

Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe | Technische Statistik

6. Auswerten von **Felddaten**



BOSCH
Technik fürs Leben



Ausgabe 12.2001

2020-04-06 - SOCOS

© 2001 Robert Bosch GmbH



Auswertung von Felddaten

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1 Zugang zu Felddaten	4
1.2 Grundlagen	5
1.3 Beanstandungsquote - Ausfallquote	6
1.4 Fehlerverteilungen	6
1.5 Grenzen der Methode	7
1.6 Ausblick	8
2. Teilmarktfaktoren	9
2.1 Zweck	9
2.2 Ermittlung von Teilmarktfaktoren	9
2.3 Grenzen der Methode	10
3. Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren	11
3.1 Einführung in die Erfassung und Auswertung von Felddaten	11
3.2 Darstellung von Felddaten	14
3.2.1 Treppentabelle	14
3.2.2 Isochronendiagramm	15
3.3 Zweck von Hochrechnungsfaktoren	17
3.4 Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren	18
3.4.1 Einfache Ermittlung mit Hilfe der Treppentabelle	19
3.4.2 Grafische Ermittlung	21
3.4.3 Rechnerische Ermittlung	21
3.4.4 Grenzen der Methode	24
4. Feldquotenberechnung	25
4.1 Definitionen	25
4.2 Randbedingungen	26
5. Berechnung der Feldquoten im ISKB	27
5.1 Bearbeitungsabschnitte	27
5.1.1 Berechnung der Beanstandungsquote	27
5.1.2 Aufteilung in RB-Fehlerquote	28
5.1.3 Fehlerverteilung bei Jahresübersichten	29
5.2 Ergebnisdarstellung	30
6. Statistische Auswertung im Rahmen der Weibulltheorie	32
6.1 Datenbasis	32
6.2 Ermittlung der Jahres-km-Verteilung	33
6.3 Sudden death für Feldausfälle	34
6.4 Auswertungsmöglichkeit bei konstanter Ausfallrate	36
6.5 Auswertung mit Hilfe der Fahrstreckenverteilung	37
6.6 Hochrechnungen innerhalb der Gewährleistungszeit	38
7. Literatur	39
Index	40



1. Einleitung

Hohe Qualität unserer Erzeugnisse ist eines der obersten Unternehmensziele. Die Sicherung der Erzeugniszuverlässigkeit als „Teil der Qualität“ erfordert eine langfristige Planung. Schon bei Beginn der Konstruktion neuer Erzeugnisse werden Qualitätsziele und somit auch Zuverlässigkeitsziele festgeschrieben und häufig auch mit den Automobilherstellern fest vereinbart.

Die entwicklungs- und fertigungsbegleitende Dauererprobung unserer Erzeugnisse ist auf diese Ziele abgestimmt. Jedoch gibt erst die Beobachtung der Erzeugnisqualität beim Endverbraucher („im Feld“) letztendlich Aufschluss darüber, ob das Qualitätsziel erreicht worden ist. Zur Produktbeobachtung gehört die Erfassung und Auswertung von Gewährleistungsdaten (s. [1]). Daraus abgeleitete Kenngrößen dienen Automobilherstellern und Zulieferern als Regelgrößen im umfassenden Qualitätsregelkreis.

In dieser Schrift werden Verfahren dargestellt, die solche Kenngrößen zur Beurteilung der Erzeugniszuverlässigkeit beim Endverbraucher liefern und somit im Rahmen der Qualitätsregelung und des Lieferantenvergleichs eingesetzt werden können.

1.1 Zugang zu Felddaten

Die Erzeugnisse der K-Geschäftsbereiche sind bei mehr als 100 Millionen Endverbrauchern im Einsatz. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es nicht sinnvoll, alle Beanstandungen unserer Erzeugnisse zu erfassen. Es wird deshalb angestrebt, mit den Automobilherstellern für die Dauer der Gewährleistung Teilmarktvereinbarungen zu treffen: Technische und kaufmännische Aspekte aller Beanstandungen des gewählten Teilmarktes werden Bosch gemeldet und bilden die Basis für Aussagen zur Erzeugnisqualität im Gesamtmarkt. In der Regel stehen alle beanstandeten Bosch-Erzeugnisse aus diesem Teilmarkt für Fehleranalysen zur Verfügung.

Die Beanstandungs- und Analysedaten des Teilmarkts werden von Bosch in IV-Systemen — wie z.B. GATEK — erfasst (Abk. für Garantieabwicklung-Technisch-Kaufmännisch; Datenbanksystem zur Abwicklung von Gewährleistungsfällen im UBK [2]).

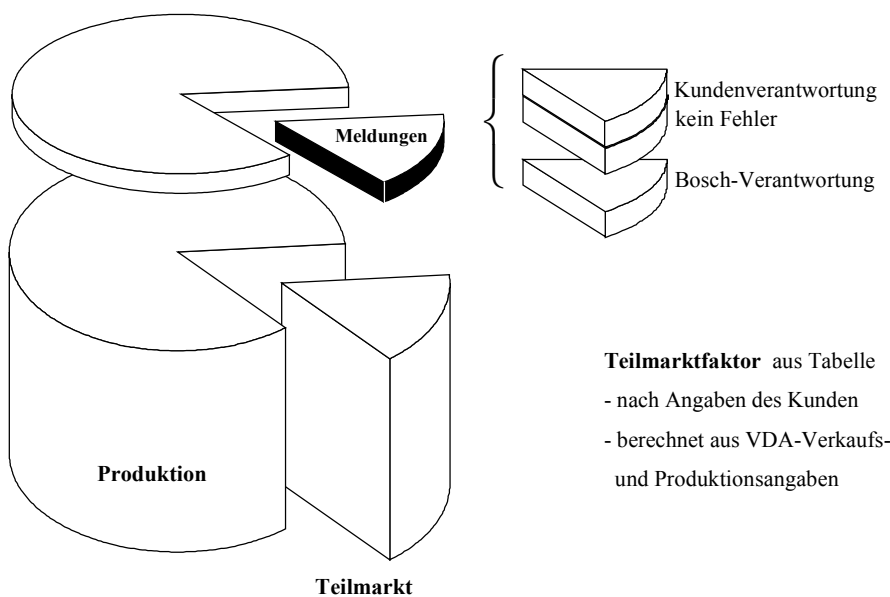


Bild 1.1: Schema zur Teilmarkt Betrachtung
Betrachtet wird immer ein bestimmter Fertigungszeitraum (Jahr oder Quartal)



1.2 Grundlagen

Eine wichtige Kenngröße für die Produktqualität ist die Beanstandungsquote im Gewährleistungszeitraum. Hierzu werden alle Beanstandungen auf die Zahl der im Teilmarkt eingesetzten Einheiten bezogen.

Die Beanstandungsquote muss den Verantwortlichen aus Entwicklung, Fertigung, SE-Teams und Vertrieb frühzeitig zur Verfügung gestellt werden, damit Ursachen für mögliche hohe Quoten ermittelt und wirksame Abhilfemaßnahmen erarbeitet und eingeführt werden können.

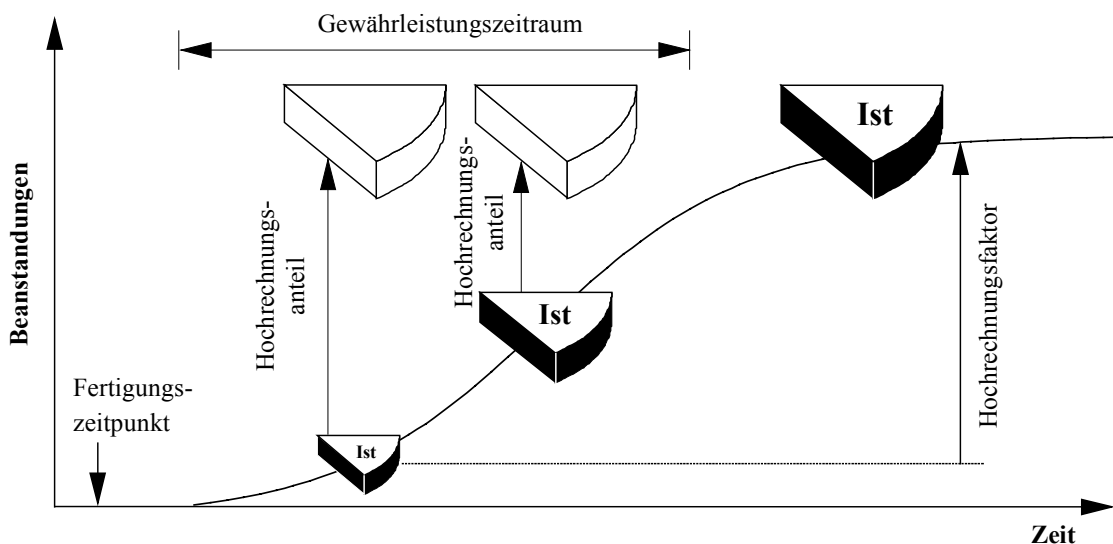
Um innerhalb der Gewährleistungszeit die am Ende dieses Zeitraumes zu erwartende Beanstandungsquote frühzeitig abschätzen zu können, wird das nachstehend beschriebene Hochrechnungsverfahren eingesetzt.

Die Beanstandungsquote des Teilmarkts errechnet sich wie folgt:

$$\text{Zu erwartende Beanstandungsquote} = \text{Istquote} + \text{Hochrechnungsanteil}$$

Die „Istquote“ bezeichnet die aktuelle Beanstandungsquote, die anhand der bis zum Auswertzeitpunkt gemeldeten (bekannten) Beanstandungen berechnet wird.

Die zu erwartende (hochgerechnete) Beanstandungsquote wird in ppm (parts per million) angegeben. Ihre Berechnung erfolgt für einen definierten Fertigungszeitraum. Auf diese Weise können Zielabweichungen visualisiert und die Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen nachgewiesen werden.



Hochrechnungsfaktoren berücksichtigen das Rückmeldeverhalten aus dem Feld.

Einflüsse

- Erzeugnisalter zum Betrachtungszeitpunkt
- Kundenspezifischer Meldeverzug
- Erzeugnispezifische Totzeiten
- Gewährleistungszeitraum

Bild 1.2: Schematische Darstellung zur Hochrechnung von Feldquoten.

Die durchgezogene Linie zeigt qualitativ den Anstieg der Zahl der Beanstandungen in Abhängigkeit von der Zeit. Diese nähert sich nach dem Ende des Gewährleistungszeitraums einem Endwert.



1.3 Beanstandungsquote - Ausfallquote

Die Beanstandungsquote zeigt den Qualitätsstand aus Sicht des Fahrzeugherstellers. Sie beinhaltet auch aufgrund unzuverlässiger Händlerbeurteilung erfolgte Beanstandungen, die sich bei Nachprüfung als unbegründet erwiesen haben, sowie alle Teile, die vom Kunden oder von Dritten beschädigt worden sind.

Zur Bosch-internen Qualitätsregelung, insbesondere zum Vergleich mit den Obergrenzen, wird der in Bosch-Verantwortung liegende Fehleranteil (künftig Ausfallquote genannt) herangezogen.

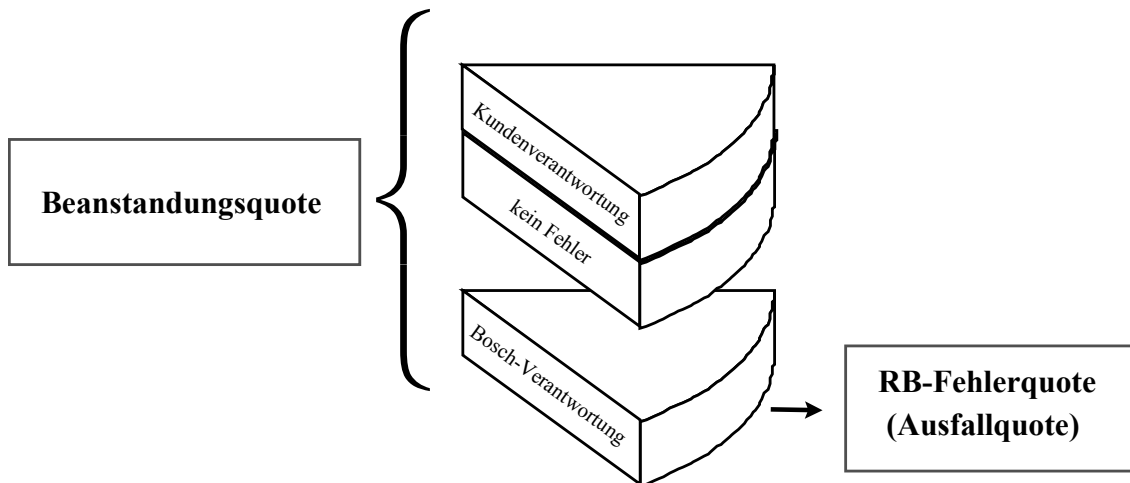


Bild 1.3: Schematische Darstellung zum Zusammenhang zwischen Beanstandungsquote und Ausfallquote

Die Ausfallquote berücksichtigt nur durch Bosch zu verantwortende Erzeugnisausfälle. Sie setzt sich analog zur Beanstandungsquote aus dem Ist-Anteil und dem Hochrechnungsanteil zusammen.

1.4 Fehlerverteilungen

Um wirkungsvolle Maßnahmen einleiten zu können, müssen die Fehlerschwerpunkte aufgezeigt werden.

Die hochgerechneten Stückzahlen/Quoten gleichartiger Fehlergruppen werden über den betrachteten Zeitraum summiert und der Größe nach geordnet dargestellt.



1.5 Grenzen der Methode

Das in Abschnitt 1.2 dargestellte Hochrechnungsverfahren basiert auf Erfahrungswerten bezüglich

- des Meldeverhaltens unserer Kunden und
- des Ausfallverhaltens unserer Erzeugnisse.

Die Berechnungsmethode setzt voraus, dass alle Beanstandungen nach den Vorgaben des Gewährleistungshandbuchs [2] erfasst werden. Insbesondere sind regelmäßige Entgegennahme der beanstandeten Erzeugnisse beim Kunden und schnelle Fehleranalysen erforderlich. Sprunghafte Veränderungen im Bearbeitungsdurchlauf von Garantiebeanstandungen (unstetiges Melde- und Bearbeitungsverhalten) führen zwangsläufig zu Fehlbewertungen.

Bei auffällig hoher Quote sollte versucht werden, das Ausfallverhalten des betrachteten Erzeugnisses im Rahmen der Weibulltheorie zu beurteilen (s. z.B. [4]) und eine Extrapolation auf das Ende der Gewährleistungszeit vorzunehmen.

Weiterhin ist zu beachten, dass ppm-Quoten nicht mit einer „feineren“ Auflösung dargestellt werden als einem ausgefallenen Erzeugnis entsprechen würde. Bei kleinen Lieferstückzahlen muss deshalb der Betrachtungszeitraum vergrößert oder die Qualitätsregelung auf Stückzahlbetrachtung statt Quotenbildung aufgebaut werden.

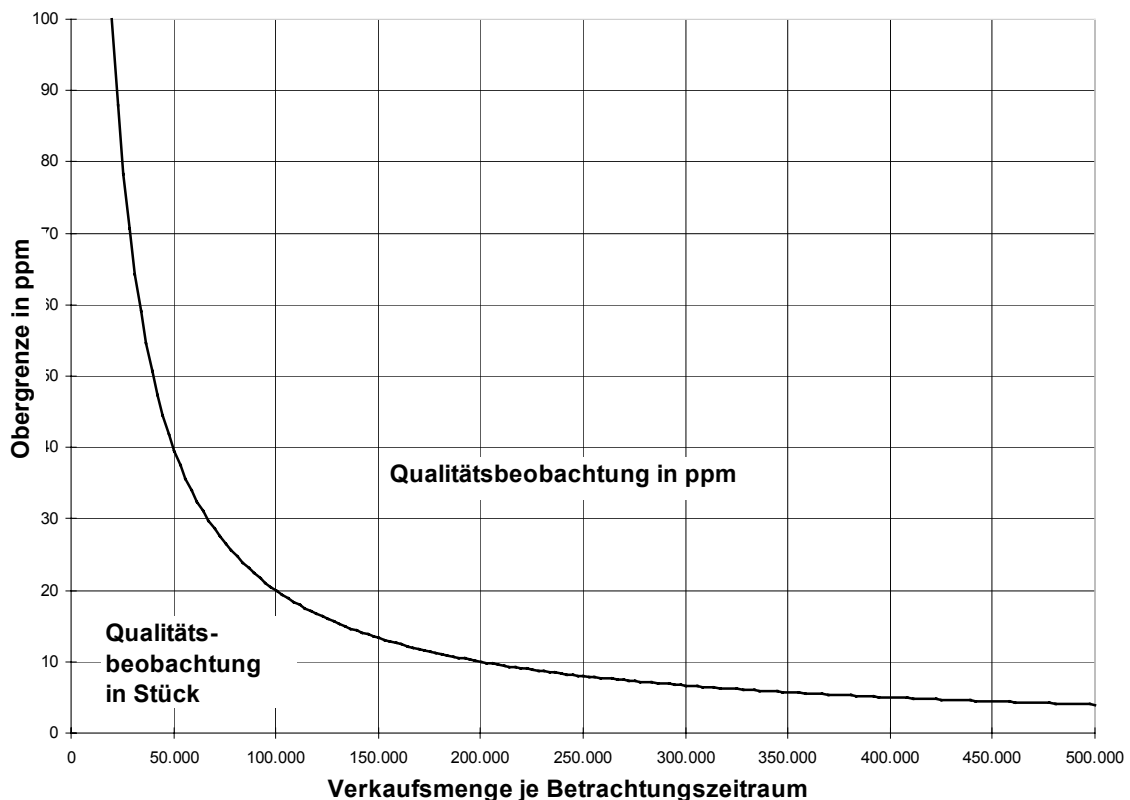


Bild 1.5.1: Auflösung in Abhängigkeit von der Verkaufsmenge (0-km)



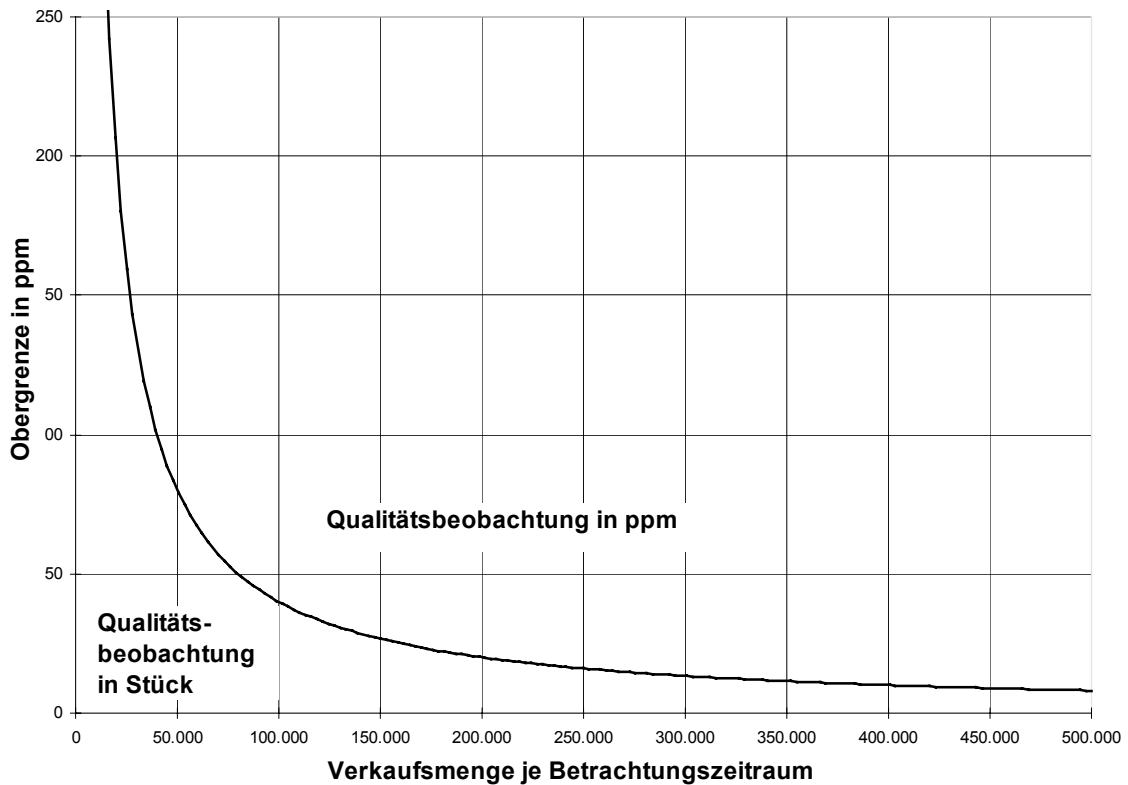


Bild 1.5.2: Auflösung in Abhängigkeit von der Verkaufsmenge (Feld)

1.6 Ausblick

Der voranstehende Text bezieht sich auf den aktuellen Stand der Produktqualität im Feld. Diese Betrachtung genügt den Anforderungen heutiger Qualitätsarbeit nicht. Systeme zur Aufbereitung der Gewährleistungsdaten sollten folgende Möglichkeiten bieten:

- Darstellung der fehlervermeidenden Maßnahmen und der entsprechenden Einführungs- termine zu allen Schwerpunktfehlern
- Hochrechnung/Prognose der Ausfallquoten künftiger Jahre, basierend auf der aktuellen Ausfallrate und unter Einbeziehung der geplanten Maßnahmen und Einführungs- termine
- Visualisierung dieser Zusammenhänge.



2. Teilmarktfaktoren

2.1 Zweck

Mit nahezu allen unseren EA-Kunden wurden zur Minimierung des Untersuchungsaufwandes für Feld-Beanstandungen und zur Vereinfachung der kaufmännischen Gewährleistungsabwicklung Vereinbarungen über sogenannte Teilmarktverfahren getroffen und vertraglich festgelegt.

Der Teilmarkt ist dasjenige Marktsegment, aus dem alle beanstandeten K-Erzeugnisse von den Endverbrauchern über das Händlernetz unserer EA-Kunden vorgelegt werden. Diese Beanstandungen werden von uns erfasst und analysiert. Es wird geprüft, ob ein Gewährleistungsanspruch besteht oder nicht. In der Regel entspricht der Teilmarkt einem oder mehreren Ländern (z.B. Deutschland, USA ...); es wird hier auch von „sendepflichtigen“ Ländern gesprochen.

Unterstellt man nun, dass sich das Ausfallverhalten unserer K-Erzeugnisse im Teilmarkt auf die anderen „nicht-sendepflichtigen“ Länder/Märkte übertragen lässt, so kann die Beanstandungs- bzw. Ausfallquote für den gesamten Weltmarkt über sogenannte Teilmarktfaktoren (TMF) ermittelt werden.

2.2 Ermittlung von Teilmarktfaktoren

In erster Näherung wird der TMF durch das Verhältnis der Produktions-/Zulassungszahlen im Teilmarkt und der Gesamtproduktionszahl des jeweiligen Fahrzeugherstellers im zu betrachtenden Gewährleistungszeitraum (in der Regel 1 Kalenderjahr) bestimmt.

$$\text{TMF} = \frac{\text{Anzahl im / für den Teilmarkt zugelassener / produzierter Fahrzeuge pro Zeitraum}}{\text{Anzahl aller zugelassenen / produzierten Fahrzeuge pro Zeitraum}}$$

Die Produktionszahlen auf Herstellerebene liegen bei K/VMF vor und stehen allen Bereichen zur Verfügung. Die Zahl der Teilmarkt-Zulassungen, sowie die Anteile in nicht-sendepflichtigen Märkten werden aus den kaufmännischen Verrechnungsfaktoren abgeleitet, die bei den zuständigen Technischen Verkaufsbereichen/Regionalgesellschaften (TV/RG) vorliegen. Für die technische Quotenberechnung werden diese Verrechnungsfaktoren um die Anteile bereinigt, die zusätzliche Nebenkosten-Vergütungen (beispielsweise für Ein-/Ausbau, Fracht, Regie) berücksichtigen.

Teilmarktfaktoren werden für die Berechnung von Feldausfallquoten üblicherweise einmal pro Kalenderjahr ermittelt und GB- und kundenspezifisch in einer nach Jahren gegliederten Referenztable abgelegt.



2.3 Grenzen der Methode

Die vergleichsweise einfache Ermittlung von TMF nach obiger Formel eignet sich jedoch nur für die Fälle, in denen RB direkt an die Fahrzeughersteller liefert und keine oder nur geringfügige Unterschiede bzgl. der markt- oder modellspezifischen Ausstattung der Fahrzeuge mit den betrachteten Erzeugnissen bestehen.

So kann es durchaus auch der Fall sein, dass beispielsweise Fahrzeuge in nicht-sendespflichtigen Ländern mit bestimmten Erzeugnissen gar nicht oder nur zum Teil ausgerüstet sind, während im Teilmarkt 100%-Ausstattung gegeben ist. In solchen Fällen muss der über reine Zulassungszahlen ermittelte TMF individuell auf die jeweilige Situation hin korrigiert/angepasst werden. Umgekehrt ist die Festlegung eines TMF nicht sinnvoll, wenn ein RB-Erzeugnis ausschließlich für den Export in nicht-sendepflichtige Länder vorgesehen ist. Da in diesem Fall aufgrund fehlender bzw. unvollständiger Erfassung und Analyse der betroffenen Erzeugnisse keine oder nur unzureichende Marktinformation vorliegt, würde eine dennoch berechnete Quote nicht das reale Feldverhalten widerspiegeln.

In jedem Fall ist die Information über Fahrzeugausstattungen und Lieferanteile in den jeweiligen Märkten bei der Festlegung von TMF von entscheidender Bedeutung. TMF sollten daher immer in Zusammenarbeit mit den jeweils zuständigen TV/RG ermittelt und ggf. geschätzt werden.

Besonders problematisch gestaltet sich die TMF-Ermittlung bei indirekten RB-Lieferungen über Dritte (z.B. Systemlieferanten), die selbst für die Erbringung der Gewährleistung gegenüber den EA-Kunden verantwortlich sind. Hierbei ist nicht immer bekannt, ob und in welchem Umfang Systemlieferanten die gleichen Teilmarktverfahren mit den EA-Kunden vereinbart haben wie RB. Dies muss individuell mit den Systemlieferanten und den hierfür zuständigen TV/RG geklärt und entsprechend berücksichtigt werden.

Die bisherigen Betrachtungen gehen ausschließlich von einer kundenorientierten Feldquotenberechnung unter Bezugnahme auf die an EA-Kunden verkaufte Menge (Verkaufsmenge) aus.

In manchen Fällen müssen jedoch für eine komplette Erzeugnisgruppe Fertigungsmengenbezogene Feldquoten bereitgestellt werden. Unter Umständen sind hierbei verschiedene Teilmärkte und/oder auch verschiedene Gewährleistungsfristen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund lassen sich nicht alle TMF ohne weiteres nach obiger Methode ermitteln. Ein für die Erzeugnisgruppe allgemeingültiger Faktor kann in solchen Fällen nur durch eine stückzahlgewichtete Mittelung geschätzt und festgelegt werden.



3. Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren

3.1 Einführung in die Erfassung und Auswertung von Felddaten

Die Untersuchung des Ausfallverhaltens von Erzeugnissen geschieht im Rahmen entwicklungsbegleitender und fertigungsbegleitender Lebensdaueruntersuchungen, die im Rahmen der Weibulltheorie ausgewertet werden (s. z.B. [4], [7]).

Bei Lebensdaueruntersuchungen an einer repräsentativen Stichprobe von (gleichartigen) Erzeugnissen auf Prüfständen liegen definierte Randbedingungen vor, wie z.B.:

- Erzeugnisparameter
- Beginn der Beanspruchung
- Grad der Beanspruchung
- Umgebungsbedingungen

Insbesondere ist die Bestimmung von Zeiten oder anderer erzeugnispezifisch festgelegter Lebensdauermerkmale (z.B. Anzahl von Lastwechseln, Betätigungen, Schaltvorgängen, Arbeitszyklen, Umdrehungen) zwischen Inbetriebnahme und (definiertem) Ausfall in der Regel einfach.

Da außerdem die Mechanismen, die zum Ausfall geführt haben, meist sehr genau analysiert werden können, ist die Anwendung der Methoden der Weibulltheorie in dieser Situation (abgesehen von möglichen Schwierigkeiten durch kleine Stichprobenumfänge) i.a. unproblematisch.

Sehr viel schwieriger stellt sich dagegen (zumindest aus statistischer Sicht) die Situation dar, wenn aus Analysen von Felddaten Aussagen über das Ausfallverhalten der betrachteten Erzeugnisse abgeleitet werden sollen.

Ein Erzeugnis wird nicht unmittelbar nach seiner Herstellung in Betrieb genommen. Nach dem Einbau in ein Fahrzeug beim Erstausrüster kann eine gewisse Zeit vergehen, bis das Fahrzeug verkauft, zugelassen und vom Endkunden regelmäßig benutzt wird. Dieser Zeitraum, der hier als Lagerzeit oder Lagerversatz bezeichnet werden soll, kann als ausfallfreie Zeit angesehen werden, d.h., das Erzeugnis unterliegt während dieser Zeit keiner Abnutzung oder Alterung durch Betriebsbeanspruchung.

Die Lagerzeit ist allerdings nicht für alle individuellen Erzeugnisse gleich. Entsprechende Untersuchungen haben gezeigt, dass die Lagerzeiten in guter Näherung logarithmisch normalverteilt sind.

An die Lagerzeit schließt sich die eigentliche Betriebszeit an. Die Betriebszeit ist nicht mit der Kalenderzeit identisch. Sie hängt sowohl von der Kalenderzeit als auch von der Benutzungshäufigkeit ab. Über die Benutzungshäufigkeiten von Fahrzeugteilen sind umfangreiche Untersuchungen angestellt worden. Zu diesem Zweck hat man z.B. in den Fahrzeugen eines repräsentativen Querschnitts von Fahrzeughaltern Gebrauchshäufigkeitszähler installiert und die Nutzungshäufigkeiten registriert. Dabei hat sich u.a. herausgestellt, dass man eine Anzahl von verschiedenen Benutzergruppen unterscheiden muss, z.B. Berufskraftfahrer, Langstreckenfahrer, Zweitwagenbenutzer und Benutzer, die ihr Fahrzeug überwiegend für Kurzstreckenfahrten einsetzen (Taxen, Streifenwagen). Innerhalb der Gruppen können die Nutzungshäufigkeiten ungefähr durch Lognormalverteilungen (s. z.B. [4]) dargestellt werden.



Im Rahmen der Auswertung von Gewährleistungsdaten besteht ein großes Interesse daran, möglichst frühzeitig, d.h. vor Ablauf der Gewährleistungsfrist, eine Hochrechnung bzgl. der zu erwartenden Gewährleistungsfälle erstellen zu können. Da sich die Verteilung der gemeldeten km-Leistungen bis zum Ausfall aber theoretisch u.a. durch Faltung einer Weibullverteilung mit der Verteilung der jährlichen Fahrleistung ergibt, ist eine solche Hochrechnung problematisch.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Erzeugnissen (z.B. Kraftstoffpumpe, Generator, Starter), bei denen die Lebensdauervariable (z.B. Anzahl von Umdrehungen) keine unmittelbare Korrelation mit der Fahrleistung aufweist, sondern abhängig ist von der Betriebszeit und dem Betriebszustand (z.B. Motordrehzahl, Last, Fahrgeschwindigkeit) oder der Betriebsart (z.B. Kaltstart, Kurzstrecke).

Die folgenden Bilder zeigen Histogramme der jährlichen Fahrleistung und der Lagerzeit, die aus Gewährleistungsfällen berechnet wurden.

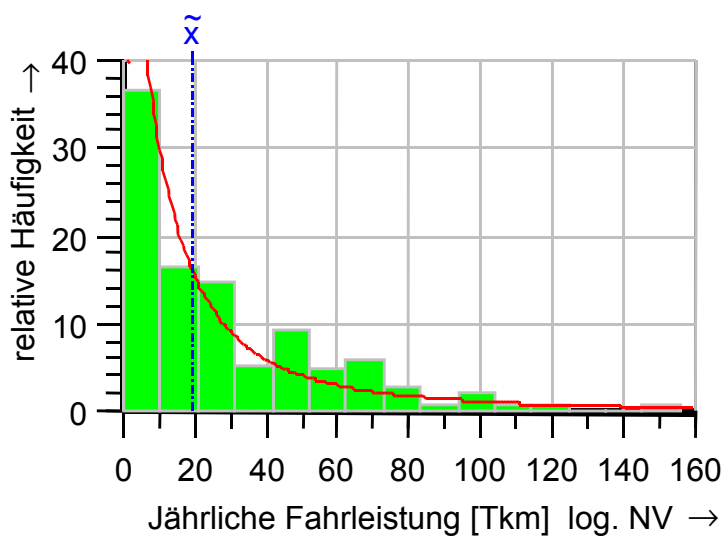


Bild 3.1.1: Jährliche Fahrleistung (km/Jahr). Annäherung durch eine Lognormalverteilung. $\tilde{x} = 19300 \text{ km}$, $\bar{x} = 27600 \text{ km}$

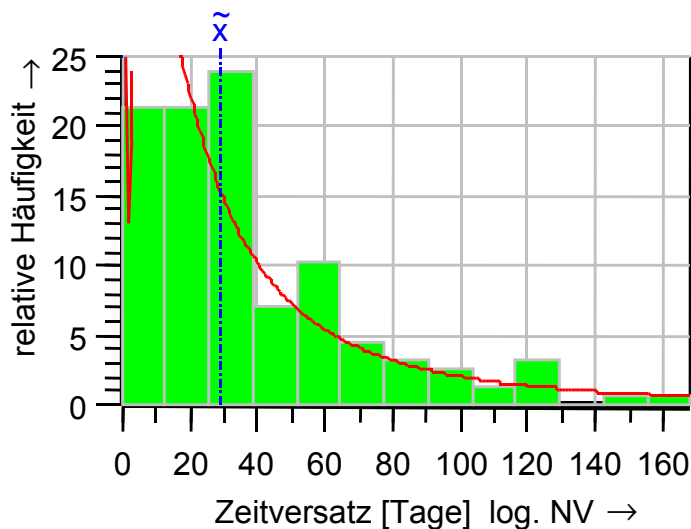


Bild 3.1.2: Zeit zwischen Fertigungsdatum und Zulassungsdatum. Annäherung durch eine Lognormalverteilung. $\tilde{x} = 29 \text{ Tage}$



Insbesondere erschwert nicht auszuschließendes Vorliegen von Mischverteilungen und/oder konkurrierenden Ausfallmechanismen (s. [4], [7]) eine mathematische Modellierung. Gewährleistungsdaten stellen eine „Negativauswahl“ dar, d.h., sie bestehen ausschließlich aus Daten von ausgefallenen Teilen. Aus diesem Grund ist z.B. das Histogramm nach Bild 3.1.1 nicht charakteristisch für die Grundgesamtheit. Eine für die Grundgesamtheit repräsentative Stichprobe müsste vor Auslieferung (Inbetriebnahme) der Erzeugnisse festgelegt werden. Erst im nachhinein würde sich dann zeigen, welche dieser Erzeugnisse ausgefallen bzw. nicht ausgefallen sind.

In [4] ist ein Verfahren zur Auswertung von Feldausfällen nach dem „sudden death“-Verfahren angegeben, auf das in Kapitel 6.3 näher eingegangen wird.

Bei einem anderen in [4] angegebenen Verfahren wird eine Weibullauswertung unter Berücksichtigung der als bekannt vorausgesetzten Fahrstreckenverteilung gleichaltriger Fahrzeuge durchgeführt. Es sei darauf hingewiesen, dass eine solche Fahrstreckenverteilung aufgrund oben angesprochener Problematik der „Negativauswahl“ nicht aus den Garantiedaten selbst gewonnen werden kann.

Bei beiden Verfahren bleiben etwaige Probleme durch die oben angesprochenen Aspekte wie z.B. mangelhafte Korrelation zwischen Verschleiß und Fahrleistung, Unvollständigkeit der Datenerfassung, Nutzungsverhalten der Fahrzeugbesitzer, Meldeverzug oder konkurrierende Ausfallmechanismen unberücksichtigt.

Im Rahmen eines Anfang der 80er Jahre Bosch-intern entwickelten Hochrechnungsprogramms wurden anhand der „Lagerverteilung“ (Zeit zwischen Zulassungs- und Ausfalldatum) und der „Nutzungsverteilung“ (Jahres-Fahrleistung) Hochrechnungsfaktoren bestimmt, mit denen die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer km-Klasse registrierten Ausfälle multipliziert wurden. Auf diese Weise versuchte man dem Umstand Rechnung zu tragen, dass ein Teil der Erzeugnisse eines Fertigungsdatums aufgrund seiner Lagerzeit die Laufleistung, bei der sich ein Ausfall ereignen kann, noch gar nicht erreicht hat.

Diese Idee wird in den Arbeiten [10] und [11] neu aufgegriffen und praxisgerecht aufbereitet (s. Kap. 6.6).



3.2 Darstellung von Felddaten

3.2.1 Treppentabelle

Erfahrungsgemäß können 0-km- und Feldbeanstandungen an Erzeugnissen häufig auf konkrete Fehlerursachen innerhalb eines bestimmten Fertigungszeitraums zurückgeführt werden. Man kann daher erwarten, dass zwischen der 0-km-/Feldqualität und dem Fertigungsdatum ein systematischer Zusammenhang besteht. Zwischen 0-km-/Feldqualität und Verkaufsdatum besteht i.d.R. kein systematischer Zusammenhang. Das Verkaufsdatum ist daher i.d.R. keine zweckmäßige Bezugsbasis.

Die Treppentabelle ist eine Darstellung der nach Meldezeitraum (Monat, Quartal) und Fertigungszeitraum (FD, Monat, Quartal) geordneten Ausfälle eines Erzeugnisses. Dazu werden alle seit Beginn des Fertigungsmonats bis zum Ende des Erfassungsmonats gemeldeten Ausfälle (beim Endkunden aufgetretenen und von RB akzeptierten Beanstandungen) aufsummiert und sowohl absolut als auch anteilig (in ppm), d.h. bezogen auf die gesamte bis zum Ende des Erfassungsquartals gefertigte Menge, angegeben.

		← Erfassungsmonat											
Fert.-	8.99	7.99	6.99	5.99	4.99	3.99	2.99	1.99	12.98	11.98	10.98	9.98	8.98
Monat	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
8.98	2525	2310	2095	2041	1988	1934	1397	1289	1021	591	376	107	54
9.98	5091	4859	4744	4551	4281	3510	2584	1581	964	309	77	0	
10.98	2971	2710	2514	2449	2220	1894	1045	686	359	65	0		
11.98	6735	6591	6303	5799	4538	2989	2521	1513	396	216			
12.98	4600	4303	3895	3079	1818	927	445	74	37				
1.99	3539	3146	2500	1461	758	309	84	28					
2.99	2629	1920	1152	561	207	30	0						
3.99	2351	1312	629	219	55	27							
4.99	1639	862	402	115	0								
5.99	881	320	120	40									
6.99	320	58	29										
7.99	63	32											
8.99	0												

Treppentabelle, Stand: Ende 8.99



3.2.2 Isochronendarstellung

Entnimmt man dieser Tabelle die Ausfallanteile gleichaltriger Erzeugnisse (Zeitraum zwischen Fertigung und Erfassung ist konstant), so lässt sich daraus die sogenannte Isochronendarstellung (das Isochronen- oder Schichtliniendiagramm) ableiten. Isochronen sind Kurven gleichen Erzeugnisalters. Ausfälle werden in diesem Fall also nicht über dem Erfassungsmonat aufgetragen, sondern dem Fertigungsmonat zugeordnet.

In Bild 3.2.2 sind die Isochronen für das Erzeugnisalter 0, 1, 2, 3, ..., 12 Monate eingezeichnet. Die 0-Monats-Isochrone fasst Ausfälle von Erzeugnissen zusammen, deren Alter weniger als einen Monat beträgt. In diesem Fall sind also Fertigungsmonat und Meldemonat identisch, entsprechend den Eintragungen am gestuften unteren Rand der Treppentabelle.

Verfolgt man eine Isochrone nach rechts, so sind zeitliche Änderungen der Produktqualität unmittelbar erkennbar. Insbesondere bietet es sich an, Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung beispielsweise in Form von konstruktiven Modifikationen oder Änderungen der Produktions- und Montageprozesse an der Zeitachse zu vermerken.

Deren Wirksamkeit ist dann am weiteren Verlauf der Isochronen mit entsprechender zeitlicher Verzögerung erkennbar. Ebenso kann aus dem Verhalten der untersten Isochronen schon frühzeitig auf eine kritische Tendenz bzgl. der Erzeugnisqualität eines Fertigungsquartals geschlossen werden.

Da die bis zum Ende des Erfassungsmonats ausgefallenen Erzeugnisse eines Fertigungsmonats aufsummiert werden, können sich die Isochronen nicht überschneiden. Es ist allenfalls möglich, dass keine nennenswerten Ausfälle von Erzeugnissen aus dem betrachteten Fertigungsmonat mehr auftreten. In diesem Fall nimmt der Ausfallanteil dieses Fertigungsmonats nicht weiter zu, und die folgenden Isochronen berühren sich in dem entsprechenden Punkt.

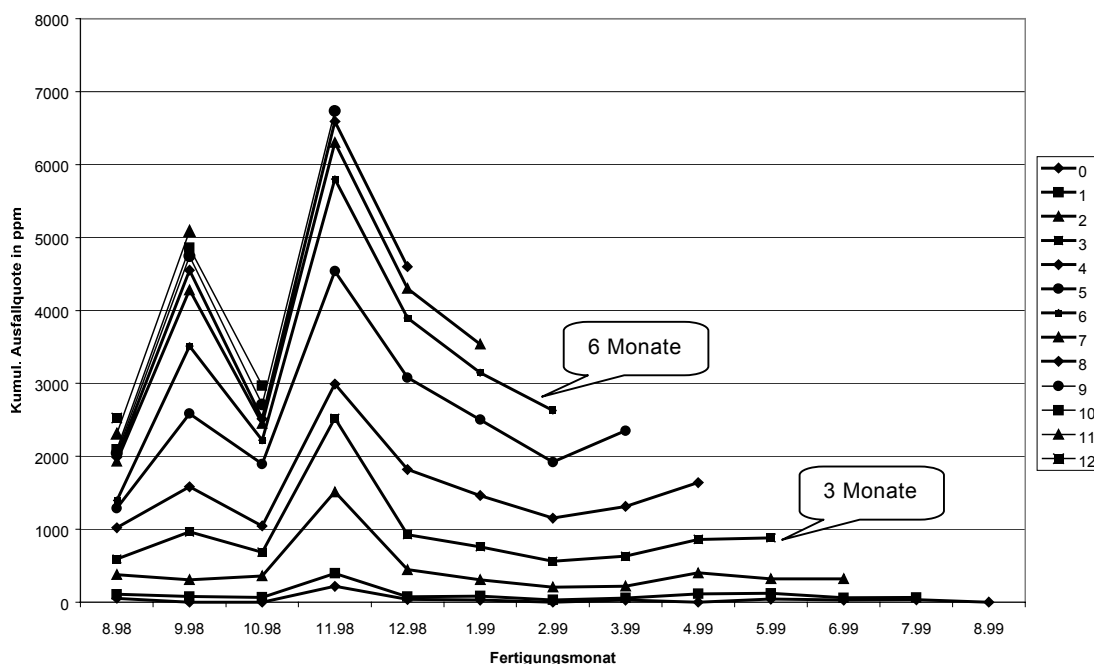


Bild 3.2.2: Isochronendiagramm, Stand Ende 8.99



Die Werte der Isochronen bei einem bestimmten Fertigungsmonat (von unten nach oben) entsprechen den in der Treppentabelle von rechts nach links abzulesenden Werten in der dem betrachteten Fertigungsmonat entsprechenden Zeile. Eine bestimmte Isochrone entspricht einer "Diagonalen" in der Treppentabelle.

Die Treppentabelle und die Isochronendarstellung basieren auf den tatsächlich gemeldeten und anerkannten Ausfällen. Deren Zahl entspricht nicht notwendigerweise der Zahl der tatsächlich aufgetretenen Ausfälle. Ursachen dafür können z.B. sein:

- der Fehler tritt nur unter bestimmten Betriebsbedingungen auf,
- der Fahrzeugfahrer wird nicht auf den Fehler aufmerksam,
- der Fahrer sieht sich wegen des subjektiv unbedeutenden Fehlers zu keiner Reklamation veranlasst,
- die Kfz-Händler-Werkstatt findet nicht die wahre Fehlerursache oder „vertröstet“ den Fahrzeugbesitzer.

Selbstverständlich spielt auch das Serviceverhalten des Fahrzeugherstellers eine Rolle. Er kann beispielsweise

- einen Rückruf aller betroffenen Fahrzeuge veranlassen,
- die Werkstätten auffordern, im Rahmen von Wartungsdiensten auf das Fehlerbild zu achten,
- die Werkstätten auffordern, die Fahrzeugbesitzer gezielt nach dem Auftreten des Fehlers zu befragen.

Sofern ein Teil der in einem bestimmten Zeitraum gefertigten Erzeugnisse ins Ausland, oder in Gebiete mit unvollständiger Erfassung geliefert werden, ist der gemeldete Ausfallanteil um einen bestimmten Faktor kleiner, als der tatsächliche Ausfallanteil. Dieser sogenannte Teilmarktfaktor muss bei den dem Erstausrüsterkunden zu erstattenden Gewährleistungskosten berücksichtigt werden.

Zum Zweck der Ermittlung von notwendigen Gewährleistungsrückstellungen ist eine Hochrechnung der gemeldeten Ausfälle auf das Ende der Garantiezeit (bei Kulanzgewährung auch darüber hinaus) erforderlich. Wegen der vorstehend beschriebenen Problematik ist dies jedoch nur mit relativ großer Unsicherheit möglich.

Hinweis zur Literatur:

In [9] ist ein Isochronendiagramm wiedergegeben, bei dem die einzelnen Isochronen trotz gleicher Bedeutung etwas abweichend von obigem Beispiel mit <1 , <2 , ..., $<n$ gekennzeichnet sind. Zusätzlich ist am oberen Rand zu jedem Fertigungsquartal die zugehörige Fertigungsmenge angegeben.

Es ist offensichtlich, dass das Isochronendiagramm den praktischen Anforderungen entsprechend modifiziert werden kann.



3.3 Zweck von Hochrechnungsfaktoren

Im Rahmen der Produktbeobachtung in der Nutzungsphase besteht der Wunsch, so früh wie möglich auf Basis des aktuellen Ausfallverhaltens eines Erzeugnisses im Feld einen Schluss auf die zu erwartende Endbeanstandungsquote zu ziehen.

Die Notwendigkeit einer solchen Hochrechnung ergibt sich z.B. zum Zwecke der kaufmännischen Abwicklung (auch zur Fertigungsplanung und ggf. zur Planung der Endbevorratung nach Fertigungsauslauf) von Gewährleistungsfällen und im Rahmen der Berichterstattung.

Betrachtet man zu einem festen Zeitpunkt eine Darstellung der auf das jeweilige Fertigungsdatum (FD) bezogenen aktuellen Beanstandungsquoten (Ist-Beanstandungsquoten), so ist — zumindest bei jüngeren FDs — immer ein positiver Trend erkennbar (s. Bild 3.3), d.h. die Beanstandungsquote ist um so kleiner, „je jünger das Fertigungsdatum ist“.

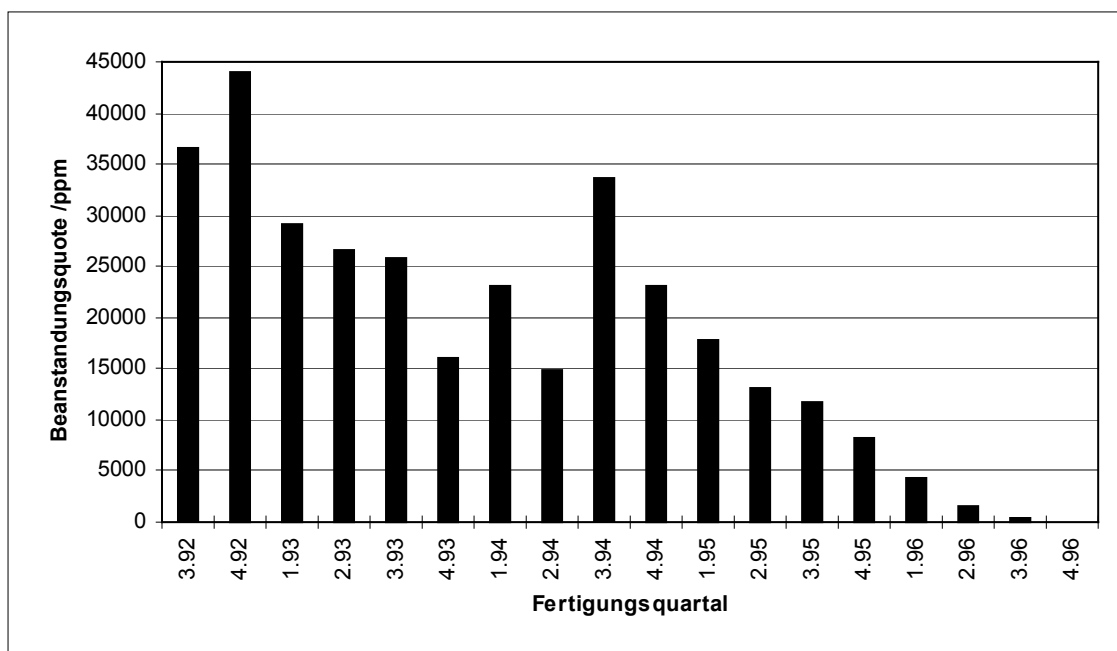


Bild 3.3: Darstellung der Beanstandungsquote zum aktuellen Zeitpunkt in Abhängigkeit vom Fertigungszeitraum.

Wie in Abschnitt 3.1 dargestellt, ist die Ursache für diesen Effekt die statistische Verteilung der Zeitintervalle zwischen der Fertigung der Erzeugnisse und der Meldung ihrer Ausfälle. Die zugehörigen Einflussgrößen sind in Abschnitt 3.4.4 übersichtlich zusammengestellt.

Erst nach Ablauf einer gewissen Zeit, die deutlich über die Gewährleistungsfrist (ggf. zuzüglich einer begrenzten Kulanzzeit) hinausgeht, hat sich die Summe der Beanstandungen asymptotisch einem Endwert angenähert. Im Falle einer einjährigen Gewährleistungsfrist stellt sich der Endwert typischerweise erst nach drei bis vier Jahren (nach FD) ein.

Zweck der Hochrechnung ist es, auf Basis einer aktuell gegebenen Beanstandungsquote den voraussichtlichen Endwert der Beanstandungsquote zu bestimmen. Dieser Endwert ergibt sich durch Multiplikation der aktuellen Beanstandungsquote mit dem Hochrechnungsfaktor.



3.4 Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren

Hochrechnungsfaktoren können auf Grundlage der bis zum aktuellen Zeitpunkt bekannten Beanstandungsquoten eines Erzeugnisses (ggf. eines vergleichbaren Erzeugnisses) ermittelt werden. Verfolgt man die Entwicklung der Beanstandungsquoten in Abhängigkeit von der Zeit nach FD (dem Alter der Erzeugnisse), so beobachtet man für die verschiedenen Fertigungszeiträume unterschiedliche Endwerte (Bild 3.4.1).

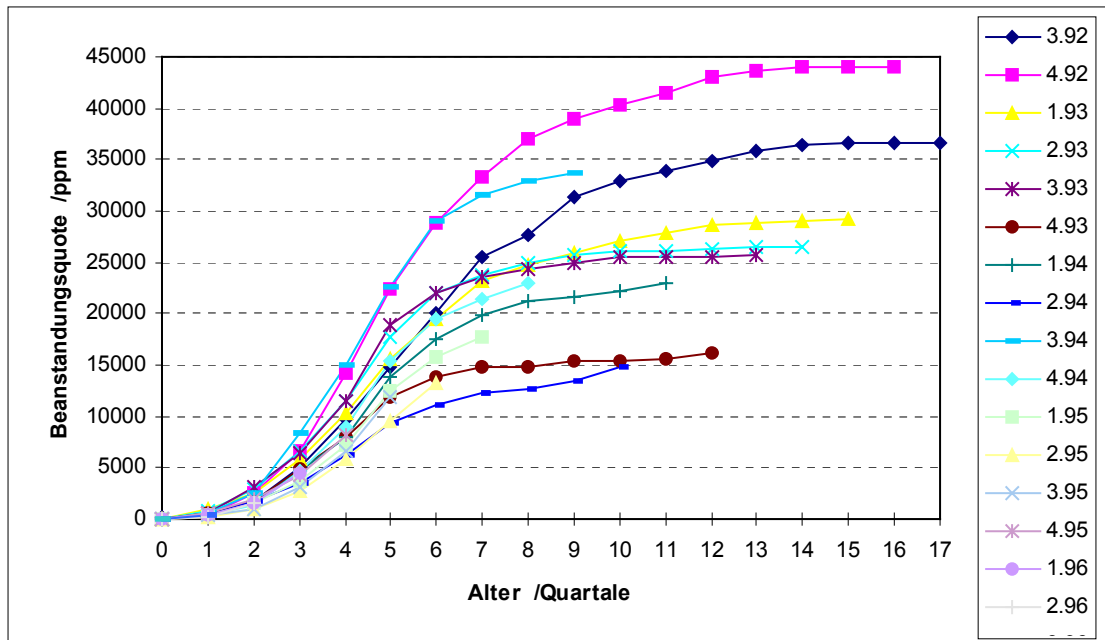


Bild 3.4.1: Zeitliche Entwicklung der Beanstandungsquoten
(in ppm, bezogen auf die Fertigungsmenge)

Dividiert man die zu den Punkten einer Kurve (in Bild 3.4.1) gehörenden ppm-Zahlen durch den von der Kurve erreichten Endwert und trägt die so ermittelten Prozentwerte über der Zeit auf, so ergibt sich eine normierte Darstellung nach Bild 3.4.2.

Sind die Verläufe der normierten Kurven ähnlich, d.h., das normierte zeitliche Verhalten der Beanstandungsquote ist unabhängig vom Fertigungsdatum, so kann durch Mittelwertbildung eine mittlere Kurve bestimmt werden, die als repräsentativ für dieses Erzeugnis betrachtet wird. Die gesuchten Hochrechnungsfaktoren entsprechen dann den Kehrwerten der Normierungsfaktoren.

Die Kurve zum Fertigungsquartal (FQ) 1.95 erreicht nach 7 Quartalen 17724 ppm (Bild 3.4.1). Die Beanstandungsquoten der Vergleichs quartale haben nach 7 Quartalen im Mittel etwa 79% des jeweiligen Endwerts erreicht (Bild 3.4.2).

Ist der zeitliche Verlauf der ppm-Zahlen bei dem betrachteten Fertigungsquartal dem der Vergleichs quartale ähnlich, so wird die Beanstandungsquote einen Endwert von etwa $\frac{17724 \text{ ppm}}{0,79} \approx 22435 \text{ ppm}$ erreichen.

Der Hochrechnungsfaktor hat also hier den Wert $\frac{1}{0,79} \approx 1,27$.



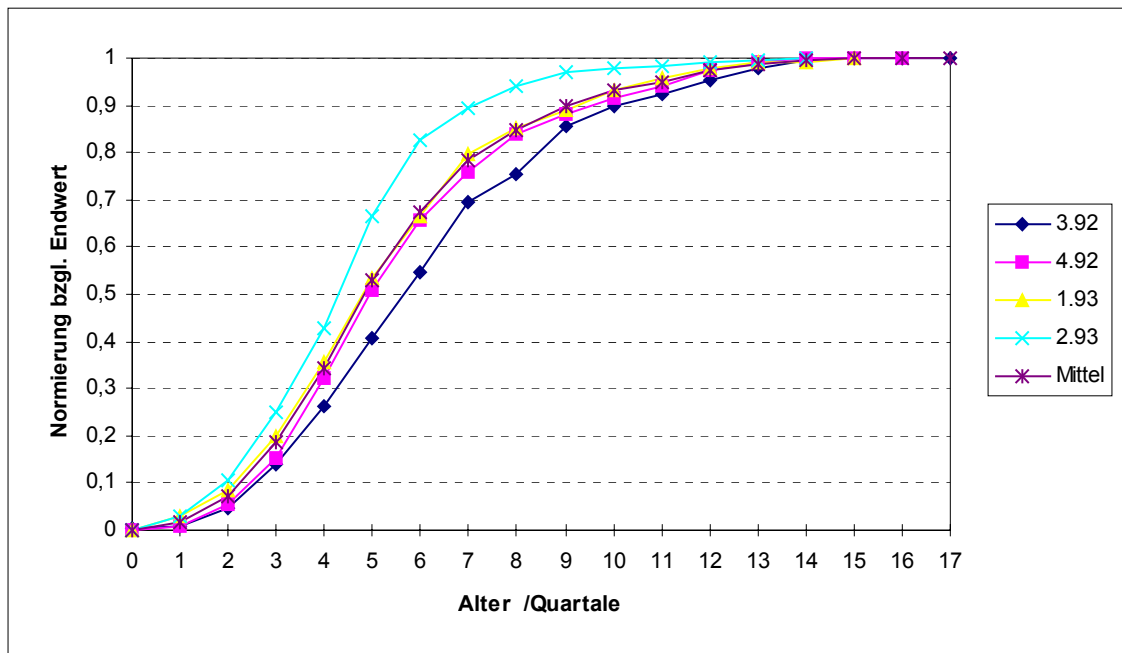


Bild 3.4.2: Zeitliche Entwicklung der normierten (auf den Endwert bezogenen) Beanstandungsquote (für 4 Fertigungsquartale)

3.4.1 Einfache Ermittlung mit Hilfe der Treppentabelle

Im folgenden wird ein einfaches Verfahren zur Ermittlung von Hochrechnungsfaktoren aus den in einer Treppentabelle (vgl. Abschnitt 3.2.1) enthaltenen Daten beschrieben.

Gesucht wird der zu erwartende Endwert der Beanstandungsquote für ein bestimmtes FQ. Der zum Auswertzeitpunkt bekannte Wert der Ausfallquote für dieses FQ findet sich in der Spalte des jüngsten Erfassungsquartals (EQ, 3.Spalte). Er repräsentiert ein bestimmtes Alter. Nun wird nach einem Vergleichswert gleichen Alters in einem möglichst weit zurückliegenden („alten“) Quartal gesucht, für das der Endwert stabil ist. Für „Alter“ > 14 Quartale kann von einem stabilen Endwert ausgegangen werden.

Daten (FQ) gleichen Alters sind in Tabellenfeldern zu finden, die jeweils auf einer von links unten nach rechts oben verlaufenden Diagonalen in der Treppentabelle liegen.

Der Endwert für dieses FQ findet sich wieder in der Spalte des jüngsten EQ. Die Division dieses Endwertes durch den Vergleichswert ergibt für dieses FQ einen Hochrechnungsfaktor für das bestimmte Alter. Damit kann nun der Momentanwert des gesuchten FQ multipliziert werden, und es ergibt sich der ungefähr zu erwartende Endwert für das gesuchte FQ (vgl. Beispiel auf der folgenden Seite):

Bei dieser Methode wird vorausgesetzt, dass sich die Beanstandungsquote für das betrachtete Quartal genauso entwickelt wie die des zum Vergleich herangezogenen, einige Jahre zurückliegenden Quartals. Man nimmt also an, dass sich die Randbedingungen bzgl. der in 3.4.4 genannten Einflussgrößen (z.B. Fertigungs- und Entwicklungsqualität, Meldeverhalten) seither nicht oder nur wenig verändert haben.



Tabelle 3.4.1

FQ	Basis	Erfassungsquartal (EQ)																	
		9604	9603	9602	9601	9504	9503	9502	9501	9404	9403	9402	9401	9304	9303	9302	9301	9204	9203
3.92	16299	36628	36628	36566	36505	35891	34910	33805	32885	31351	27670	25523	20001	14847	9693	5092	1779	245	122
4.92	13081	44109	44033	44033	43727	43039	41510	40287	38911	37076	33407	28896	22475	14295	6650	2446	305	76	
1.93	19494	29137	28931	28829	28572	27854	27136	25956	24776	23237	19441	15594	10362	5796	2462	923	51		
2.93	21993	26553	26417	26326	26144	26008	25780	25007	23689	21916	17641	11412	6638	2864	818	0			
3.93	13403	25740	25591	25516	25442	24845	24397	23502	22084	18876	11564	6491	3208	596	0				
4.93	18614	16116	15579	15472	15418	14827	14720	13860	11926	8058	4888	1826	537	53					
1.94	25929	23024	22214	21713	21288	19939	17625	13884	7944	4743	1465	385	0						
2.94	30625	14791	13518	12604	12212	11069	9404	6236	3559	1763	326	0							
3.94	27765	33675	32919	31514	29029	22618	14982	8355	2521	540	36								
4.94	26959	23072	21477	19511	15430	9050	4599	1446	408	74									
1.95	35600	17724	15730	12443	7247	3735	1488	449	28										
2.95	33857	13173	9540	5759	2746	1063	206	59											
3.95	36581	11809	6560	3143	1038	328	27												
4.95	34784	8222	4254	2041	546	28													
1.96	24983	4402	1561	480	40														
2.96	34330	1602	233	29															
3.96	31634	347	31																
4.96	24151	0																	

Beispiel:

Gesucht: Endwert für FQ 1.95

Momentaner Istwert: 17 724 ppm

Alter: 7 Quartale (4.96 - 1.95)

Vergleichswert: 23237 ppm (Schnittpunkt FQ 1.93/EQ 4.94)
(Alter ebenfalls 7 Quartale)

Endwert (FQ 1.93): 29137 ppm

Hochrechnungsfaktor:

$$\frac{29137 \text{ ppm}}{23237 \text{ ppm}} = 1,25$$

Voraussichtlicher

Endwert für FQ 1.95 : 17724 ppm · 1,25 = 22155 ppm

3.4.2 Grafische Ermittlung

Analog zur Vorgehensweise nach Abschn. 3.4.1 können Endbeanstandungsquoten auch mit Hilfe von Schichtlinien (Bild 3.4.2) ermittelt werden. Dazu wird auf einer Linie gleichen Alters (Isochrone) in der Vergangenheit (zurückliegendes FD) ein Vergleichswert gesucht. Dieser Wert hat nach heutigen Erkenntnissen zu einem bestimmten Endwert geführt (oberste Isochrone des zum Vergleichswert gehörenden FD). Daraus ergibt sich der auf das aktuelle Quartal anzuwendende Hochrechnungsfaktor. Schwäche der Methode wie oben (Abschnitt 3.4.1).

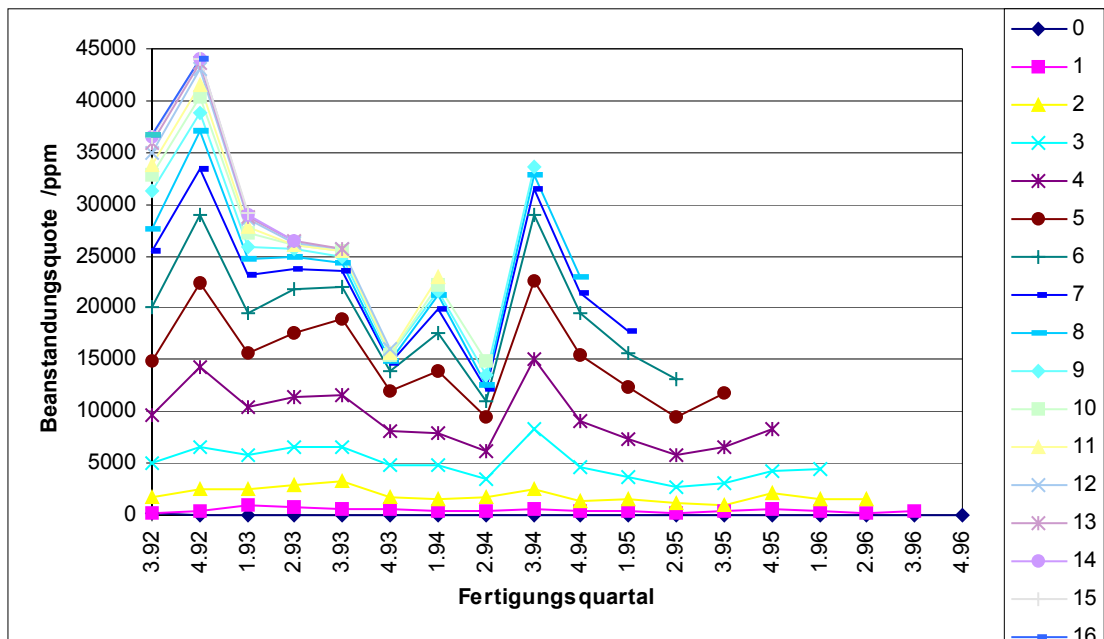


Bild 3.4.2: Isochronendiagramm zu den Daten der Tabelle 3.4.1

3.4.3 Rechnerische Ermittlung

Um auch die „jüngeren Daten“ in die Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren einzubeziehen und die Berechnung damit auf eine breitere Basis zu stellen, wird nachstehend beschriebene Vorgehensweise empfohlen.

Mit Hilfe eines geeigneten Rechnerprogramms (z.B. Excel) wird die Treppentabelle (Tabelle 3.4.1) in die Form der Tabelle 3.4.3.1 transformiert. Hierin sind die kumulativen Beanstandungsquoten für jedes Fertigungsquartal in Abhängigkeit vom Alter nach FD in Quartalen dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die in einer Zeile (festes FD) der Treppentabelle (Tab. 3.4.1) von rechts nach links angegebenen Werte sich in der entsprechenden Spalte (gleiches FD) der Tabelle 3.4.3.1 wiederfinden.

Die dort zeilenweise von oben nach unten abzulesenden Werte entsprechen den Schnittpunkten der (0., 1., 2., ...) Isochronen mit der senkrechten Linie beim zugehörigen FD im Isochronendiagramm (vgl. Bild 3.4.2).

In jeder Spalte (festes FQ) der Tabelle 3.4.3.1 wird dann das Verhältnis zweier übereinander liegender Werte berechnet und in der dem Zähler entsprechenden Zelle der Tabelle 3.4.3.2 eingetragen. Jede so ermittelte Zahl entspricht dem Faktor, um den sich die Beanstandungsquote gegenüber dem Wert des vorangegangenen Quartals erhöht hat. Selbstverständlich ist dies nur sinnvoll, wenn der Nenner > 0 ist.



Zum besseren Verständnis dazu folgendes Beispiel:

Von den Erzeugnissen des Fertigungsquartals 3.92 wurden zwei Quartale später (Alter = 2 Quartale) 1779 ppm beanstandet. Die kumulative Beanstandungsquote lag im darauf folgenden Quartal (Alter = 3 Quartale) bei 5092 ppm. Sie hat sich also um den Faktor $\frac{5092 \text{ ppm}}{1779 \text{ ppm}} = 2,86$ erhöht. Diese Zahl entspricht sozusagen einem „momentanen Hochrechnungsfaktor“ und ist in der Tabelle 2.3.3.2 in der zugehörigen Zelle (Spalte: 3.92, Zeile: Alter = 3) eingetragen.

Die „momentanen Hochrechnungsfaktoren“ werden dann pro Altersstufe über alle FQ (waagrecht) gemittelt (siehe Spalte Mittelwert). Dabei bleiben Zellen, in denen das Symbol ∞ auftritt, unberücksichtigt.

Die gesuchten Hochrechnungsfaktoren (Spalte HRF) ergeben sich schließlich als Produkt aller Mittelwerte ab der betrachteten Zeile.

Die Zahl 5,24 (in Spalte HRF) beispielsweise ergibt sich durch Multiplikation aller Mittelwerte: $1,87 \cdot 1,61 \cdot 1,26 \cdot 1,13 \cdot \dots \cdot 1,00 = 5,24$. Dies ist der Hochrechnungsfaktor für das 4te Quartal nach FD. Entsprechend findet man den Hochrechnungsfaktor für das 5te Quartal nach FD durch Multiplikation aller Mittelwerte ab dieser Zeile (Alter = 5 Quartale): $1,61 \cdot 1,26 \cdot 1,13 \cdot \dots \cdot 1,00 = 2,80$.

Mit dieser Methode werden alle nutzbaren Daten der Treppentabelle zur Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren herangezogen.

Es wäre denkbar, bei der Mittelwertberechnung eine altersabhängige Gewichtung vorzunehmen. Entsprechende Versuche haben jedoch gezeigt, dass eine breitere Basis zu bevorzugen ist.

Die Werte in den Zeilen der Altersstufen 1 Quartal und (zum Teil) 2 Quartale zeigen eine sehr große Streuung. Dies gilt für die anfängliche Quote der Beanstandungsmeldungen ebenso wie für die daraus berechneten „momentanen Hochrechnungsfaktoren“. Letztendlich ist dies auf die in Abschnitt 3.4.4 genannten Einflüsse zurückzuführen.

Insbesondere können sich für die ersten Quartale (Alter) Hochrechnungsfaktoren ergeben, welche die Zahl 10 deutlich überschreiten.

Wegen der erkennbaren großen Unsicherheit wird davon abgeraten, für die jüngsten 2-3 Quartale hochgerechnete Beanstandungsquoten zu ermitteln.



3.4.4 Grenzen der Methode

Die „Güte“ der ermittelten Hochrechnungsfaktoren und somit der Hochrechnung selbst wird durch vielfältige Einflüsse begrenzt. Hier sind zu nennen:

- das erzeugnisspezifische Meldeverhalten,
- sporadische Sammelmeldungen der EA-Kunden,
- lange Lagerzeiten bei RB oder beim Kunden,
- das Ausfallverhalten der Erzeugnisse,
- das Nutzungsverhalten der Kunden,
- die unterschiedlichen Gewährleistungs-/Kulanzzeiten.

Der Einfluss dieser Störgrößen muss im Einzelfall abgeschätzt werden.

Erfahrungsgemäß sollten für Fertigungsquartale, die (bezogen auf das Auswertedatum) weniger als 2-3 Quartale zurückliegen, keine Hochrechnungen durchgeführt werden, da hier meist die Datenbasis für eine vertrauenswürdige Aussage noch nicht ausreicht.



4. Feldquotenberechnung

4.1 Definitionen und Erläuterungen

Aktionen

Beanstandungen werden unter Garantieart GA 9 erfasst (s. [2]). Eine Aktion ist üblicherweise zeitlich begrenzt. Beanstandungen aus GA 9 werden deshalb nicht hochgerechnet.

Berechnungsbasis

ist ein Fertigungsquartal. Berechnungen werden immer nur für abgeschlossene Quartale durchgeführt. Ausfallmengen und Bezugsmengen angefangener Quartale bleiben unberücksichtigt.

Berichtsgruppe

Nach bestimmten Selektionskriterien erstellte Zusammenfassung von Beanstandungsdaten. In der Berichtsgruppe wird z.B. eine Erzeugnis/Kunde-Kombination beschrieben und die Verbindung zu den zu verwendenden Teilmarkt- und Hochrechnungsfaktoren hergestellt.

Bezugsmenge

für die Quotenberechnung ist die Gesamtstückzahl der produzierten und verkauften Erzeugnisse, unabhängig davon, ob vom GB oder von AA verkauft. Alternativ kann die Verkaufs- oder Fertigungsmenge angesetzt werden. Standardmäßig wählt ISKB die Verkaufsmenge aus, wenn in der Berichtsgruppe ein Kunde angegeben wird.

Fehlerverteilungen

können alternativ für Fehlerursachen oder für Fehlerort/Fehlerart erstellt werden.

Feldquote

ohne weitere Angaben ist immer die hochgerechnete Quote für den Gewährleistungszeitraum.

Gewährleistungszeitraum

Die Berechnungen können wahlweise für den ganzen Gewährleistungszeitraum, das erste, das zweite, das dritte, ... Gewährleistungsjahr durchgeführt werden. Es müssen die entsprechenden Hochrechnungsfaktoren verwendet werden.

Hochrechnungsfaktor HRF

Durch Multiplikation der Istquote mit dem Hochrechnungsfaktor ergibt sich die am Ende des Gewährleistungszeitraumes zu erwartende (hochgerechnete) Feldquote. Hochrechnungsfaktoren werden erzeugnis- und kundenspezifisch in Abhängigkeit vom Alter des Erzeugnisses quartalsweise tabelliert (vgl. z.B. Abschnitt 3.4.3).

Istquote

ist die für einen Teilmarkt ermittelte aktuelle Quote.

kFf

bedeutet: kein Fehler feststellbar/festgestellt/gefunden; d.h. Erzeugnis ist fehlerfrei.

Lagerzeit:

Zeitlicher Abstand zwischen der Fertigung (FD) und der Inbetriebnahme (Kauf-/Zulassungsdatum) eines Erzeugnisses



Meldeverzug:

Zeitlicher Abstand zwischen dem Zeitpunkt des Ausfalls (Ausfalldatum) und dem Zeitpunkt der Erfassung der Garantiemeldung (Erfassungsdatum)

Mittlere Jahresquoten

werden als stückzahlgewichteter Mittelwert der Quartalswerte berechnet. Wenn für neue Quartale unsichere Datenbestände vorliegen, dann kann der Betrachtungszeitraum des zu berechnenden Jahres eingeschränkt werden. Ausfälle und Verkaufsmengen dieser Quartale bleiben bei den Berechnungen unberücksichtigt. Voreinstellung im ISKB: Das aktuelle und das Vorquartal bleiben unberücksichtigt.

Nutzung:

Zwischen dem Zeitpunkt der ersten Inbetriebnahme und dem Ausfallzeitpunkt (Zeitpunkt des ersten Auftretens des Beanstandungsgrunds) zurückgelegte Strecke (in km oder Meilen) oder absolvierte Betriebszeit (Betriebsstundenzahl)

Quotenangaben

erfolgen in ppm ohne Nachkommastellen.

Rundungen

erfolgen bei Anteilen ≤ 500 ppm auf 10 ppm,
bei Anteilen > 500 ppm auf 100 ppm.

Teilmarkt

Ein Teilmarkt ist ein mit dem Kunden vereinbartes Gebiet, aus dem innerhalb des Gewährleistungszeitraums alle Beanstandungen gemeldet werden.

Teilmarktfaktor (TMF)

Der Teilmarktfaktor ist der Quotient aus der Anzahl der in einem betrachteten Teilmarkt eingesetzten Erzeugnisse und der entsprechenden RB-Verkaufs- bzw. Fertigungsmenge (bezogen auf einen bestimmten Zeitraum), somit eine Zahl zwischen 0 und 1. Er wird GB- und kundenspezifisch in nach Jahren gegliederten Tabellen abgelegt. Details siehe Kapitel 2.

4.2 Randbedingungen

- Bei kleinen Bezugsmengen erfolgt keine Quotenberechnung
Voreinstellung im ISKB: 300 Stück/Quartal (vgl. Bilder 1.5.1 und 1.5.2)
- Bei kleinen Beanstandungsmengen wird nur mit ganzzahlig gerundeten Hochrechnungsfaktoren gerechnet.



5. Berechnung der Feldquoten im ISKB

ISKB (Informationssystem Kundenbeanstandungen) ist ein System zur Auswertung von GATEK-Daten ohne Möglichkeit der Datenänderung. Das System bietet Zugriff auf Referenzdaten (EA-, GB), Fertigungs- und Verkaufsmengen, sowie Daten zu Handels-Gewährleistungsfällen (s. [3]).

5.1 Bearbeitungsabschnitte

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Bearbeitungsschritte zur Berechnung von Feldquoten im Rahmen des Systems ISKB (vgl. auch Bild 1.3):

- a) Berechnung der Beanstandungsquote
- b) Aufteilung in „Bosch-Fehlerquote“ (Ausfallquote), „kFf“, „Kundenverantwortung“ und „in Bearbeitung“
- c) Fehlerverteilung in Jahresübersichten

5.1.1 Berechnung der Beanstandungsquote

Die Beanstandungsquote zeigt den Qualitätsstand unserer Erzeugnisse aus Sicht des Kunden. Zu ihrer Ermittlung werden alle Beanstandungen aus einem bestimmten Marktsegment auf die in diesem Markt verkauften Kfz-Einheiten bezogen.

Die Berechnung wird üblicherweise für eine Erzeugnisgruppe eines Kunden und den vereinbarten Gewährleistungszeitraum durchgeführt.

Berechnet wird jeweils die Quote für ein Fertigungsquartal. Bei der nach Jahren geordneten Zusammenfassung können die jüngsten Quartale unterdrückt werden, wenn der zu Grunde liegende Datenbestand nicht ausreichend abgesichert erscheint.

Wenn die Anzahl der im untersuchten Markt verkauften Kfz-Einheiten nicht verfügbar ist, wird als Bezugsmenge die an den Kunden ausgelieferte Menge herangezogen, die mit den in Tabellen abgelegten Teilmarktfaktoren (TMF) korrigiert wird.

Die ebenfalls in Tabellen abgelegten Hochrechnungsfaktoren (HRF) werden zur Korrektur der Feldbeanstandungen eingesetzt.

Beanstandungen aufgrund von Aktionen (GA 9) werden nicht hochgerechnet, weil es sich hierbei meist um kurzzeitige Effekte handelt, deren zeitlicher Verlauf nur schwer durch Hochrechnungsfaktoren berücksichtigt werden könnte. Nachdem alle beanstandeten Erzeugnisse innerhalb der Aktion weltweit unter GA 9 erfasst werden, muss auch kein Teilmarktfaktor angesetzt werden.

Zur Begrenzung der Betrachtung auf den mit dem Kunden vereinbarten Gewährleistungszeitraum bleiben diejenigen beanstandeten Erzeugnisse bei der Quotenberechnung unberücksichtigt, deren Betriebsdauer (zeitlicher Abstand zwischen Ausfalldatum und Kauf-/Zulassungsdatum) größer als die Gewährleistungsfrist ist.



Beanstandungsquote im Quartal:

$$\text{Beanstandungsquote}/Q. = \text{Istquote} + \text{Hochrechnungsanteil} + \text{Anteil aus Aktionen (GA 9)}$$

Dabei ist:

$$\begin{aligned} \text{Istquote} &= \frac{\text{Anzahl Beanstandungen aus dem Teilmarkt}}{\text{Verkaufsmenge} \cdot \text{TMF}} \\ \text{Hochrechnungsanteil} &= \frac{\text{Anzahl Beanstandungen aus dem Teilmarkt}}{\text{Verkaufsmenge} \cdot \text{TMF}} \cdot (\text{HRF} - 1) \\ \text{Anteil aus Aktionen} &= \frac{\text{Anzahl Beanstandungen GA 9}}{\text{Verkaufsmenge}} \end{aligned}$$

Mittlere Beanstandungsquote je Jahr:

$$\text{Beanstandungsquote} / J = \frac{\sum_{j=1}^4 (\text{Ausfallquote } j\text{-tes Q.} \cdot \text{Bezugsmenge } j\text{-tes Q.})}{\text{Bezugsmenge (1.Q. + 2.Q. + 3.Q. + 4.Q.)}}$$

5.1.2 Aufteilung in RB-Fehlerquote (Ausfallquote, kFf, Kunde...)

Die Beanstandungsquote umfasst alle gemeldeten Erzeugnisse. Sie teilt sich wie folgt auf:

- **Bosch-Verantwortung (Ausfallquote):**
alle von Bosch vertretenen Fehler (Werk, Entwicklung, Applikation, Vertrieb), die unter den Garantiearten 0, 3, 4, 7 und 9 erfasst wurden.
- **Fehlerfreie Erzeugnisse (kFf-Quote):**
beanstandete Erzeugnisse, an denen bei Bosch kein Fehler festgestellt wurde.
(kFf = kein Fehler feststellbar)
- **Kundenverantwortung:**
Teile mit Defekten aufgrund falscher Anwendung oder unzulässiger Belastung durch den Kunden.
- **Teile in Bearbeitung:**
Zeitraum zwischen der Erfassung der Teile beim Kunden und der Funktionsprüfung.

Die Quotenberechnung für jede einzelne Kategorie erfolgt analog dem für die Beanstandungsquote aufgezeigten Verfahren (Abschnitt 5.1.1).



5.1.3 Fehlerverteilung in Jahresübersichten

Zum schnellen Erkennen von Fehlerschwerpunkten werden die an Erzeugnissen des untersuchten Fertigungszeitraums am häufigsten aufgetretenen Fehler in sogenannten Jahresübersichten der Häufigkeit nach geordnet dargestellt.

Bei der Darstellung der Daten mehrerer Fertigungsjahre kann für die Rangfolge des Ausdrucks die in ISKB übliche Logik verwendet werden.

Für die Berechnung der Fehlerverteilungen werden alle feinanalysierten Erzeugnisse (alternativ Fehlerart/Fehlerort) des untersuchten Fertigungszeitraumes mit Fehlern in Bosch-Verantwortung herangezogen. Die Berechnung erfolgt separat für jeden Fehler.

Die Fehlerverteilungen in Stück bzw. in ppm basieren auf den untersuchten und anerkannten Fehlerstückzahlen. Diese werden bei den Garantiearten 0, 1, 3, 4 und 7 mit den Teilmarkt- und Hochrechnungsfaktoren multipliziert. Bei Aktionen wird angenommen, dass alle Erzeugnisse im Rahmen der Aktion weltweit unter GA 9 erfasst werden, und die gesamte Abwicklung sich auf einen begrenzten Zeitraum konzentriert. Deshalb besteht keine Notwendigkeit, Teilmarkt- und Hochrechnungsaspekte zu berücksichtigen.

Fehlerverteilung in Stück

Jahressumme eines Fehlers (Anzahl der Fälle pro Jahr)

$$= \frac{\sum_{j=1}^4 [(\text{Anzahl Teile gleichen Fehlers GA 0, 3, 4, 7 aus j-tem Q.}) \cdot \text{HRF j-tes Q.}]}{\text{TMF}} + \text{Anzahl Teile gleichen Fehlers GA 9 aus 1., 2., 3. u. 4. Q.}$$

Fehlerverteilung in ppm

Jahresquote eines Fehlers (Anteil der Fälle pro Jahr)

$$= \frac{\sum_{j=1}^4 [(\text{Anzahl Teile gleichen Fehlers GA 0,3,4,7 aus j-tem Q.}) \cdot \text{HRF j-tes Q.}]}{(\text{Verkaufsmenge des 1., 2., 3. und 4. Q.}) \cdot \text{TMF}} + \frac{\text{Anzahl Teile gleichen Fehlers GA 9 des 1., 2., 3. u. 4. Q.}}{\text{Verkaufsmenge des 1., 2., 3. u. 4. Q.}}$$



5.2 Ergebnisdarstellung

Die Beanstandungs- und Ausfallquoten werden zusammen mit den häufigsten Fehlern auf einem Blatt dargestellt. Die folgenden Tabellen zeigen Beispiele für Auswertungen im ISKB (Liste 2.1 und 3.1). Der Gesamtwert je Fehler errechnet sich als Summe bzw. als stückzahlgewichtete mittlere Quote aus den Jahreswerten. Gewährleistungszeitraum, Auswertzeitraum und Datenstand müssen auf jedem Blatt ausgewiesen werden.

Aufteilung der vorgelegten Menge nach Gewährleistungsentscheid

	Fertigungsjahr			Summe
	1998	1999	2000	
Vorgelegte Menge	59	675	172	906
in den letzten 30 Tagen	-	28	28	56
in den letzten 90 Tagen	4	325	157	486
RB-Verantwortung	39	390	33	462
davon feinanalysiert	39	390	33	462
Kunden-Verantwortung	7	42	2	51
davon feinanalysiert	7	42	2	51
Kein Fehler festgestellt	12	63	8	83
davon feinanalysiert	12	63	8	83
Gewährleistungsentscheid offen	1	180	129	310

Fehlerverteilung aller Erzeugnisse

Häufigste Fehler des aktuellen FD-Jahres und Schwerpunkte der Vorjahre (Stück)

	Fertigungsjahr			Summe
	1998	1999	2000	
RB-Verantwortung				
CP blockiert	15	198	25	238
Partikel im DRV	5	36	5	46
CP sonstige mech./hydr. Fehler	1	68	1	70
CP-Zylinderkopf undicht	6	7	1	14
Partikel unter der Ker.-Platte	-	5	1	6
CP Fehler nicht zuordenbar	7	34	-	41
CP Gehäuse beschädigt	-	24	-	24
Partikel in HD-Pumpe	-	6	-	6
DRV-Gesamtfunktion gestört	3	3	-	6
CP-Teile fehlen	1	1	-	2
Restliche Fehler	1	8	-	9
Summe	39	390	33	462
Kunden-Verantwortung				
Ungeeigneter Kraftstoff	1	8	2	11
Korrosionsschaden	1	11	-	12
Ausfall durch Schmutz	-	10	-	10
Erzeugnis beschädigt	1	3	-	4
Restliche Fehler	4	10	-	14
Summe	7	42	2	51

Tabelle 5.2.2: Standardliste 2.1 aus ISKB; alle Angaben in Stück



Beanstandungsquoten in ppm (gerundet)

Aufteilung nach Gewährleistungsentscheid

Das aktuelle Jahr enthält nur Daten bis einschl. FMFD 08.00

Nachmeldungen können diese Quoten ändern.

	Fertigungsjahr		
	1998	1999	2000
Gesamtbeanstandungen	4498	8677	1897
RB-Verantwortung	2973	5014	364
davon feinanalysiert	2973	5014	364
Kunden-Verantwortung	534	540	22
davon feinanalysiert	534	540	22
Kein Fehler festgestellt	915	810	88
davon feinanalysiert	915	810	88
Gewährleistungsentscheid offen	76	2314	1422
Zielstufen für RB-Verantwortung	-	450	300

Fehlerquoten in ppm aller Erzeugnisse (gerundet)

Häufigste Fehler des aktuellen FD-Jahres und Schwerpunkte der Vorjahre

	Fertigungsjahr		
	1998	1999	2000
RB-Verantwortung			
CP blockiert	1143	2545	276
Partikel im DRV	381	463	55
CP sonstige mech./hydr. Fehler	76	874	11
CP-Zylinderkopf undicht	457	90	11
Partikel unter der Ker-Platte	-	64	11
CP Fehler nicht zuordenbar	534	437	-
CP Gehäuse beschädigt	-	309	-
Partikel in HD-Pumpe	-	77	-
DRV-Gesamtfunktion gestört	229	39	-
CP-Teile fehlen	76	13	-
Restliche Fehler	76	103	-
Gesamt	2973	5014	364
Kunden-Verantwortung			
Ungeeigneter Kraftstoff	76	103	22
Korrosionsschaden	76	141	-
Ausfall durch Schmutz	-	129	-
Erzeugnis beschädigt	76	39	-
Restliche Fehler	305	129	-
Gesamt	534	540	22
Fertigungsmenge in Tsd.	13	77	90

Tabelle 5.2.2: Standardliste 3.1 aus ISKB; alle Angaben in ppm
(ohne Hochrechnung und ohne Berücksichtigung eines Teilmarktfaktors)



6. Statistische Auswertung im Rahmen der Weibulltheorie

6.1 Datenbasis

Von jedem Garantiefall müssen folgende Informationen vorliegen:

- Fertigungsdatum (nicht verschlüsselt, also TT.MM.JJ) oder zumindest Fertigungsmonat
- Fertigungsmenge zu diesem Fertigungsdatum
- Zulassungsdatum des Fahrzeugs
- Ausfalldatum
- km-Stand (zum Ausfalldatum)

Die Daten dürfen keine 0-km-Fälle enthalten, da diese der Lebensdauer (bzw. der Fahrleistung) 0 entsprechen und durch die Weibullverteilung oder die Lognormalverteilung nicht darstellbar sind.

Es ist vorteilhaft, die Daten entsprechend dem FD in aufsteigender Reihenfolge zu ordnen.

Probleme bei der Auswertung konkreter Datensätze zeigen, dass Veränderungen an den Daten notwendig sein können, um unlogische oder numerisch unsinnige Einzelfälle zu beseitigen. In der Regel führen diese nicht einmal zu Fehlermeldungen und sind daher besonders bedenklich.

Beispiele und Lösungsvorschläge:

Problem	Lösungsvorschlag
Das Kaufdatum liegt vor dem Fertigungsdatum, die Lagerzeit wird negativ.	Addition von 30 Tagen zur (negativen) Lagerzeit
Der km-Stand bei Ausfall ist gleich null.	Der km-Stand bei Ausfall wird auf 0,5 km gesetzt.
Wenn Ausfalldatum und Kaufdatum übereinstimmen, wird die Betriebszeit null. In Einzelfällen kann sich dadurch ein sehr großer Wert für die Jahres-km-Zahl ergeben, z.B. 521 Tkm.	Ausfalldatum auf den 15. des Monats setzen bzw. zum Ausfalldatum 2 Wochen addieren
Einzelne Daten erscheinen unglaubwürdig, z.B. 36 Tkm Fahrleistung innerhalb eines Monats oder 48 km innerhalb von 6 Monaten.	Einzelwerte eliminieren
In Einzelfällen beträgt die Lagerzeit mehr als ein Jahr.	



6.2 Ermittlung der Jahres-km-Verteilung

Wenn möglich sollte die Jahres-km-Verteilung aus unabhängigen repräsentativen Daten (z.B. des Fahrzeugherstellers) bestimmt werden.

Statistisch korrekt wäre die Schätzung aufgrund einer Stichprobe nur, wenn nach dem Zufallsprinzip vor der Inbetriebnahme festgelegt würde, welche Fahrzeuge die (repräsentative) Stichprobe umfasst. Man weiß dann noch nicht wie viele ausfallen werden.

Die in Gewährleistungsdaten enthaltenen Ausfälle beruhen i.a. auf einer Vielzahl verschiedener Ausfallmechanismen. Aus diesem Grund erscheint es gerechtfertigt, die Jahres-km-Verteilung anhand der vorhandenen Daten zu schätzen. Das Ergebnis könnte aber aufgrund der Negativauswahl, welche die ausschließliche Betrachtung von Garantiefällen ja darstellt, verfälscht sein und sollte daher auf Plausibilität geprüft werden.

Bei jedem Einzelfall kann anhand der zeitlichen Differenz von Zulassungsdatum und Ausfalldatum sowie des Kilometerstands zum Ausfallzeitpunkt die mittlere jährliche Fahrleistung berechnet werden.

$$\text{Jahres - km} = \frac{\text{km} - \text{Stand bei Ausfall}}{\text{Ausfalldatum} - \text{Zulassungsdatum}} * 365 \text{ Tage} \quad (\text{bei Tag-genauem FD}) \quad \text{oder}$$

$$\text{Jahres - km} = \frac{\text{km} - \text{Stand bei Ausfall}}{\text{Ausfallmonat} - \text{Zulassungsdatum}} * 12 \text{ Monate} \quad (\text{bei Monats-genauem FD})$$

Erfahrungsgemäß ist die Lognormalverteilung ein geeignetes Modell zur Beschreibung dieser Verteilung (s. z.B. [4] u. [10]). Durch Darstellung der Daten im Wahrscheinlichkeitsnetz der Lognormalverteilung oder durch einen statistischen Anpassungstest kann überprüft werden, ob diese Annahme im vorliegenden Fall zutreffend ist. Das folgende Bild 6.2.1 zeigt ein Beispiel mit recht guter Annäherung.

Eine Zufallsgröße ist genau dann lognormalverteilt, wenn der Logarithmus dieser Größe normalverteilt ist. Die Kenngrößen μ und σ der zugrundeliegenden Normalverteilung können als Mittelwert und Standardabweichung der logarithmierten Daten berechnet werden (s. [5]).

Beispiel:

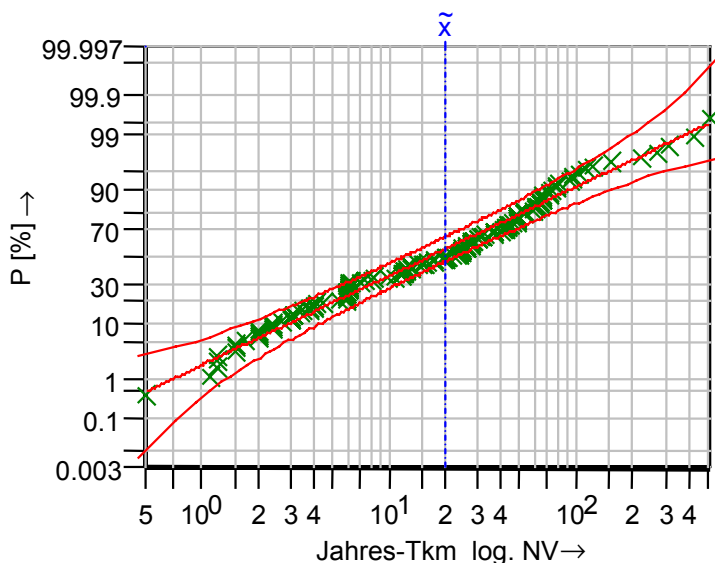


Bild 6.2.1:
Darstellung der jährlichen Fahrleistungen im Wahrscheinlichkeitsnetz der Lognormalverteilung. Alle Werte liegen innerhalb des 90%-Konfidenzbereichs.



6.3 Sudden death für Feldausfälle

Die Sudden-Death-Methode ist eine Prüfzeit verkürzende Methode zur Untersuchung des Ausfallverhaltens im Rahmen von Prüfstandsversuchen (s. [4], [7]). Dabei werden die Prüfobjekte in Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe wird bis zum ersten Ausfall geprüft.

Diese Methode ist nach [4] auf Feldausfälle übertragbar. Dabei werden die gemeldeten Ausfälle als jeweils erste Ausfälle innerhalb künstlich gebildeter Gruppen von „Prüfobjekten“ betrachtet. Bei dieser künstlichen Gruppenbildung werden die gemeldeten n_f Ausfälle gleichmäßig auf die Gesamtfertigungsmenge n des entsprechenden Bezugszeitraums verteilt. Jede Gruppe (Teilmenge) besteht aus etwa $k = \frac{n - n_f}{n_f + 1} + 1$ Erzeugnissen. Die $k - 1$

Erzeugnisse einer Gruppe, die nicht ausgefallen sind, werden wie "herausgenommene Einheiten" (suspended units) behandelt.

Beispiel:

FD: 10/98

Anzahl der Ausfälle: $n_f = 24$

Fertigungsmenge: $n = 7902$

Teilmenge $k = \frac{n - n_f}{n_f + 1} + 1 = \frac{7902 - 24}{24 + 1} + 1 \approx 316$

Ausfall Nr.	Laufleistung bis zum Ausfall in km	Ausfall Nr.	Laufleistung bis zum Ausfall in km
1	500	13	4100
2	600	14	4500
3	900	15	5000
4	930	16	5100
5	1000	17	6000
6	1500	18	6900
7	1800	19	9800
8	2900	20	10400
9	3000	21	11500
10	3050	22	12000
11	3300	23	14000
12	4000	24	20000

[4] beschreibt ein grafisches Verfahren zur Auswertung solcher Daten im Weibullnetz. Nach Eintragung der zu den Ausfällen gehörenden Punkte wird eine Ausgleichsgerade gezeichnet, welche die "ersten Ausfälle" repräsentiert. Durch Parallelverschiebung dieser "Geraden der ersten Ausfälle" durch einen zu berechnenden Punkt ergibt sich schließlich die gesuchte Gerade zur Weibullverteilung der Grundgesamtheit (vgl. Bild 6.3.1).

Es gibt jedoch auch Programme zur Auswertung von Lebensdauerdaten, welche neben der Eingabe der ausgefallenen auch die der nicht ausgefallenen Einheiten erlauben und mit Hilfe der Maximum Likelihood-Methode (s. [4], [13]) eine direkte Auswertung solcher gruppierter Daten ermöglichen (Bild 6.3.2).



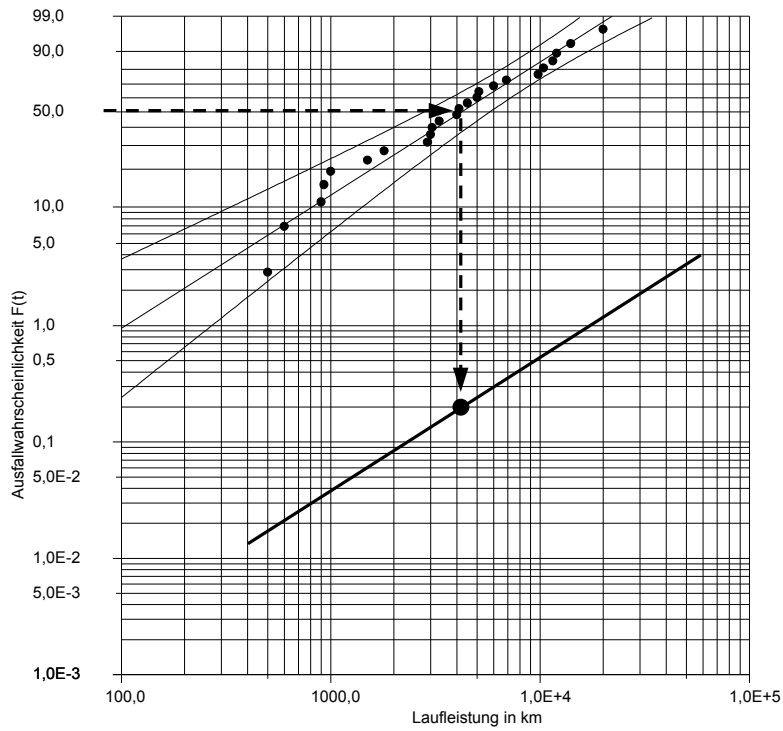


Bild 6.3.1: Grafische Auswertung im Weibullnetz nach [4]

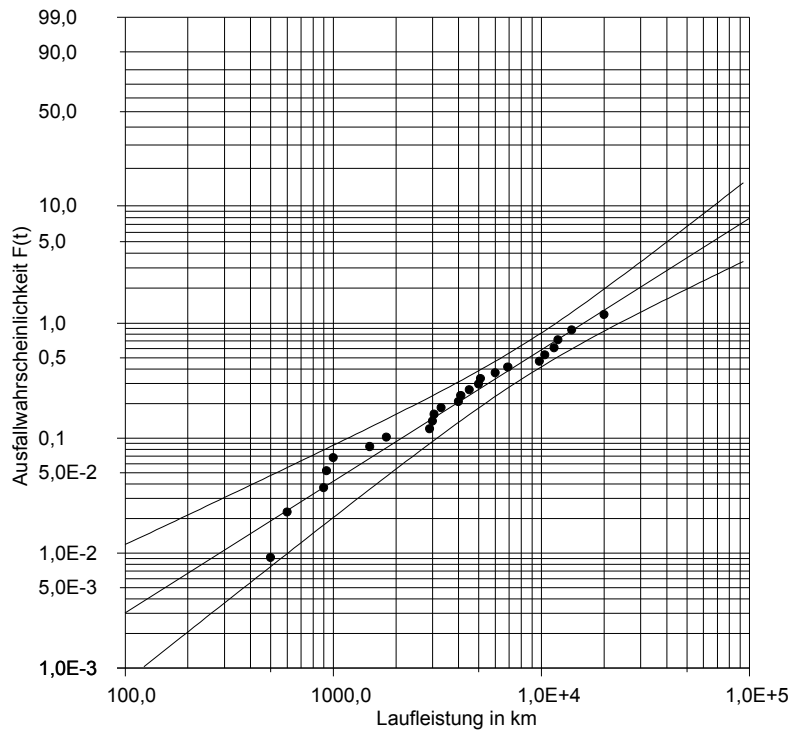


Bild 6.3.2: Ergebnis der Auswertung mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode



Die numerischen Ergebnisse sollten natürlich unabhängig vom Auswerteverfahren sein. Sie stimmen in diesem Beispiel im Rahmen der durch das grafische Verfahren gegebenen Unsicherheit überein.

b	T	B ₁	B ₅	B ₁₀
1,1	885 Tkm	≈ 26 Tkm	≈ 66 Tkm	124 Tkm

Hinweis:

Bei dieser Methode wird vorausgesetzt, dass alle "herausgenommenen" Erzeugnisse einer Gruppe genau dieselbe Laufleistung haben wie das ausgefallene. Da alle Gruppen gleich groß sind (hier $k = 316$), wird also z.B. angenommen, dass genauso viele Teile 4 Tkm gelaufen sind wie 20 Tkm. Die Jahres-km-Verteilung (vgl. 6.2) wird also vernachlässigt.

Bei Mischverteilung ergibt sich keine Gerade mit konstantem b sondern eine Kurve. Das grafische Verfahren nach [4] ist dann nicht anwendbar.

6.4 Auswertungsmöglichkeit bei konstanter Ausfallrate

Im vorangegangenen Beispiel mit Daten aus 10/98 ergibt sich für den Formparameter der Wert $b = 1,1$. Da der Vertrauensbereich für b den Wert 1 einschließt, wird für die folgenden Überlegungen vorausgesetzt, dass ein Zufallsausfallverhalten vorliegt ($b=1$), die Ausfälle somit unabhängig von der Laufleistung sind. Analoge Auswertungen zu weiteren Fertigungsmonaten rechtfertigen diese Annahme.

Die Differenz von Kaufdatum und Beanstandungsdatum entspricht der "Betriebszeit" eines Fahrzeugs (natürlich ist in diesem Zusammenhang kein 24h-Betrieb pro Tag gemeint). Mit dem gegebenen km-Stand kann man dann die mittlere Fahrleistung dieses Fahrzeugs pro Jahr ausrechnen. Dabei können sich sehr große hochgerechnete Jahres-km-Zahlen (weit über 100 Tkm) ergeben, die unrealistisch erscheinen. Da der Median wesentlich unempfindlicher in Bezug auf solche Ausreißer ist als der Mittelwert, sollte vorzugsweise mit dem Median gerechnet werden.

Bei dem Datensatz, der Kap. 6.3 und 6.4 zu Grunde liegt, ist der Median der Jahres-km-Verteilung ungefähr 20100 km/Jahr. Division durch zwölf ergibt einen Schätzwert für die mittlere monatliche Fahrleistung, im Beispiel ungefähr 2650 km/Monat.

Für jedes Fertigungsdatum ab Juli 1997 wurde das Alter in Monaten bis zum September 1999 bestimmt, z.B. $9/97 - 7/97 = 26$ Monate. Ein Fahrzeug aus FD 7/97 ist also bis 9/97 ungefähr $26 \cdot 2650 \text{ km} = 68900 \text{ km}$ gefahren. Durch Multiplikation der Fertigungsmenge (FM) dieses Monats mit dieser km-Zahl ergibt sich die Gesamt-km-Zahl, die alle in 7/97 gefertigten Fahrzeuge bis 9/97 gefahren sind.

Diese Rechnung wurde für jedes FD durchgeführt und so die Gesamt-km-Zahl aller gefertigten Teile bestimmt (vgl. folgende Tabelle).

Wenn man berücksichtigt, dass zwischen FD und Kaufdatum etwa 1 Monat vergeht (vgl. z.B. Bild 3.1.2), so ist die jeweilige Betriebszeit der Teile einen Monat kürzer. Die Rechnung wurde daher zusätzlich mit dem um einen Monat verminderten Alter durchgeführt.



Rechnung für jedes FD und Summation der Gesamt-km-Zahl aller gefertigten Ez, z.B.:

FD	FM Stk.	Alter in M.	FM*Alter*1.675	FM*(Alter-1)*1.675
...
1/99	13.190	8	1,8E8 km	1,5E8 km
2/99	12.903	7	1,5E8 km	1,3E8 km
3/99	21.576	6	2,2E8 km	1,8E8 km
...
8/99	15.343	1	2,8E7 km	0 km
			Σ 1,94•10 ⁹ km	Σ 1,61•10 ⁹ km

Ergebnis: 1,94•10⁹ km. Seit 5/98 gab es 102 Ausfälle.

$$\text{Ausfallrate: } \lambda = \frac{102 \text{ Ausfälle}}{1,94 \cdot 10^9 \text{ km}} \approx \frac{53 \text{ ppm}}{1.000 \text{ km}}$$

Unter Berücksichtigung des Lagerversatzes ist die Betriebszeit einen Monat kürzer, das Alter also um einen Monat niedriger.

$$\text{Ausfallrate: } \lambda = \frac{102 \text{ Ausfälle}}{1,61 \cdot 10^9 \text{ km}} = \frac{63 \text{ ppm}}{1.000 \text{ km}}$$

6.5 Auswertung mit Hilfe der Fahrstreckenverteilung

Voraussetzungen:

- Alle Ausfälle sind bekannt, kein Teilmarkt.
- Der betrachtete Zeitraum sollte so weit zurückliegen, dass für sämtliche Fahrzeuge eine etwa gleiche große Einsatzdauer vorliegt.
- Die Fahrstreckenverteilung ist bekannt (Wahrscheinlichkeitsnetz oder Histogramm).

Zunächst wird eine geeignete Klasseneinteilung bzgl. der Fahrstrecken gewählt.

Die gemeldeten Ausfälle werden den einzelnen Klassen zugeordnet. Außerdem wird anhand der Fahrstreckenverteilung ermittelt, wie viele nicht ausgefallenen Teile auf die einzelnen Klassen entfallen. Zu jeder Fahrstreckenklasse ist also die Anzahl der ausgefallenen und der nicht ausgefallenen Teile bekannt.

In [4] ist ein Beispiel dargestellt, das unter Verwendung mittlerer Ordnungszahlen nach dem Johnson-Verfahren ausgewertet wird. Mit einer geeigneten Software ist jedoch ebenso gut eine Auswertung nach der Maximum-Likelihood-Methode möglich.

Die Voraussetzung, dass die Fahrzeuge eine etwa gleich große Einsatzdauer haben, ist bei Auswertungen innerhalb der Gewährleistungszeitraums nicht erfüllt. Im folgenden Kapitel werden Alternativen für diesen Fall aufgezeigt.



6.6 Hochrechnungen innerhalb der Gewährleistungszeit

[11] beschreibt ein Verfahren zur näherungsweise Berechnung zeitnaher Prognosen unter der Voraussetzung, dass der Weibullparameter b für das betrachtete Erzeugnis bekannt ist. Dabei werden sowohl der Lagerversatz (Lagerzeit) als auch der Meldeverzug berücksichtigt. In der Diplomarbeit werden zwei Möglichkeiten dargestellt, die am Ende der Gewährleistungszeit zu erwartende Ausfallquote zu prognostizieren, durch Gewichtung der bekannten Ausfallzahlen oder durch Gewichtung der Fertigungsmengen. Die praktische Anwendung der Verfahren wird durch Darstellung entsprechender EXCEL-Tabellen erleichtert.

Ein einfaches Hochrechnungsmodell, welches die Verteilung der Jahresfahrleistung mit berücksichtigt, wird in [10] beschrieben. Sofern also die Verteilung $L(s)$ der Jahresfahrleistung bekannt ist (vgl. 6.2), so kann zu jeder Laufleistung (Strecke) s , bei der sich ein Ausfall ereignet, der Anteil $1 - L(s)$ der Fahrzeuge aus der betrachteten Grundgesamtheit berechnet werden, welche diese Laufleistung noch nicht erreicht haben und noch ausfallen

können. Der Kehrwert $\frac{1}{1 - L(s)}$ dieses Anteils ist der Hochrechnungsfaktor, mit dem die

gemeldete Zahl von Ausfällen bei der Laufleistung s multipliziert werden muss, um die korrigierte (hochgerechnete) Anzahl zu erhalten.



7. Literatur

- [1] QSP0801 Gewährleistung — Erfassung und Auswertung
- [2] Gewährleistungshandbuch Erstausrüstung, K/VKK
- [3] ISKB-Anwenderhandbuch, QI/ASV12
- [4] VDA (Hrsg.): Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie,
Band 3: Zuverlässigkeitssicherung bei Automobilherstellern und Lieferanten,
Teil 1: Zuverlässigkeitsmanagement, Frankfurt, 2000
Teil 2: Zuverlässigkeitsmethoden und -Hilfsmittel, Frankfurt, 2000
- Schriftenreihe „Qualitätssicherung in der Bosch-Gruppe, Technische Statistik“,
- [5] Heft Nr. 3, Auswerten von Messreihen
- [6] Heft Nr. 12, Begriffe der Qualitätstechnik
- [7] Heft Nr. 13, Begriffe und Verfahren der Zuverlässigkeitstechnik
- [8] K. Stockinger: Datenfluß aus dem Feld, in: Masing (Hrsg.), Handbuch Qualitätsmanagement, Hanser-Verlag München, 1994 S. 681ff,
- [9] T. Pfeifer: Qualitätsmanagement, Hanser-Verlag, München, 1993, S. 294ff
- [10] B. Pauli: Eine neue Methode zur Bestimmung der kilometerabhängigen Lebensdauerverteilung von Kfz-Komponenten. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 100 (1999) Heft 4
- [11] A. Reichmann: Praktische Verfahren zur Zuverlässigkeitsbewertung von Kfz-Komponenten, Diplomarbeit, Gesamthochschule Wuppertal, Fachbereich Sicherheitstechnik, 2000



Index

- Aktion 25, 27
- Auflösung 7
- Ausfall
 - mechanismus 13
 - quote 6
 - rate, konstante 36
- Ausstattung, modellspezifische 10
- Beanstandungsquote 5, 6, 27, 28
- Berichtsgruppe 25
- Betriebszeit 11
- Bezugsmenge 25
- Datenbasis 32
- Erzeugnis
 - alter 14, 18
 - gruppe 10
- Fahrleistung, jährliche 12
- Fehler
 - häufigste 29
 - verteilung 29
- Feld 4
- Fertigungs
 - datum 14, 17, 21
 - menge 10
 - quartal 21
- GATEK 4
- Hochrechnung 5, 24, 28
- Hochrechnungsfaktor 17, 18, 25, 27
 - Ermittlung aus der Treppentabelle 19
 - grafische Ermittlung 21
 - rechnerische Ermittlung 21
- ISKB 27
- Isochronendiagramm 15, 16, 21
- Istquote 5, 17, 25
- Jahresübersicht 29
- Jährliche Fahrleistung 33
- kFf 6, 25
- Lagerzeit 11, 25
- Lebensdauer 12
 - merkmal 11
 - untersuchungen 11
- Lognormalverteilung 33
- Maximum-Likelihood-Methode 35
- Meldeverzug 26
- Negativauswahl 13, 33
- Normierung 18, 19
- Nutzung 11, 26
- Rundung 26
- Schichtliniendiagramm 15
- sendepflichtig 9
- Störgrößen 24
- Sudden-Death-Methode 34
- Systemlieferant 10
- Teilmarkt 4, 9, 26
 - faktor 9, 16, 26, 27
 - vereinbarung 4
 - verfahren 9
- Treppentabelle 14, 19, 21
- Verkaufsmenge 10
- Verrechnungsfaktor, kaufmännischer 9
- Weibull
 - netz 13, 34
 - theorie 11
 - verteilung 12





Robert Bosch GmbH

C/QMM

Postfach 30 02 20

D-70442 Stuttgart

Germany

Phone +49 711 811-4 47 88

Fax +49 711 811-2 31 26

www.bosch.com

