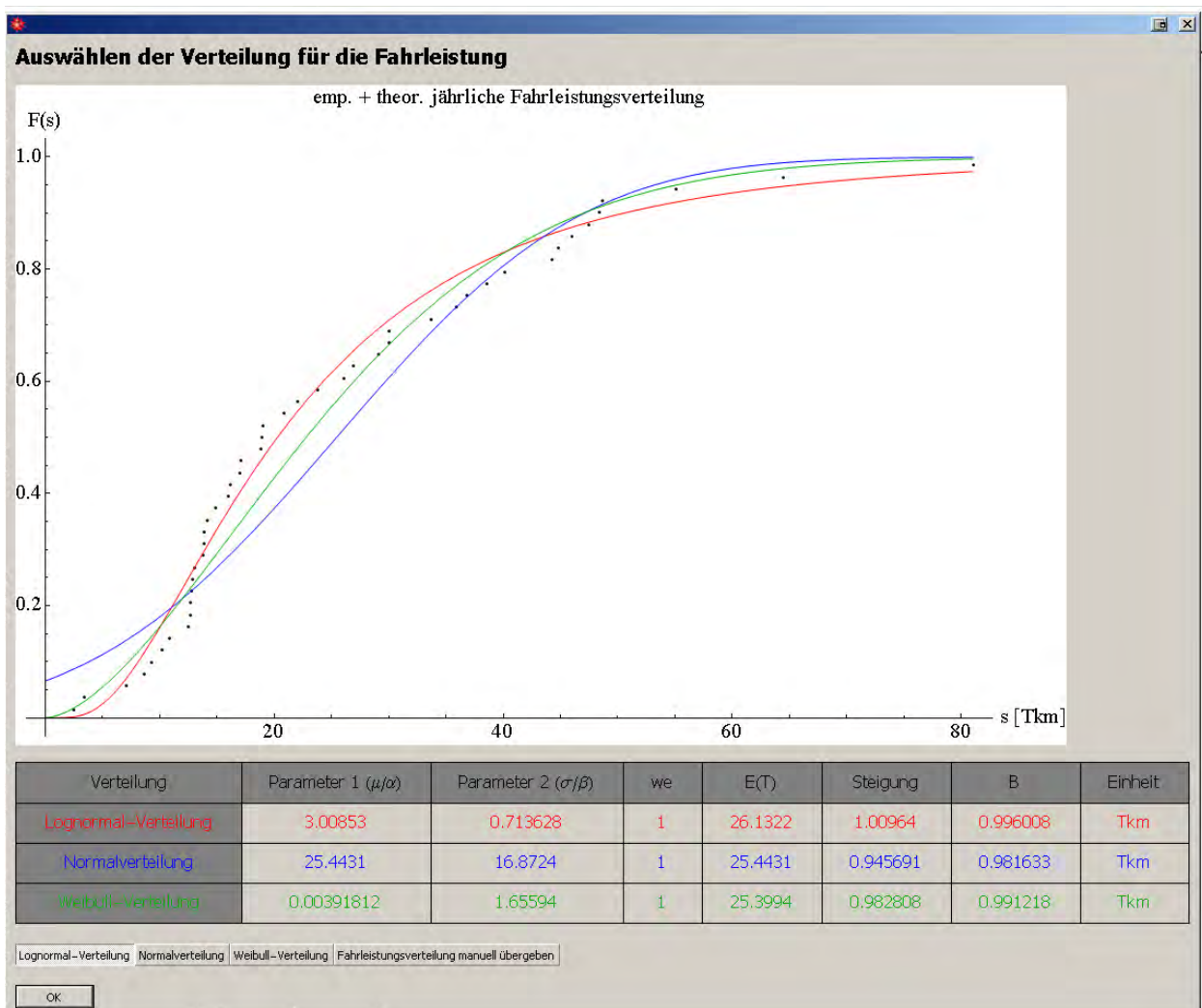


Abbildung 4: Fahrleistungsverteilung (Empirische Daten und Anpassung mittels theoretischer Funktionen)

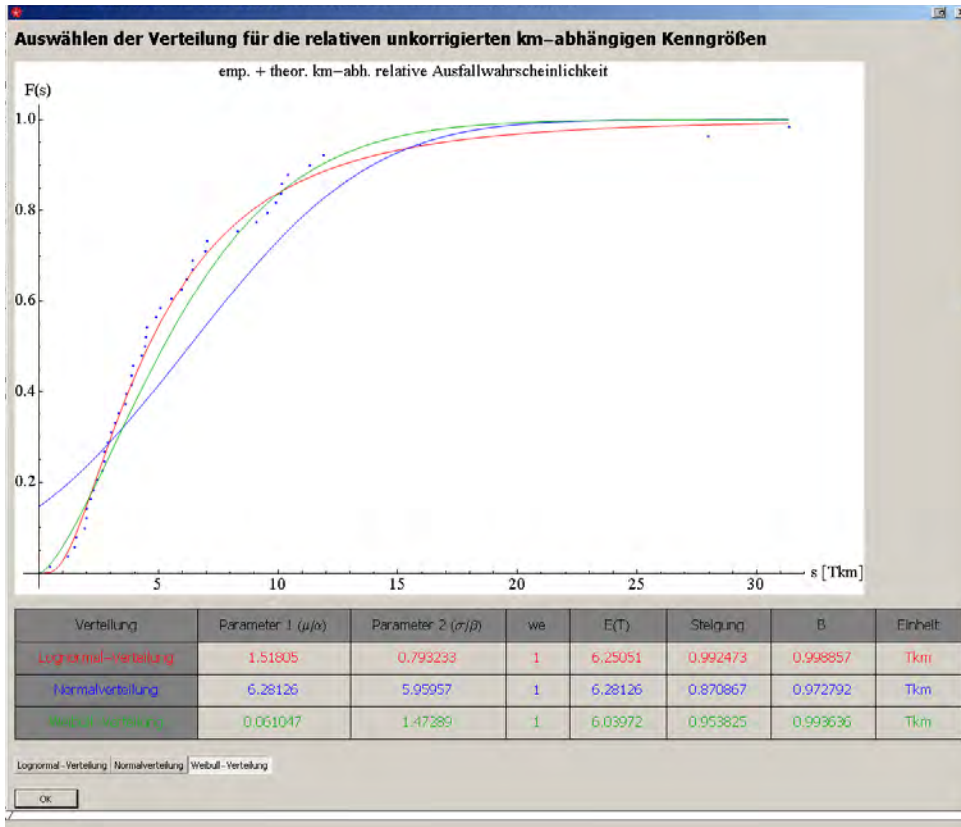


Abbildung 5: Empirische Ausfalldaten und theoretische Ausfallfunktion (relativ)

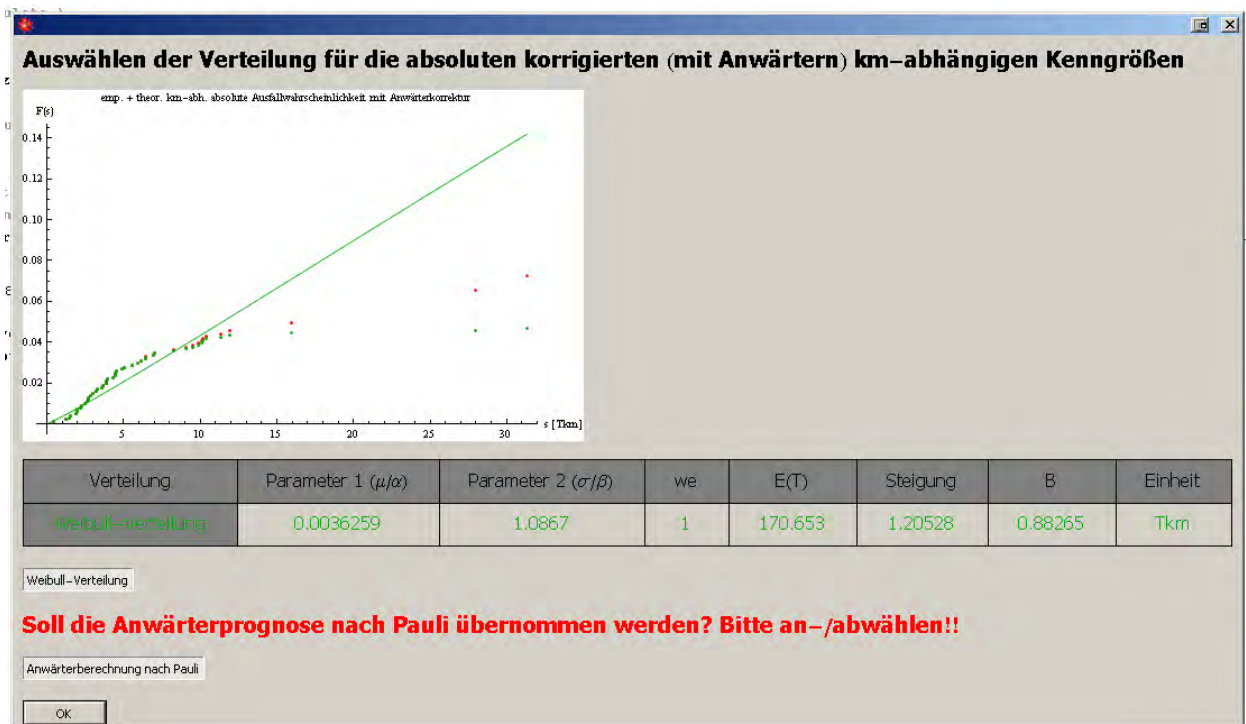


Abbildung 6: Empirische Ausfalldaten und optionale Anwärterprognose (absolut)

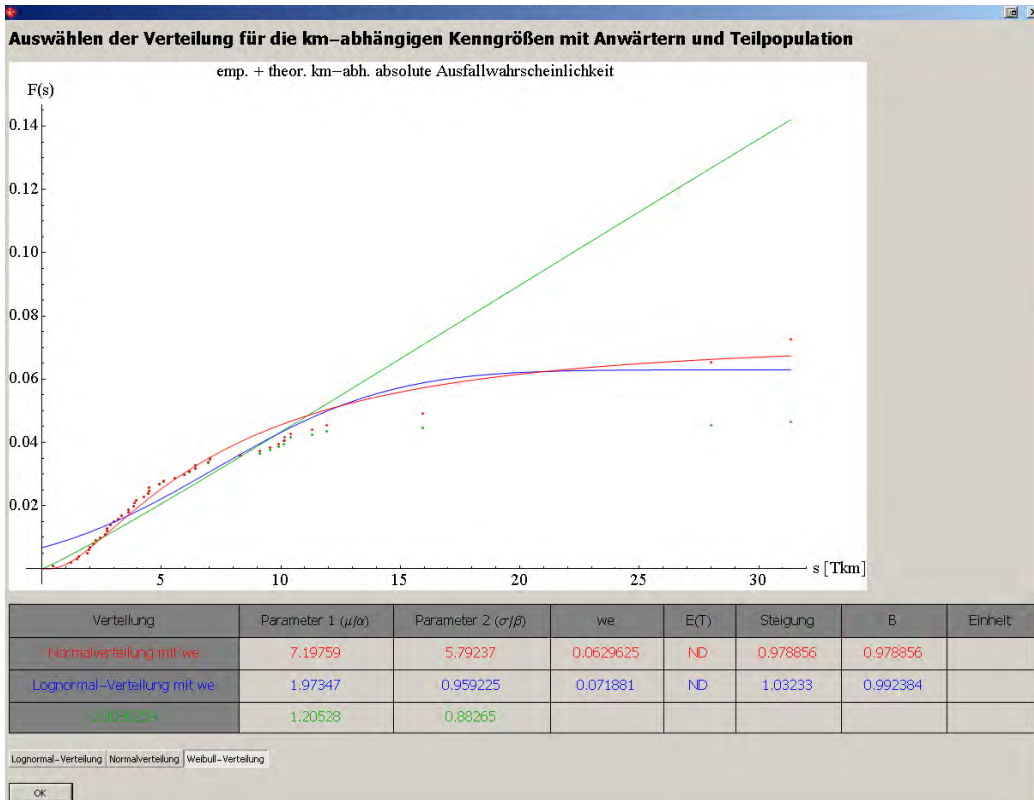


Abbildung 7: km-abhängige Ausfalldaten und angepasste theoretische Ausfallfunktion

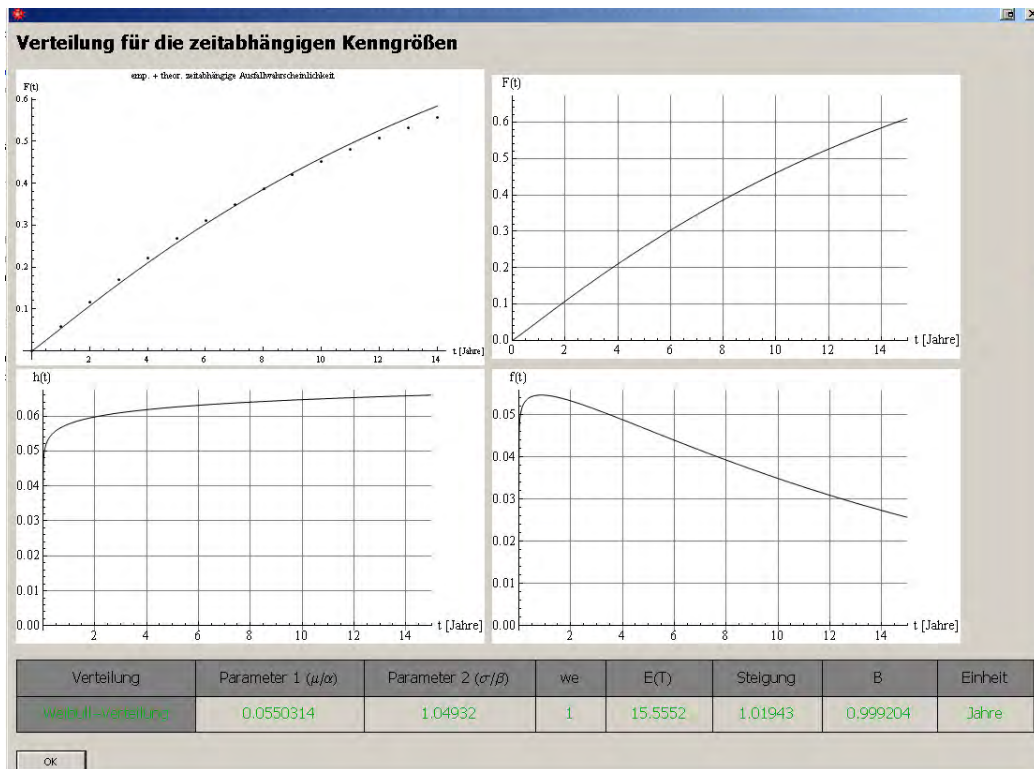


Abbildung 8: Zeitabhängige Zuverlässigkeitskenngrößen