Versicherungsmathematische Kalkulation unter Informationseinschränkungen – Modellierung bei Datenlöschung

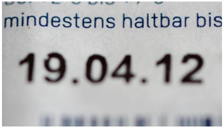
Marcus C. Christiansen | 05.11.2019 | Nürnberg

Informationseinschränkungen

gesetzliche Einschränkungen

- Unisex-Tarifierung:
  Keine Unterscheidung des Geschlechts bei Versicherungstarifen
- *Droit à l'oubli* in Frankreich:
  Verschweigen einer Krebsvorerkrankung bei Vertragsabschluss erlaubt, wenn die Behandlung vor mehr als 10 Jahren (5 bei Kindern) beendet wurde
- VAG für Substitutive Krankenversicherung:
  Prämien für Neugeschäft dürfen nicht niedriger sein als die Prämien, die sich im Altbestand für gleichaltrige Versicherte ohne Berücksichtigung ihrer Alterungsrückstellung ergeben würden
- Datenschutz-Grundverordnung:
  Artikel 17 'Recht auf Löschung' ('Recht auf Vergessenwerden')

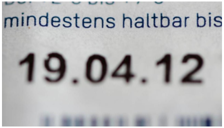
Informationseinschränkungen



Verfallsdatum für Daten

- Auto-Delete Funktion bei Google:
  Löschung der Daten des Standortverlaufs nach 3 Monaten / 18 Monaten
- Datenschutz-Grundverordnung:
  Artikel 5 Personenbezogene Daten müssen auf das notwendige Maß beschränkt sein ('Datenminimierung')

Informationseinschränkungen

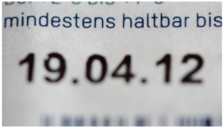


Wie sollten Versicherer mit Daten aus

- Telematiktarifen in der KFZ-Versicherung
- Gesundheits-Trackern in der Lebens- und Krankenversicherung
- Smart Home Systemen in der Hausversicherung

grundsätzlich umgehen?

Informationseinschränkungen



Mathematische Herausforderungen

- Modellierung von Datenlöschung
- Berechnung von Prämien und Deckungsrückstellungen
- Überschussbeteiligungen und Bonus-Malus-Systeme

am Beispiel der Personenversicherung

Personenversicherung

- Vertragslaufzeit m Jahre
- kumulativer Zahlungsstrom B_t zur Zeit t (zufällig)
- konstante Zinsintensität φ (deterministisch)
- kumulative Information $\mathcal{F}_t$ zur Zeit t (Filtration)

Erfüllungsbetrag zur Zeit t

$$L(t) := \int_{(t,m]} \underbrace{e^{-\varphi(s-t)}}_{\text{Diskontierung}} \underbrace{dB_s}_{\text{Zahlungen bei } s}$$

Prospektive Reserve zur Zeit t:

$$V(t) := E[\underbrace{L(t)}_{\text{Erfüllungsbetrag}} \mid \underbrace{\mathcal{F}_t}_{\text{verfügbare Information}}]$$

Personenversicherung

- Vertragslaufzeit m Jahre
- kumulativer Zahlungsstrom B_t zur Zeit t (zufällig)
- konstante Zinsintensität φ (deterministisch)
- kumulative Information $\mathcal{F}_t$ zur Zeit t (Filtration)

Erfüllungsbetrag zur Zeit t

$$L(t) := \int_{(t,m]} \underbrace{e^{-\varphi(s-t)}}_{\text{Diskontierung}} \underbrace{dB_s}_{\text{Zahlungen bei } s}$$

Prospektive Reserve zur Zeit t unter der Information $\mathcal{G}_t \subset \mathcal{F}_t$:

$$V(t) := E[\underbrace{L(t)}_{\text{Erfüllungsbetrag}} \mid \underbrace{\mathcal{G}_t}_{\text{zulässige Information}}]$$

Personenversicherung

Informationsdynamik ohne Datenlöschung

$$\mathcal{F}_s \subseteq \mathcal{F}_t \quad \text{für } s < t$$

- $(\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}$ ist eine Filtration
- Berechnung von $V(t)$ mittels Martingaltheorie

Informationsdynamik mit Datenlöschung

$$\mathcal{G}_s \nsubseteq \mathcal{G}_t \quad \text{für } s < t$$

- $(\mathcal{G}_t)_{t \geq 0}$ ist i.A. keine Filtration
- Berechnung von $V(t)$ mittels ???

Modellierung der Informationsdynamik

markierter Punktprozess:

$$(T_i, X_i)_{i\in\mathbb{N}} \text{ mit } T_i \in [0,\infty], X_i \in \mathcal{Z}$$

verfügbare Information zur Zeit t:

$$\mathcal{F}_t := \sigma\big(\{X_i \in B\} \cap \{T_i \leq t\} : i \in \mathbb{N}, B \in \mathcal{B}(\mathcal{Z})\big) \vee \text{'Nullmengen'}$$

erweiterter markierter Punktprozess:

$$(T_i, X_i, S_i)_{i\in\mathbb{N}} \text{ mit } T_i, S_i \in [0,\infty], T_i \leq S_i, X_i \in \mathcal{Z}$$

zulässige Information zur Zeit t:

$$\mathcal{G}_t := \sigma\big(\{X_i \in B\} \cap \{T_i \leq t < S_i\} : i \in \mathbb{N}, B \in \mathcal{B}(\mathcal{Z})\big) \vee \text{'Nullmengen'}$$

Personenversicherung

Informationen mit Verfallsdatum:
z.B.

- Gesundheitszustand (z.B. Krebsbehandlung, Berufsunfähigkeit, ...)
- Verhaltensweisen (z.B. körperliche Aktivität, ...)
- Standortdaten (z.B. Auslandsreisen in Risikogebiete, ...)
- ...

Informationen ohne Verfallsdatum:
z.B.

- Tod
- Storno
- ...

Beispiel 1: Rentenversicherung & Gesundheitsinformation

- T_d Todeszeitpunkt, $X_d := T_d$, $S_d := \infty$
- T_h Gesundheitsereignis, $X_h := T_h$ ($S_h < T_d$ oder $S_h = \infty$)
- Annahme: T_d und S_h unabhängig gegeben T_h
- Todesfallleistung $D(t)$
- kontinuierliche Rentenzahlung mit Rate $R(t)$

Erfüllungsbetrag

$$L(t) = \mathbf{1}_{\{T_d > t\}} \left(\underbrace{e^{-\varphi(T_d - t)} D(T_d)}_{\substack{\text{diskont. Todesfallleist.} \\ \text{bei Todeszeitpunkt } T_d}} + \int_t^{T_d} \underbrace{e^{-\varphi(s-t)} R(s)}_{\substack{\text{diskont. Rentenzahlungen} \\ \text{am Zeitpunkt } s}} \, ds \right)$$

Beispiel 1: Rentenversicherung & eine Gesundheitsinformation

ohne Datenlöschung:

Zustand des Versicherungsnehmers zur Zeit t

- $Z_t = a =$ aktiv/gesund
- $Z_t = h =$ gesundheitlich beeinträchtigt
- $Z_t = d =$ verstorben

Es gilt

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{F}_t] = I_t^a\, V_a(t) + I_t^h\, V_h(t, T_h) + I_t^d\, 0$$

wobei $I_t^a := \mathbf{1}_{\{Z_t=a\}}$, $I_t^h := \mathbf{1}_{\{Z_t=h\}}$, $I_t^d := \mathbf{1}_{\{Z_t=d\}}$ und

$$V_a(t) := E[L(t)|Z_t = a]$$
$$V_h(t, T_h) := E[L(t)|Z_t = h, T_h]$$

Beispiel 1: Rentenversicherung & eine Gesundheitsinformation

ohne Datenlöschung

(semi-Markov) Thiele Gleichung [Hoem, 1972]

$$\frac{d}{dt}V_a(t) = -R(t) + \varphi V_a(t) - (V_h(t,t) - V_a(t))\mu_{ah}(t)$$
$$- (D(t) - V_a(t))\mu_{ad}(t),$$
$$\frac{d}{dt}V_h(t,x) = -R(t) + \varphi V_h(t,x) - (D(t) - V_h(t,x))\mu_{hd}(t,x),\ x \leq t$$

und $V_a(m) = 0$ und $V_h(m,x) = 0$ bei Höchstalter m

Sterberaten $\mu_{ad}(t)$ und $\mu_{hd}(t,x)$ für $T_h = x$
Morbiditätsrate $\mu_{ah}(t)$

Sterberaten und Morbiditätsrate

Sterberaten und Morbiditätsrate sind Trends der Zählprozesse

$$N_{ad}(t) - \int_0^t I^a_{s-} \mu_{ad}(s)\, ds$$

$$N_{ah}(t) - \int_0^t I^a_{s-} \mu_{ah}(s)\, ds$$

$$N_{hd}(t) - \int_0^t I^h_{s-} \mu_{hd}(s, T_h)\, ds$$

Definition Martingal

Ist $(\mathcal{F}_t)_{t\geq 0}$ eine Filtration, so nennen wir $(X_t)_{t\geq 0}$ $\mathcal{F}$-Martingal, falls

$$E[X_t - X_s | \mathcal{F}_s] = 0, \quad s \leq t.$$

Herleitung der Thiele Gleichung

- Wegen $L(t) = (L(t) - e^{\varphi t}L(0)) + e^{\varphi t}L(0)$ ist

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{F}_t] = (L(t) - e^{\varphi t}L(0)) + e^{\varphi t}E[L(0)|\mathcal{F}_t]$$

- Anwenden des **Martingaldarstellungssatz**es auf das Martingal

$$\begin{aligned} M(t) &:= E[L(0)|\mathcal{F}_t], \\ dM(t) &= (D(t) - V_a(t))(dN_{ad}(t) - I^a_{t-}\mu_{ad}(t)dt) \\ &\quad + (V_h(t,t) - V_a(t))(dN_{ah}(t) - I^a_{t-}\mu_{ah}(t)dt) \\ &\quad + (D(t) - V_h(t,T_h))(dN_{hd}(t) - I^h_{t-}\mu_{hd}(t,T_h)dt) \end{aligned}$$

  und **Ito's Lemma** liefern die stochastische Thiele Gleichung
- Analog zum **Feynman-Kac Theorem**s lässt sich nun die (gewöhnliche) Thiele Gleichung herleiten

Beispiel 1: Rentenversicherung & eine Gesundheitsinformation

mit Datenlöschung

Zustand des Versicherungsnehmers zur Zeit t

- $Z_t = a =$ gesund oder Gesundheitsereignis gelöscht
- $Z_t = h =$ ungelöschte gesundheitliche Beeinträchtigung
- $Z_t = d =$ verstorben

Es gilt

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{G}_t] = I_t^a\, V_a(t) + I_t^h\, V_h(t, T_h) + I_t^d\, 0$$

wobei $I_t^a := \mathbf{1}_{\{Z_t = a\}}$, $I_t^h := \mathbf{1}_{\{Z_t = h\}}$, $I_t^d := \mathbf{1}_{\{Z_t = d\}}$ und

$$V_a(t) := E[L(t)|Z_t = a]$$
$$V_h(t, T_h) := E[L(t)|Z_t = h, T_h]$$

Herleitung der Thiele Gleichung (Problemstellen)

- Wegen $L(t) = (L(t) - e^{\varphi t} L(0)) + e^{\varphi t} L(0)$ ist

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{F}_t] = (L(t) - e^{\varphi t} L(0)) + e^{\varphi t} E[L(0)|\mathcal{F}_t]$$

- Anwenden des **Martingaldarstellungssatzes** auf das Martingal

$$\begin{aligned} M(t) &:= E[L(0)|\mathcal{F}_t], \\ dM(t) &= (D(t) - V_a(t))(dN_{ad}(t) - I^a_{t-}\mu_{ad}(t)dt) \\ &\quad + (V_h(t,t) - V_a(t))(dN_{ah}(t) - I^a_{t-}\mu_{ah}(t)dt) \\ &\quad + (D(t) - V_h(t, T_h))(dN_{hd}(t) - I^h_{t-}\mu_{hd}(t, T_h)dt) \end{aligned}$$

  und **Ito's Lemma** liefern die stochastische Thiele Gleichung

- Analog zum **Feynman-Kac Theorems** lässt sich nun die (gewöhnliche) Thiele Gleichung herleiten

Exkurs:
infinitesimale Martingale

Für ein $\mathcal{F}$-Martingal M gilt

$$\lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[M(t_{k+1}) - M(t_k)|\mathcal{F}_{t_k}] = 0, \quad t \geq 0,$$

wobei $\mathcal{T}_n(t) := \{t_k := tk/2^n | k = 0, \ldots, 2^n\}$.

Infinitesimale Vorwärts/Rückwärts-Martingale

Wir nennen M ein IF-$\mathcal{G}$-Martingal bzw. ein IR-$\mathcal{G}$-Martingal falls

$$\lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[M(t_{k+1}) - M(t_k)|\mathcal{G}_{t_k}] = 0 \qquad \text{(vorwärts)}$$

$$\lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[M(t_{k+1}) - M(t_k)|\mathcal{G}_{t_{k+1}}] = 0 \qquad \text{(rückwärts)}$$

für jedes $t \geq 0$.

C heißt $\mathcal{F}$-Kompensator von Y, falls $M(t) := Y(t) - C(t)$ ein $\mathcal{F}$-Martingal ist.
Es gilt dann

$$\lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[Y(t_{k+1}) - Y(t_k) | \mathcal{F}_{t_k}] = C_t, \quad t \geq 0$$

Infinitesimale Vorwärts/Rückwärts-Kompensatoren

Wir nennen C einen IF-$\mathcal{G}$-Kompensator bzw. IR-$\mathcal{G}$-Kompensator von Y falls

$$C_t = \lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[Y(t_{k+1}) - Y(t_k) | \mathcal{G}_{t_k}] \qquad \text{(vorwärts)}$$

$$C_t = \lim_{n\to\infty} \sum_{\mathcal{T}_n(t)} E[Y(t_{k+1}) - Y(t_k) | \mathcal{G}_{t_{k+1}}] \qquad \text{(rückwärts)}$$

für alle $t \geq 0$.

Beispiel 1

Hier sind die $\mathcal{F}$-Kompensatoren gleichzeitig die IF-$\mathcal{G}$-Kompensatoren

$$\mu_{ad}(t) = \lim_{\epsilon \downarrow 0} \frac{P(Z_{t+\epsilon} = d | Z_t = a)}{\epsilon}$$
$$\mu_{ah}(t) = \lim_{\epsilon \downarrow 0} \frac{P(Z_{t+\epsilon} = h | Z_t = a)}{\epsilon}$$
$$\mu_{hd}(t, T_h) = \lim_{\epsilon \downarrow 0} \frac{P(Z_{t+\epsilon} = d | Z_t = h, T_h)}{\epsilon}$$

Es gibt einen IR-$\mathcal{G}$-Kompensator (für $N_{ha}(t)$)

$$\lambda_{ha}(t; x) = \lim_{\epsilon \downarrow 0} \frac{P(Z_{t-\epsilon} = h, T_h = x | Z_t = a)}{\epsilon}$$

Wir gehen aus vom **Informationsmodell** $(T_i, X_i, S_i)_{i\in\mathbb{N}}$ und zugehörigen Sigma-Algebren $(\mathcal{G}_t)_{t\geq 0}$.

mathematisch-technische Annahmen:

- Die erwartete Anzahl der auftretenden Informationsereignisse sei endlich.
- Die Informationsereignisse (inklusive Löschungen) treten nicht gleichzeitig auf.

Satz (C., 2018)

Es ist

$$E[L(0)|\mathcal{G}_t] = M^F(t) + M^R(t)$$

für ein IF-$\mathcal{G}$-Martingal M^F und ein IR-$\mathcal{G}$-Martingal M^R.

Theorem (C., 2018)

Für die Prozesse M^F und M^R (siehe oben) existieren infinitesimale Martingaldarstellungen bezüglich der infinitesimal kompensierten Zählprozesse.

In Beispiel 1 ist

$$\begin{aligned} dM^F(t) = {} & (D(t) - V_a(t))(dN_{ad}(t) - I^a_{t-}\mu_{ad}(t)dt) \\ & + (V_h(t,t) - V_a(t))(dN_{ah}(t) - I^a_{t-}\mu_{ah}(t)dt) \\ & + (D(t) - V_h(t,T_h))(dN_{hd}(t) - I^h_{t-}\mu_{hd}(t,T_h)dt), \end{aligned}$$

$$dM^R(t) = \int (V_a(t) - V_h(t,z))(dN_{ha}(t) - I^a_t \lambda_{ha}(t;dz)dt)$$

Beispiel 1: Rentenversicherung & eine Gesundheitsinformation

mit Datenlöschung

Zustand des Versicherungsnehmers zur Zeit t

- $Z_t = a =$ gesund oder Gesundheitsereignis gelöscht
- $Z_t = h =$ ungelöschte gesundheitliche Beeinträchtigung
- $Z_t = d =$ verstorben

Es gilt

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{G}_t] = I_t^a\, V_a(t) + I_t^h\, V_h(t, T_h) + I_t^h\, 0$$

wobei $I_t^a := \mathbf{1}_{\{Z_t=a\}}$, $I_t^h := \mathbf{1}_{\{Z_t=h\}}$, $I_t^d := \mathbf{1}_{\{Z_t=d\}}$ und

$$V_a(t) := E[L(t)|Z_t = a]$$
$$V_h(t, T_h) := E[L(t)|Z_t = h, T_h]$$

Beispiel 1: Rentenversicherung & eine Gesundheitsinformation

mit Datenlöschung

(erweiterte) Thiele Gleichung [C., 2018]

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}V_a(t) = -R(t) + \varphi V_a(t) &- (V_h(t,t) - V_a(t))\mu_{ah}(t)\\ &- (D(t) - V_a(t))\mu_{ad}(t)\\ &- \int_0^t (V_a(t) - V_h(t,z))\lambda_{ha}(t;dz)\end{aligned}$$

$$\frac{d}{dt}V_h(t,z) = -R(t) + \varphi V_h(t,z) - (D(t) - V_h(t,z))\mu_{hd}(t,z),\ z \leq t$$

und $V_a(m) = 0$ und $V_h(m,z) = 0$ bei Höchstalter m

Zwischenfazit

Modellierung & Kalkulation

- Modellierung von Datenlöschung als erweiterte markierte Punktprozesse
- aus Martingalen werden infinitesimale Vorwärts/Rückwärts-Martingale
- Erweiterung der Thiele-Gleichung um Löscheffekte

Risikomanagement

- Reserve-Korrektur aus Informationslöschungen explizit sichtbar
- Reserve-Korrekturen entsprechen Quersubventionierungen

- Beispiel 1: Recht auf Löschung gemäß DSGVO
- Beispiel 2: Auto-Delete Funktion (*inkl. Forschungsfrage*)

Beispiel 2: Risikolebensversicherung & Aktivitätsbonus

- Aktivitätsmessung per Schrittzähler
- Schrittzahlen: i-tes Datenpaket X_i zur Zeit T_i
- $\mathcal{F}'_t$ beschreibe in $[0, t]$ beobachtete Schrittzahlen

Bonusermittlung:
diskontierter mittlerer Portfolioüberschuss ohne Aktivitätsdaten

$$U(t) = \underbrace{E[e^{-\varphi t} L(t) - L(0)]}_{\text{Aktiva (real)}} - \underbrace{E^*[e^{-\varphi t} L(t)]}_{\text{Passiva (konservativ)}} ,$$

diskontierter mittlerer Portfolioüberschuss mit Aktivitätsdaten

$$U(t) = \underbrace{E[e^{-\varphi t} L(t) - L(0) | \mathcal{F}'_t]}_{\text{Aktiva (real)}} - \underbrace{E^*[e^{-\varphi t} L(t)]}_{\text{Passiva (konservativ)}} ,$$

Beispiel 2: Risikolebensversicherung & Aktivitätsbonus

Terminaler Bonus (Vertragslaufzeit m):
Bonusausschüttung bei m

$$e^{\varphi m} U(m) = \underbrace{e^{\varphi m} E[-L(0) | \mathcal{F}'_m]}_{\text{beobachtbar bzgl. } \mathcal{F}'_m}$$

Direktgutschrift:
Bonusausschüttung in $(t - \epsilon, t]$

$$\underbrace{e^{\varphi t}(U(t) - U(t - \epsilon))}_{\text{beobachtbar bzgl. } \mathcal{F}'_t}$$

Beispiel 2: Risikolebensversicherung & Aktivitätsbonus

nun mit Datenschutz

- Schrittzahlen: i-tes Datenpaket X_i zur Zeit T_i
- Auto-Delete nach h Zeiteinheiten, d.h. $S_i := T_i + h$
- $\mathcal{G}'_t$ beschreibe zur Zeit t bekannte Schrittzahlen

Terminaler Bonus (Vertragslaufzeit m):

$$e^{\varphi m} U(m) = \underbrace{e^{\varphi m} E[-L(0)|\mathcal{F}'_m]}_{\text{i.A. nicht beobachtbar bzgl. } \mathcal{G}'_m \text{ !}}$$

Direktgutschrift:

$$\underbrace{e^{\varphi t}(U(t) - U(t - \epsilon))}_{\text{i.A. nicht beobachtbar bzgl. } \mathcal{G}'_t \text{ !}}$$

- Beispiel 1: Recht auf Löschung gemäß DSGVO
- Beispiel 2: Auto-Delete Funktion (*inkl. Forschungsfrage*)
- Beispiel 3: Modellvereinfachung

Beispiel 3: Pensionsversicherung

- Arbeitsunfähigkeits-Schutz
- Altersrente mit flexibler Startzeit (zufällig)

Zustand des Versicherungsnehmers zur Zeit t

- $Z_t = a =$ aktiv/gesund
- $Z_t = i =$ invalid
- $Z_t = r_a =$ im Ruhestand und gesund
- $Z_t = r_i =$ im Ruhestand und invalid

vereinfachter Zustand des Versicherungsnehmers zur Zeit t

- $Z'_t = a =$ aktiv/gesund
- $Z'_t = i =$ invalid
- $Z'_t = r =$ im Ruhestand

Beispiel 3: Pensionsversicherung

$U_t :=$ 'Verweildauer im aktuellen Zustand'
$Y_t :=$ 'voriger Zustand'

Satz [Furrer & C., 2019]

Ist Z ein Markov-Prozess, so ist (Z', U, Y) ein Markov-Prozess.

Beispiel 3: Pensionsversicherung

$U_t :=$ 'Verweildauer im aktuellen Zustand'
$Y_t :=$ 'voriger Zustand'

Satz [C. & Furrer, 2019]

Ist Z ein Markov-Prozess, so ist (Z', U, Y) ein Markov-Prozess.

aktuarielle Praxis: Z' wird wie Markov-Prozess behandelt, d.h.

$$\begin{aligned} \text{fälschlicherweise:} \quad & V(t) = E[L(t)|\mathcal{F}_t] \stackrel{!}{=} E[L(t)|Z'_t] \\ \text{statt korrekterweise:} \quad & V(t) = E[L(t)|\mathcal{F}_t] = E[L(t)|Z'_t, U_t, Y_t] \end{aligned}$$

Beispiel 3: Pensionsversicherung

korrekter Ansatz: Modellierung mit Informationsverlust

$$V(t) := E[L(t)|\mathcal{G}_t] = E[L(t)|Z'_t]$$

(korrigierte) Thiele Gleichung [C. & Furrer, 2019]

Die korrekte Thiele Gleichung für $V_r(t) := E[L(t)|Z'_t = r]$ lautet

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}V_r(t) = -R(t) + \varphi V_r(t) - (D(t) - V_r(t))\mu_{rd}(t) \\ -(V_r(t) - V_{r_a}(t))\lambda_{ar}(t) \\ -(V_r(t) - V_{r_i}(t))\lambda_{ir}(t)\end{aligned}$$

wobei $V_{r_a}(t) := E[L(t)|Z_t = r_a]$, $V_{r_i}(t) := E[L(t)|Z_t = r_i]$
und λ_{ar}, λ_{ir} die IR-$\mathcal{G}$-Kompensatoren von N_{ar}, N_{ir} sind.

Fazit

Information kann zeitlichen Beschränkungen unterliegen:

- gesetzliche Vorgaben
- freiwillige Datenschutzziele
- Modellvereinfachungen

Dies hat Auswirkungen auf:

- Reservierung (auch Rückkaufswerte)
- Prämienberechnung
- Überschussermittlungen und Bonussysteme

Geschichte schreiben ist eine Art, sich das Vergangene vom Halse zu schaffen.

Johann Wolfgang von Goethe

Literaturhinweis:

- Christiansen, 2018. A martingale concept for non-monotone information in a jump process framework. arXiv:1811.00952v2