

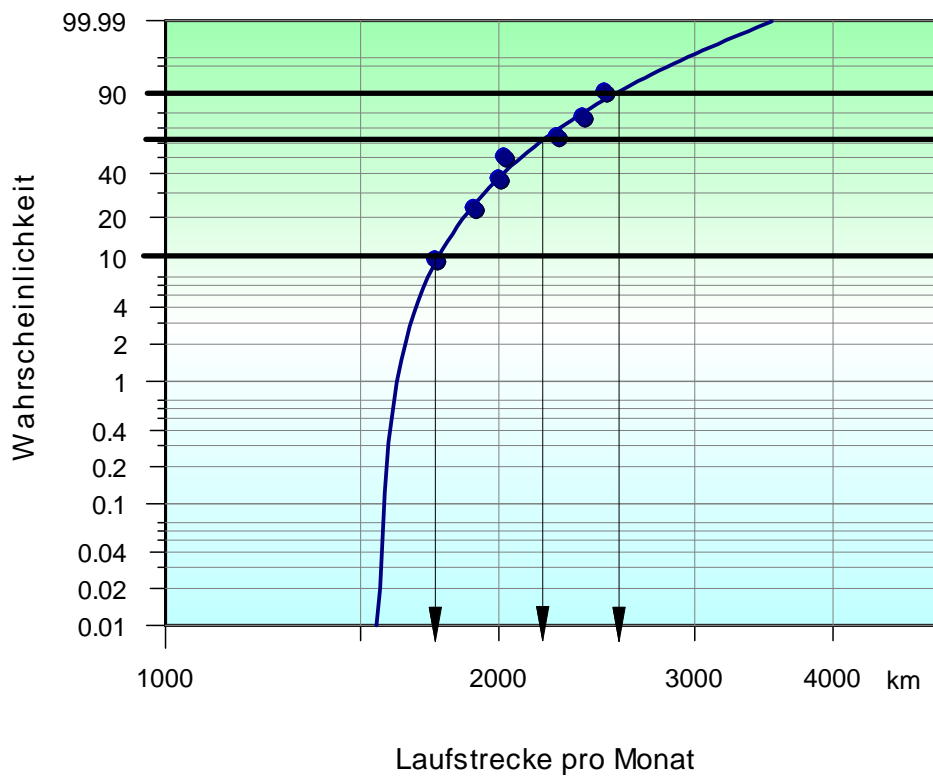
der Fahrzeuge bekannt (Laufstreckenverteilung), die betrachtet werden, so lässt sich relativ einfach auf die Ausfallwahrscheinlichkeit der Anwarter schließen.

Die Laufstreckenverteilung kann sowohl aus den Schadensfällen, bei denen Zulassungsdatum, Schadensdatum und Laufstrecke bekannt sind, aber auch aus Umfragen ermittelt werden. Die Laufstreckenverteilung gibt an, wieviel Prozent der Fahrzeuge eine bestimmte Laufstrecke noch nicht erreicht haben. Sie wird zweckmäßigerweise auf Laufstrecke/Monat normiert und kann für jeden anderen Zeitraum linear umgerechnet werden. In der Praxis ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Laufstreckenverteilung nicht konstant ist. So ist z.B. in der Einfahrzeit des Fahrzeuges eine geringere Kilometerleistung vorhanden. Später nimmt diese von Jahr zu Jahr zu. Weiterhin muß berücksichtigt werden, dass gleiche Bauteile in verschiedenen Fahrzeugtypen und Einsatzfällen, aber auch in unterschiedlichen Ländern stark unterschiedliche Laufstrecken erreichen (z.B. haben Taxis sehr hohe Kilometerleistungen). Normalerweise ist die Laufstreckenverteilung eher eine Lognormalverteilung. Da diese aber als Funktion nicht zur Verfügung steht, verwendet man die Weibull-Verteilung entweder mit t_0 , oder über 2 Abschnitte. Zum Beispiel:

Laufstreckenverteilung nach 1 Monaten

X1	10.0%	720 km
X2	63.2%	2160 km
X3	90.0%	3700 km

Bei der ersten „Stützstelle X1“ haben 10% der Fahrzeuge 720km noch nicht erreicht. Bei X2 haben 63.2% 2160km noch nicht erreicht usw. Diese Laufstreckenverteilung sieht im Weibull-Netz nach einem Monaten (Betrachtungszeitraum) folgendermaßen aus:



Aus dieser Darstellung kann für jede Laufleistung entnommen werden, wieviele Fahrzeuge diesen Wert noch nicht erreicht haben. Mathematisch gesehen ist hierzu die Umkehrfunktion der Weibullfunktion notwendig (siehe Anhang). Aus der Produktionsstückzahl kann man damit die Anzahl der Anwärter berechnen. Angenommen, es werden folgende konkrete Ausfälle eines bestimmten Bauteiles analysiert, die aufsteigend nach Laufleistung sortiert wurden:

Ordnungszahl i	Ausfallzeiten bei km
1	2000
2	2800
3	4500
4	5000
5	6000
6	7000
7	8000
8	8000
9	9000
10	10000
11	11000
12	13000
13	15000
14	17000
15	20000

Die entsprechenden Anwärter ermittelt man zunächst prozentual für jede Laufstrecke, an der ein Ausfall vorgekommen ist, im Diagramm der Laufstreckenverteilung. Mit der Produktionsstückzahl errechnet sich nun die absolute Anzahl. Dies gilt zunächst für den ersten Wert (Anwärter bei 2000km). Die folgenden Anwärter errechnen sich nun aus der nächsten Anzahl Fahrzeuge, die die entsprechende Laufstrecke noch nicht erreicht haben abzüglich der vorhergehenden Anwärter und Ausfälle. Dabei kann rechnerisch evtl. eine negative Anzahl Anwärter herauskommen, die zu 0 gesetzt werden muß.

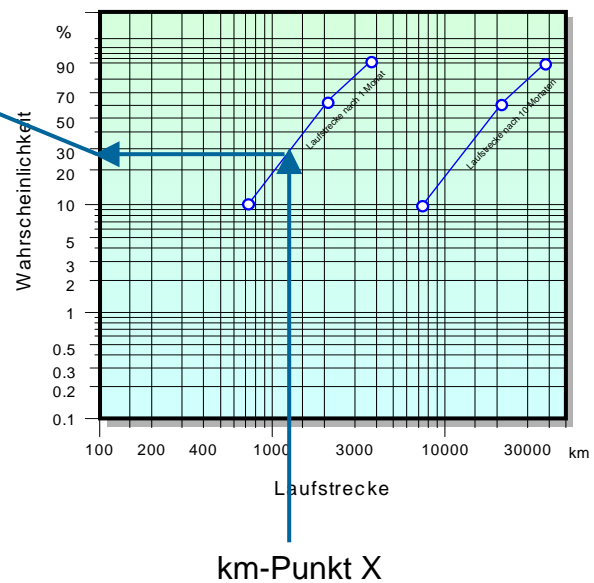
Aus den Anwärtern soll nun eine „korrigierte“ Ausfallhäufigkeit ermittelt werden. Diese errechnet sich mit:

$$Fan_i = Fan_{i-1} + \frac{1}{n+1} \cdot \frac{Nan_i}{1-Fk_{i-1}} \quad * n$$

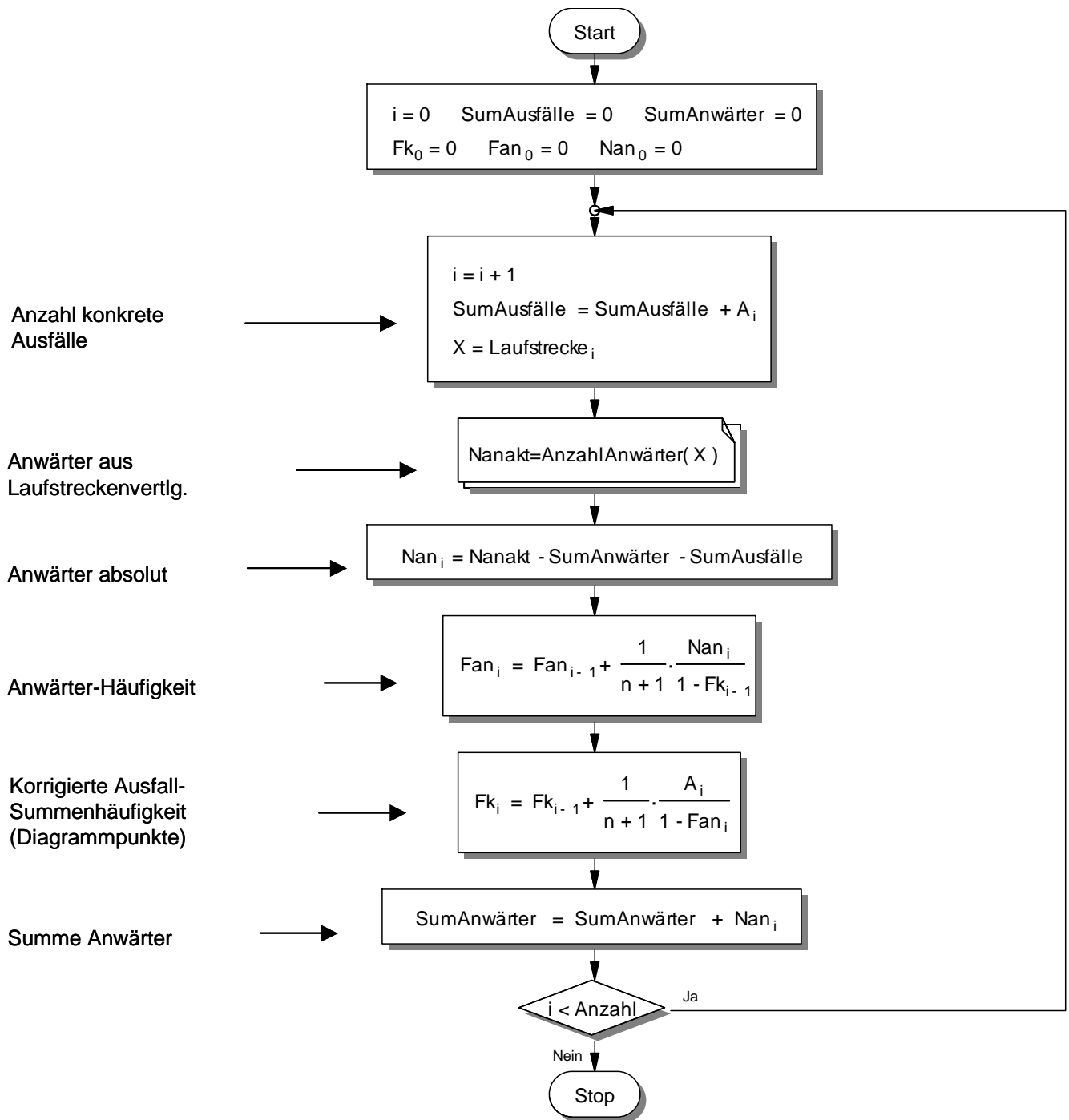
mit der Anwärterhäufigkeit

$$Fk_i = Fk_{i-1} + \frac{1}{n+1} \cdot \frac{A_i}{1-Fan_i}$$

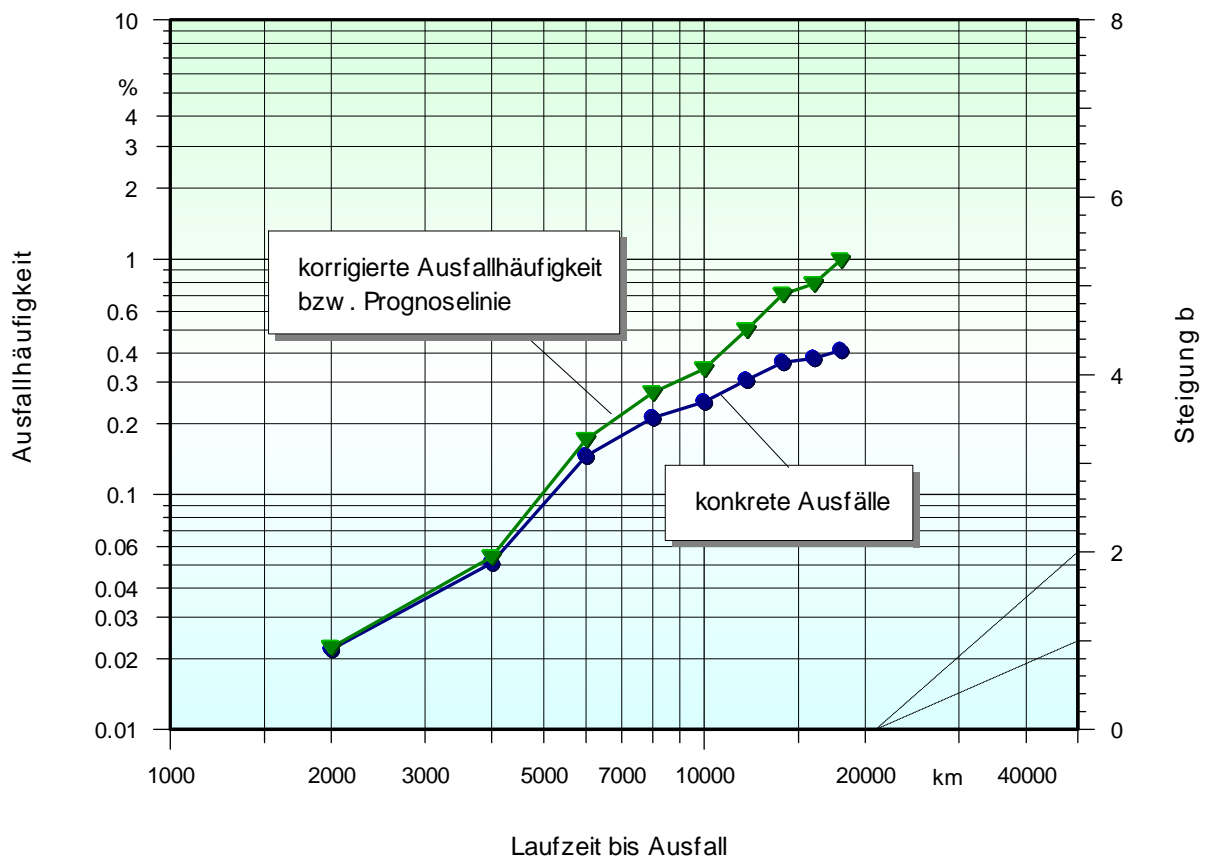
- mit
- i : Ordnungszahl
 - n : Produktionsmenge
 - A_i : Anzahl Ausfälle bei Punkt i
 - Nan : Anzahl Anwärter aus Laufstreckenverteilung



Der gesamte Rechendurchlauf stellt sich vereinfacht folgendermaßen dar:



Die Anfangswerte für den Beginn der Rechnung für $i=0$ werden auf 0 gesetzt. Für das eingangs genannte Beispiel ergeben sich mit einer Produktionsstückmenge von 999 folgende korrigierte Ausfallhäufigkeiten bzw. die Prognoselinie:

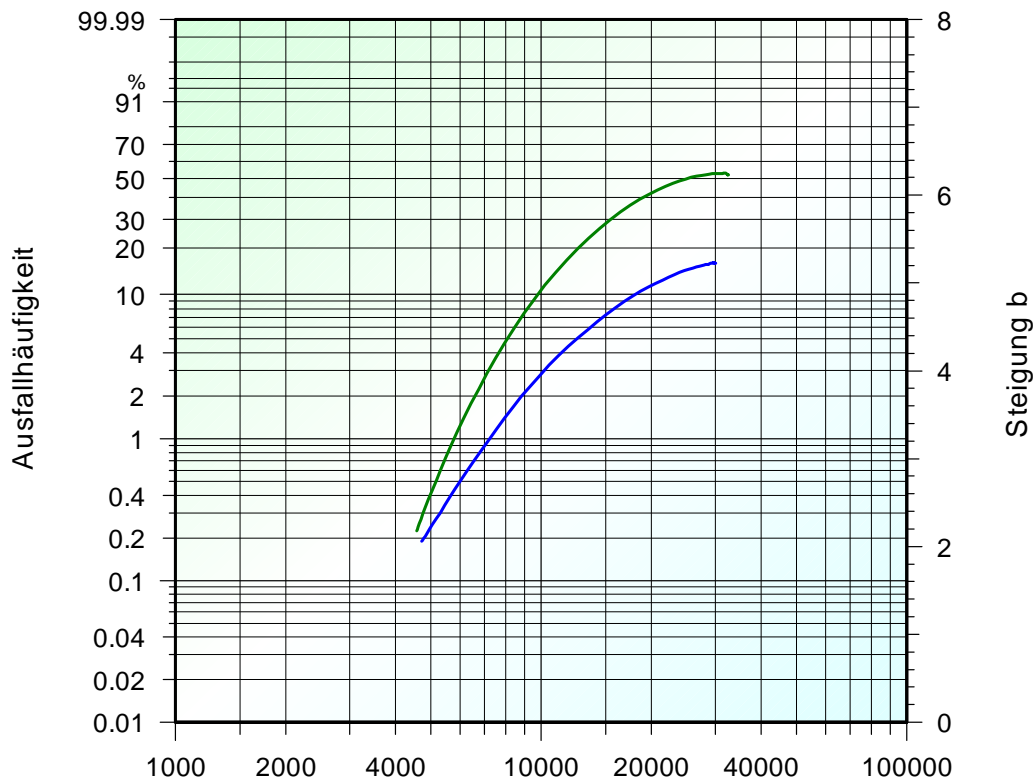


Man erkennt besonders, dass die korrigierten Ausfallhäufigkeiten erst nach größer werdender Laufstrecke zum Tragen kommen, da hier immer weniger Fahrzeuge die entsprechende Laufstrecke schon erreicht haben (große Anzahl Anwärer).

Einen besonderen Einfluß auf die korrigierte Ausfallhäufigkeit hat der Einsatzzeitraum = Betrachtungszeitraum. Wie bereits beschrieben, liegt die Linie der korrigierten Ausfallhäufigkeiten immer näher an der Linie der konkreten Ausfälle, wenn der Betrachtungszeitraum immer weiter zurückliegt, bzw. sehr groß wird. In diesem Fall haben eben alle Fahrzeuge die entsprechenden Laufleistungen bereits hinter sich, und es ergeben sich keine neuen Anwärer. Eine Analyse von Bauteilen sollte auch nur in einem eng abgegrenzten Produktionszeitraum durchgeführt werden (max. 3 Monate), denn der Betrachtungszeitraum gilt nur für einen „Punkt“ (mittlerer Wert zwischen dem zuerst und zuletzt produzierten Bauteil).

Bei einer großen Anzahl Ausfälle ist es vorteilhaft Klassen, bezogen auf die Kilometerleistung, zu bilden. Hierdurch wird in den meisten Fällen der Verlauf der Ausfälle im Weibull-Netz geradliniger.

Oft entsteht ein über der Laufstrecke abknickender Verlauf (flacherer Ausgang) auch für die Prognoselinie.



Dies kann dadurch entstehen, dass die Beanstandungen außerhalb der Garantiezeit auftreten und hier nicht mehr enthalten sind. Man sagt, die Daten gehen aus, obwohl konkrete „Ausfälle“ vorhanden sind. Diese Aussage kann in der Regel gemacht werden, wenn der „Knick“ oberhalb von 40000km entsteht. Damit ist sehr wahrscheinlich, dass keine Garantiezeit mehr besteht. Ist der Knick unterhalb von 40000km, so kann man davon ausgehen, dass nur eine bestimmte „Baugruppe“ oder eine begrenzte Produktion betroffen ist und somit keine weiteren Ausfälle trotz höherer Kilometer zu erwarten sind.

Zu beachten sind außerdem die Hinweise im Kapitel „Allgemeine Probleme bei der Auswertung“ und „Mischverteilung“.

Ermittlung der Laufstreckenverteilung aus den „Schadteilen“



Wie eingangs beschrieben, lässt sich die Laufstreckenverteilung auch aus den Angaben der Schadteile ermitteln. Hierzu werden für jedes Schadteil folgende Angaben benötigt:

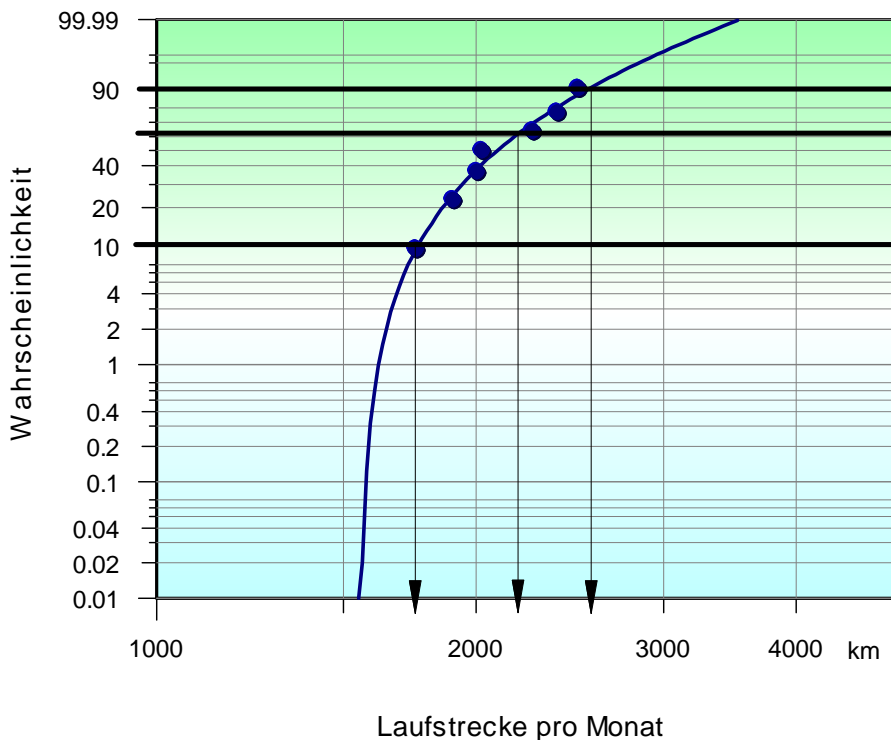
- Fahrzeugzulassung
- Reparaturdatum
- Kilometerleistung

Aus der Differenz von Reparaturdatum - Fahrzeugzulassung erhält man die „Einsatzzeit“ des Bauteiles. Diese Daten trägt man in eine Tabelle zusammen mit der Kilometerleistung ein. Da sich eine Laufstreckenverteilung nur für gleiche Einsatz-

zeiten ermitteln lässt, normiert man diese Daten gleich auf einen Monat, d.h. man teilt die Laufstrecke durch die Einsatzzeit.

Der Schnittpunkt der aus diesen Angaben erzeugten Ausgleichsgerade mit der 10%, 63.2% und 90% Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) ergibt die gesuchten Kilometerwerte bei diesen Punkten.

Hierzu sind Lotlinien bei



den entsprechenden Häufigkeiten zu ziehen (siehe Beispiel). Die ermittelten Werte können jetzt direkt in die eigentliche Weibull-Auswertung übernommen werden.



Zu beachten ist jedoch, dass es sich hierbei um eine „Negativauswahl“ handelt. D.h. dass die Fahrzeuge mit den Ausfällen meist eine höhere Laufstrecke pro Monat haben, als der repräsentative Querschnitt. Die Laufstreckenverteilung aus den Schadteilen zu verwenden, bedeutet in der Regel eine zu niedrige Prognose zu erhalten.

Anwärter-Prognose / Charakteristik

- ☞ Die Abweichung zwischen Prognose und Ist-Kurve ist umso größer, je kürzer der Betrachtungszeitraum
- ☞ Die Verzugszeit (Zeit zwischen Produktion und Zulassung) verkürzt den Betrachtungszeitraum entsprechend
- ☞ Abweichung zwischen Prognose und Ist-Kurve umso größer, je geringer die Laufleistung pro Monat
-> Wahrscheinlichkeit für Anwärter steigt, dass die betrachtete Strecke noch nicht erreicht wurde
- ☞ Laufstreckenverteilung aus Beanstandungen ist oft zu hoch und nicht immer repräsentativ für Gesamtproduktion

