Bornhuetter–Ferguson & Co.:

Eine Familie von Verfahren der Schadenreservierung

Klaus D. Schmidt

Lehrstuhl für Versicherungsmathematik
Technische Universität Dresden

Technische Universität Wien
Vortragsreihe aus Finanz– und Versicherungsmathematik
16. Mai 2006

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Abwicklungsdreieck für Schadenstände

Anfall–jahr	Abwicklungsjahr 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	
2	1265	2433	3233	3977		
3	1490	2873	3880			
4	1725	3261				
5	1889					

Abwicklungsdreieck für Schadenstände

Anfall–	Abwicklungsjahr								
jahr	0	1	...	k	...	$n-i$	...	$n-1$	n
0	$S_{0,0}$	$S_{0,1}$	...	$S_{0,k}$	...	$S_{0,n-i}$	...	$S_{0,n-1}$	$S_{0,n}$
1	$S_{1,0}$	$S_{1,1}$	...	$S_{1,k}$	...	$S_{1,n-i}$	...	$S_{1,n-1}$	$S_{1,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
i	$S_{i,0}$	$S_{i,1}$	...	$S_{i,k}$	...	$S_{i,n-i}$	...	$S_{i,n-1}$	$S_{i,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
$n-k$	$S_{n-k,0}$	$S_{n-k,1}$	...	$S_{n-k,k}$	...	$S_{n-k,n-i}$	...	$S_{n-k,n-1}$	$S_{n-k,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
$n-1$	$S_{n-1,0}$	$S_{n-1,1}$	...	$S_{n-1,k}$	...	$S_{n-1,n-i}$	...	$S_{n-1,n-1}$	$S_{n-1,n}$
n	$S_{n,0}$	$S_{n,1}$	...	$S_{n,k}$	...	$S_{n,n-i}$	...	$S_{n,n-1}$	$S_{n,n}$

Ein Schadenstand $S_{i,k}$ heißt

- beobachtbar falls $i+k \leq n$.
- nicht beobachtbar oder zukünftig falls $i+k > n$.
- aktueller Schadenstand falls $i+k = n$.
- Endschadenstand falls $k = n$.

Prognose

Aufgabe der Schadenreservierung ist die Prognose

- aller Endschadenstände $S_{i,n}$
- aller Anfalljahrreserven $S_{i,n} - S_{i,n-i}$

Allgemeiner: Prognose

- aller zukünftigen Schadenstände $S_{i,k}$
- aller zukünftigen Zuwächse $Z_{i,k} := S_{i,k} - S_{i,k-1}$
- aller Kalenderjahrreserven $\sum_{j=p-n}^{n} Z_{j,p-j}$
- der Gesamtreserve $\sum_{j=1}^{n} \sum_{l=n-j+1}^{n} Z_{j,l}$

mit $i + k \geq n + 1$ und $p = n + 1, \dots, 2n$.

Die zentrale Aufgabe besteht daher in der Prognose der zukünftigen Schadenstände.

Übersicht

Abwicklungsmuster

- Ein Abwicklungsmuster für Quoten besteht aus Parametern $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_n$ mit

  $$\gamma_k = \mathrm{E}[S_{i,k}]/\mathrm{E}[S_{i,n}]$$

  für alle $k = 0, 1, \dots, n$ und alle $i = 0, 1, \dots, n$.
  Die Parameter werden als Abwicklungsquoten bezeichnet.
- Ein Abwicklungsmuster für Faktoren besteht aus Parametern $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ mit

  $$\varphi_k = \mathrm{E}[S_{i,k}]/\mathrm{E}[S_{i,k-1}]$$

  für alle $k = 1, \dots, n$ und alle $i = 0, 1, \dots, n$.
  Die Parameter werden als Abwicklungsfaktoren bezeichnet.

Abwicklungsmuster: Schadenstände und Quoten

Anfall–jahr	**Abwicklungsjahr** 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	4044
2	1265	2433	3233	3977	4477	4677
3	1490	2873	3880	4880	5380	5680
4	1725	3261	4361	5461	5961	6361
5	1889	3489	4889	5889	6489	6889
0	0,287	0,533	0,696	0,858	0,958	1,000
1	0,275	0,520	0,686	0,846	0,951	1,000
2	0,270	0,520	0,691	0,850	0,957	1,000
3	0,262	0,506	0,683	0,859	0,947	1,000
4	0,271	0,513	0,686	0,859	0,937	1,000
5	0,274	0,506	0,710	0,855	0,942	1,000

Abwicklungsmuster: Schadenstände und Faktoren

Anfall–jahr	**Abwicklungsjahr** 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	4044
2	1265	2433	3233	3977	4477	4677
3	1490	2873	3880	4880	5380	5680
4	1725	3261	4361	5461	5961	6361
5	1889	3489	4889	5889	6489	6889
0		1,853	1,306	1,233	1,116	1,044
1		1,889	1,319	1,234	1,123	1,052
2		1,923	1,329	1,230	1,126	1,045
3		1,928	1,351	1,258	1,102	1,056
4		1,890	1,337	1,252	1,092	1,067
5		1,847	1,401	1,205	1,102	1,062

Abwicklungsmuster: Quoten und Faktoren

- Wenn die Parameter $\gamma_0, \gamma_1, \ldots, \gamma_n$ ein Abwicklungsmuster für Quoten bilden,
  dann bilden die Parameter $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ mit
  $$\varphi_k := \frac{\gamma_k}{\gamma_{k-1}}$$
  ein Abwicklungsmuster für Faktoren.
- Wenn die Parameter $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ ein Abwicklungsmuster für Faktoren bilden,
  dann bilden die Parameter $\gamma_0, \gamma_1, \ldots, \gamma_n$ mit
  $$\gamma_k := \prod_{l=k+1}^{n} \frac{1}{\varphi_l}$$
  ein Abwicklungsmuster für Quoten.

Abwicklungsmuster: Schätzung der Faktoren

Für die Schätzung der Parameter $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ des Abwicklungsmusters für Faktoren stehen für Abwicklungsjahr k zunächst alle Schätzer

$$F_{i,k} := S_{i,k}/S_{i,k-1}$$

mit $i = 0, 1, \ldots, n-k$ zur Verfügung.

Anfall–jahr	**Abwicklungsjahr** 0	1	2	3	4	5
0		1,853	1,306	1,233	1,116	1,044
1		1,889	1,319	1,234	1,123	1,052
2		1,923	1,329	1,230	1,126	1,045
3		1,928	1,351	1,258	1,102	1,056
4		1,890	1,337	1,252	1,092	1,067
5		1,847	1,401	1,205	1,102	1,062

Abwicklungsmuster: Chain–Ladder Faktoren

Die Chain–Ladder Faktoren

$$\widehat{\varphi}_k^{\mathrm{CL}} := \sum_{j=0}^{n-k} \frac{S_{j,k-1}}{\sum_{h=0}^{n-k} S_{h,k-1}} F_{j,k} = \frac{\sum_{j=0}^{n-k} S_{j,k}}{\sum_{j=0}^{n-k} S_{j,k-1}}$$

sind Schätzer für die Abwicklungsfaktoren φ_k.

Anfall–jahr i	**Abwicklungsjahr** k 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	
2	1265	2433	3233	3977		
3	1490	2873	3880			
4	1725	3261				
5	1889					
$\widehat{\varphi}_k^{\mathrm{CL}}$		1,899	1,329	1,232	1,120	1,044

Abwicklungsmuster: Chain–Ladder Quoten

Die Chain–Ladder Quoten

$$\widehat{\gamma}_k^{\text{CL}} := \prod_{l=k+1}^{n} \frac{1}{\widehat{\varphi}_l^{\text{CL}}}$$

sind Schätzer für die Abwicklungsquoten γ_k.

Anfall–jahr i	**Abwicklungsjahr** k 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	
2	1265	2433	3233	3977		
3	1490	2873	3880			
4	1725	3261				
5	1889					
$\widehat{\varphi}_k^{\text{CL}}$		1,899	1,329	1,232	1,120	1,044
$\widehat{\gamma}_k^{\text{CL}}$	0,278	0,527	0,701	0,864	0,968	1

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Bornhuetter–Ferguson Verfahren (1)

Dem Bornhuetter–Ferguson Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass ein Abwicklungsmuster für Quoten vorliegt und dass

- a–priori Schätzer

$$\widehat{\gamma}_0, \widehat{\gamma}_1, \ldots, \widehat{\gamma}_n$$

  mit $\widehat{\gamma}_n = 1$ für die Abwicklungsquoten $\gamma_0, \gamma_1, \ldots, \gamma_n$ und

- a–priori Schätzer

$$\widehat{\alpha}_0, \widehat{\alpha}_1, \ldots, \widehat{\alpha}_n$$

  für die erwarteten Endschadenstände

$$\alpha_i := E[S_{i,n}]$$

  mit $i = 0, 1, \ldots, n$ verfügbar sind.

Bornhuetter–Ferguson Verfahren (2)

Die a–priori Schätzer können aus

- interner Information (Abwicklungsdreieck),
- Volumenmaßen (Prämien für den vorliegenden Bestand),
- externer Information (Marktstatistiken oder Daten aus ähnlichen Beständen) oder
- einer Kombination dieser Informationsquellen

gewonnen werden.

Als a–priori Schätzer für die Abwicklungsquoten können insbesondere die Chain–Ladder Quoten verwendet werden.

Bornhuetter–Ferguson Verfahren (3)

Für $i = 0, 1, \ldots, n$ und $k = n - i, \ldots, n$ werden die Prädiktoren

$$\widehat{S}^{\text{BF}}_{i,k} := S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right)\widehat{\alpha}_i$$

als Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren bezeichnet.

Beim Bornhuetter–Ferguson Verfahren werden also die aktuellen Schadenstände mit Hilfe der a–priori Schätzer linear fortgeschrieben.

Darüber hinaus ist bemerkenswert, dass beim Bornhuetter–Ferguson Verfahren vom gesamten Abwicklungsdreieck nur die aktuellen Schadenstände verwendet werden.

Bornhuetter–Ferguson Verfahren (4)

Anfall–jahr i	$\widehat{\alpha}_i$	**Abwicklungsjahr** k 0	1	2	3	4	5
0	3517						3483
1	3981					3844	4043
2	4598				3977	4391	4621
3	5658			3880	4785	4389	5577
4	6214		3261	4442	5436	5995	6306
5	6325	1889	3344	4546	5558	6127	6443
$\widehat{\gamma}_k$		0,280	0,510	0,700	0,860	0,950	1,000

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Iteriertes Bornhuetter–Ferguson Verfahren (1)

Die Idee des iterierten Bornhuetter–Ferguson Verfahrens besteht darin,

- in einem ersten Schritt die Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren der Endschadenstände als verbesserte a–priori Schätzer der erwarteten Endschadenstände zu betrachten und das Bornhuetter–Ferguson Verfahren erneut anzuwenden und
- diesen Schritt beliebig oft zu wiederholen.

Die a–priori Schätzer der Abwicklungsquoten bleiben dabei unverändert.

Iteriertes Bornhuetter–Ferguson Verfahren (2)

Für $m = 0, 1, 2, \ldots$ sowie $i = 0, 1, \ldots, n$ und $k = n - i, \ldots, n$ werden die Prädiktoren

$$\widehat{S}_{i,k}^{(m)} := \begin{cases} S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right) \widehat{\alpha}_i & \text{falls } m = 0 \\ S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right) \widehat{S}_{i,n}^{(m-1)} & \text{sonst} \end{cases}$$

als iterierte Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren der Ordnung m bezeichnet.

- Für $m = 0$ erhält man die Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren.
- Für $m = 1$ erhält man die Benktander–Hovinen Prädiktoren.

Iteriertes Bornhuetter–Ferguson Verfahren (3)

- Es gilt

$$\widehat{S}_{i,k}^{(m)} = \widehat{\gamma}_k \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}} + \left(1-\widehat{\gamma}_{n-i}\right)^m \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right) \left(\widehat{\alpha}_i - \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}\right)$$

und damit (im Fall $0 \leq \widehat{\gamma}_{n-i} \leq 1$)

$$\lim_{m\to\infty} \widehat{S}_{i,k}^{(m)} = \widehat{\gamma}_k \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}$$

- Beim iterierten Bornhuetter–Ferguson Verfahren wird der Einfluss der a–priori Schätzer der erwarteten Endschadenstände schrittweise reduziert.
- Für jedes Anfalljahr und jedes Abwicklungsjahr ist die Folge der iterierten Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren monoton (fallend oder wachsend) und konvergent.

Iteriertes Bornhuetter–Ferguson Verfahren (4)

Die folgende Tabelle enthält die a–priori Schätzer der erwarteten Endschadenstände, die iterierten Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren

$$\widehat{S}_{i,n}^{(m)} = \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}} + (1-\widehat{\gamma}_{n-i})^{m+1} \left(\widehat{\alpha}_i - \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}} \right)$$

und ihre Grenzwerte:

Anfall–jahr i	$\widehat{\alpha}_i$	Iterierte Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren $\widehat{S}_{i,5}^{(0)}$	$\widehat{S}_{i,5}^{(1)}$	$\widehat{S}_{i,5}^{(2)}$	$\widehat{S}_{i,5}^{(3)}$	$\widehat{S}_{i,5}^{(4)}$	$\widehat{S}_{i,5}^{(5)}$	...	$\widehat{S}_{i,5}^{(\infty)}$
0	3517	3483	3483	3483	3483	3483	3483	...	3483
1	3981	4043	4046	4046	4046	4046	4046	...	4046
2	4598	4621	4623	4624	4624	4624	4624	...	4624
3	5658	5577	5553	5546	5544	5543	5543	...	5543
4	6214	6306	6351	6373	6384	6389	6392	...	6394
5	6325	6443	6528	6589	6633	6664	6687	...	6746

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Loss–Development Verfahren (1)

Dem Loss–Development Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass ein Abwicklungsmuster für Quoten vorliegt und dass a–priori Schätzer

$$\widehat{\gamma}_0, \widehat{\gamma}_1, \ldots, \widehat{\gamma}_n$$

mit $\widehat{\gamma}_n = 1$ für die Abwicklungsquoten $\gamma_0, \gamma_1, \ldots, \gamma_n$ verfügbar sind.

Beim Loss–Development Verfahren werden keine a–priori Schätzer für die erwarteten Endschadenstände verwendet.

Loss–Development Verfahren (2)

Die a–priori Schätzer können aus

- interner Information (Abwicklungsdreieck),
- Volumenmaßen (Prämien für den vorliegenden Bestand),
- externer Information (Marktstatistiken oder Daten aus ähnlichen Beständen) oder
- einer Kombination dieser Informationsquellen

gewonnen werden.

Als a–priori Schätzer für die Abwicklungsquoten können insbesondere die Chain–Ladder Quoten verwendet werden.

Loss–Development Verfahren (3)

Für $i = 0, 1, \ldots, n$ und $k = n - i, \ldots, n$ werden die Prädiktoren

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{LD}} := \widehat{\gamma}_k \, \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}$$

als Loss–Development Prädiktoren bezeichnet.

Beim Loss–Development Verfahren werden die aktuellen Schadenstände

- zunächst mit Hilfe des Schätzers $\widehat{\gamma}_{n-i}$ auf das Niveau des letzten Abwicklungsjahres n und
- sodann mit Hilfe des Schätzers $\widehat{\gamma}_k$ auf das Niveau des Abwicklungsjahres k

skaliert.

Loss–Development Verfahren (4)

Wegen

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{LD}} = \widehat{\gamma}_k \, \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}$$

stimmen die Loss–Development Prädiktoren mit den Grenzwerten des iterierten Bornhuetter–Ferguson Verfahrens überein.

Wegen

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{LD}} = S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right) \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}$$

lassen sich die Loss–Development Prädiktoren als Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren bezüglich der internen a–priori Schätzer

$$\widehat{\alpha}_i^{\text{LD}} := \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}}$$

der erwarteten Endschadenstände interpretieren.

Loss–Development Verfahren (5)

Beim Loss–Development Verfahren werden (wie beim Bornhuetter–Ferguson Verfahren) vom gesamten Abwicklungsdreieck nur die aktuellen Schadenstände verwendet:

Anfall–jahr i	**Abwicklungsjahr** k 0	1	2	3	4	5
0						3483
1					3844	4046
2				3977	4393	4624
3			3880	4767	5266	5543
4		3261	4476	5499	6074	6394
5	1889	3440	4722	5802	6409	6746
$\widehat{\gamma}_k$	0,280	0,510	0,700	0,860	0,950	1,000

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Chain–Ladder Verfahren (1)

Dem Chain–Ladder Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass ein Abwicklungsmuster für Faktoren vorliegt.

Das Chain–Ladder Verfahren beruht ausschließlich auf den beobachtbaren Schadenständen des Abwicklungsdreiecks und verwendet keine a–priori Schätzer.

Als Schätzer für die Abwicklungsfaktoren werden die Chain–Ladder Faktoren

$$\widehat{\varphi}_k^{\mathrm{CL}} = \sum_{j=0}^{n-k} \frac{S_{j,k-1}}{\sum_{h=0}^{n-k} S_{h,k-1}} \, \frac{S_{j,k}}{S_{j,k-1}} = \frac{\sum_{j=0}^{n-k} S_{j,k}}{\sum_{j=0}^{n-k} S_{j,k-1}}$$

verwendet.

Chain–Ladder Verfahren (2)

Für $i = 0, 1, \ldots, n$ und $k = n - i, \ldots, n$ werden die Prädiktoren

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{CL}} := S_{i,n-i} \prod_{l=n-i+1}^{k} \widehat{\varphi}_l^{\text{CL}}$$

als Chain–Ladder Prädiktoren bezeichnet.

Beim Chain–Ladder Verfahren werden die aktuellen Schadenstände mit Hilfe der Chain–Ladder Faktoren $\widehat{\varphi}_l^{\text{CL}}$ schrittweise auf das Niveau des Abwicklungsjahres k skaliert.

Chain–Ladder Verfahren (3)

Wegen

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{CL}} = S_{i,n-i} \prod_{l=n-i+1}^{k} \widehat{\varphi}_l^{\text{CL}} = \widehat{\gamma}_k^{\text{CL}} \, \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}^{\text{CL}}}$$

lassen sich die Chain–Ladder Prädiktoren als
Loss–Development Prädiktoren
bezüglich der Chain–Ladder Quoten interpretieren.

Chain–Ladder Verfahren (4)

Wegen

$$\widehat{S}_{i,k}^{\text{CL}} = \widehat{\gamma}_k^{\text{CL}} \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}^{\text{CL}}} = S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k^{\text{CL}} - \widehat{\gamma}_{n-i}^{\text{CL}}\right) \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}^{\text{CL}}}$$

lassen sich die Chain–Ladder Prädiktoren als
Bornhuetter–Ferguson Prädiktoren
bezüglich der Chain–Ladder Quoten und der a–priori Schätzer

$$\widehat{\alpha}_i^{\text{CL}} := \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}^{\text{CL}}}$$

der erwarteten Endschadenstände interpretieren.

Chain–Ladder Verfahren (5)

Beim Chain–Ladder Verfahren werden (über die aktuellen Schadenstände und die Chain–Ladder Faktoren) alle beobachtbaren Schadenstände verwendet:

Anfall–jahr i	**Abwicklungsjahr** k 0	1	2	3	4	5
0	1001	1855	2423	2988	3335	3483
1	1113	2103	2774	3422	3844	4013
2	1265	2433	3233	3977	4454	4650
3	1490	2873	3880	4780	5354	5590
4	1725	3261	4334	5339	5980	6243
5	1889	3587	4767	5873	6578	6867
$\widehat{\varphi}_k^{CL}$		1,899	1,329	1,232	1,120	1,044

Übersicht

- Abwicklungsdreieck für Schadenstände
- Abwicklungsmuster
- Das Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das iterierte Bornhuetter–Ferguson Verfahren
- Das Loss–Development Verfahren
- Das Chain–Ladder Verfahren
- Vergleich

Bornhuetter–Ferguson Prinzip

Prognose nach dem Bornhuetter–Ferguson Prinzip:

$$\widehat{S}_{i,k} := S_{i,n-i} + \left(\widehat{\gamma}_k - \widehat{\gamma}_{n-i}\right)\widehat{\alpha}_i$$

A–priori Schätzer	$\widehat{\alpha}_i$	$\widehat{\gamma}_k$
Bornhuetter–Ferguson	beliebig	beliebig
Loss–Development	$\widehat{\alpha}_i^{\text{LD}}$	beliebig
Chain–Ladder	$\widehat{\alpha}_i^{\text{LD}}$	$\widehat{\gamma}_k^{\text{CL}}$
Cape–Cod	$\widehat{\alpha}_i^{\text{CC}}$	beliebig
Additiv	$\widehat{\alpha}_i^{\text{CC}}$	$\widehat{\gamma}_k^{\text{AD}}$

mit

$$\widehat{\alpha}_i^{\text{LD}} := \frac{S_{i,n-i}}{\widehat{\gamma}_{n-i}} \qquad \text{und} \qquad \widehat{\alpha}_i^{\text{CC}} := v_i \, \frac{\sum_{j=0}^n S_{j,n-j}}{\sum_{j=0}^n \widehat{\gamma}_{n-j}\, v_j}$$