Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz

Wie gefährlich sind "Risikogruppen" wirklich?
Eine Analyse anhand der polizeilichen Unfallprotokolle 2001–2004

Thomas Gautschi   Dominik Hangartner

Institut für Soziologie
Universität Bern

4.–8. Dezember 2006
Rational Choice Sociology: Theory and Applications
VIU Venice

Wie gefährlich ist der Strassenverkehr?

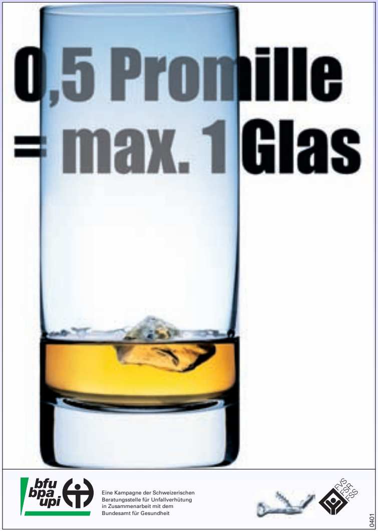
- Strassenverkehrsunfälle fordern weltweit jährlich 1.2 Mio. Tote und 50 Mio. Verletzte.
- Strassenverkehrsunfälle fordern also mehr Tote als Malaria und verschiedene Formen von Krebs.
- In der Schweiz gab es 2004 22'891 registrierte Verkehrsunfälle mit durchschnittlich 1.27 involvierten Personen.
- Im Schnitt also
    - alle 18 Minuten eine verunfallte Person,
    - mit mind. einer verletzten Person pro Unfall,
    - alle 95 Minuten eine schwerverletzte Person,
    - und alle 17 Stunden ein Toter.
- Dennoch, Strassenverkehrsunfälle machen weniger als 1‰ aller Toten in der Schweiz aus (Herz- und Herzkreislauferkrankungen 69.7% sowie Krebs 24.8%).

UNIVERSITÄT BERN

Wie gefährlich ist der Strassenverkehr?

- Seit den 70er Jahren ist ein stetiger Rückgang der Verkehrsunfälle sowie der Verletzten und Toten zu verzeichnen.
- Dennoch, 2004 starben 510 Personen auf Schweizer Strassen.
- Das sind zwar weniger als die Hälfte der Zahlen von 1984 (1‘101), aber die Anzahl Unfälle konnte lediglich um 10% reduziert werden.
- Offiziell starben ein Viertel der 510 Toten infolge von Alkoholkonsum.
- Deshalb hat der Schweizer Gesetzgeber 2004 Massnahmen beschlossen.

Motivation



- Ab 1. Januar 2005 wurde die gesetzliche Limite für die Blutalkoholkonzentration von 0.8 Promille auf 0.5 Promille herabgesetzt.
- Medizinische Studien zeigen, dass Alkoholeinfluss die Reaktionszeiten verlängert.
- Aber, der präventive Nutzen von restriktiven Promillegrenzen hängt letztlich davon ab, inwiefern alkoholisierte Fahrzeuglenker ein Risiko für sich und andere Verkehrsteilnehmer darstellen.

Erfolg der Massnahmen?

- Auf den ersten Blick scheint der restriktivere BAK–Level ein durchschlagender Erfolg.
- Erste Zahlen für das Jahr 2005 zeigen, dass
  - es 20% weniger Tote gegeben hat (409 gegenüber 510),
  - es 8% weniger Schwerverletzte gegeben hat (21'695 gegenüber 23'218).
- Aber, ob der restriktivere BAK–Level für den Rückgang der Zahlen verantwortlich ist oder nicht, wurde bisher nicht wissenschaftlich erhärtet.
- Und, ob der Rückgang anhält kann erst gesagt werden, wenn Zahlen für das Jahr 2006 vorliegen.
- Wir können zwar nicht den Zusammenhang zwischen BAK, Reaktionszeit und dem Risiko alkoholisierter Fahrer eruieren.
- Wir können aber das Risiko, welches alkoholisierter Fahrer auf der Strasse darstellen, bestimmen.

Ausgangslage

- Das (evtl. erhöhte) Unfallrisiko durch Trunkenheit am Steuer ist ohne genaue Kenntnis des Anteils der alkoholisierten Verkehrsteilnehmer nicht schätzbar.
- Versuche, diesen Anteil zu bestimmen (z.B. durch Strassenkontrollen), unterliegen immer gewissen Verzerrungen (z.B. Alkoholtests nicht bei allen kontrollierten Fahrzeughaltern).
- Selektivität und Unregelmässigkeit der Kontrollen können kein repräsentatives Bild der Verkehrsteilnehmer abgeben.
- Das Ziel ist die Bestimmung des relativen Risiko einer "Hochrisikogruppe" in Bezug zum Risiko einer "Tiefrisikogruppe", ohne Kenntnis des Anteils der "Risikogruppen" am Total der Verkehrsteilnehmer.

Einleitung

Risikogruppen

Die Modellüberlegungen gelten nicht nur für Betrunkene, sondern für alle "Risikogruppen" im Strassenverkehr, also z.B. auch für Jugendliche oder Ausländer.

- Levitt und Porter (2001) schlagen zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit schwerer Verkehrsunfälle durch alkoholisierte Lenker ein Verfahren vor, welches ausschliesslich auf der Statistik der schweren Verkehrsunfälle beruht.
- Das Verfahren kommt ohne restriktive ökonometrische (Verteilungs)Annahmen aus.
- Grundlage bildet die Annahme, dass die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls unter Beteiligung zweier Fahrzeuge einer Binomialverteilung folgt.

Ausgangspunkt der Modellierung

- Die Modellierung erfordert fünf einfache Annahmen:
  1. Zwei Typen von Fahrzeuglenkern.
  2. "Gleichverteilung" (Homogenität) der zwei Typen auf den Strassen.
  3. Jeder Unfall wird nur durch den Fehler eines Lenkers ausgelöst.
  4. Der Typus der an einem Unfall beteiligten Lenker ist unabhängig vom Typus der an anderen Unfällen beteiligten Lenker.
  5. Das Unfallrisiko der "Hochrisikogruppe" ist höher als das Risiko der "Tiefrisikogruppe".

Ausgangspunkt der Modellierung

- Die Modellierung erfordert fünf einfache Annahmen:
    1. Zwei Typen von Fahrzeuglenkern.
    2. "Gleichverteilung" (Homogenität) der zwei Typen auf den Strassen.
    3. Jeder Unfall wird nur durch den Fehler eines Lenkers ausgelöst.
    4. Der Typus der an einem Unfall beteiligten Lenker ist unabhängig vom Typus der an anderen Unfällen beteiligten Lenker.
    5. Das Unfallrisiko der "Hochrisikogruppe" ist höher als das Risiko der "Tiefrisikogruppe".

Ausgangspunkt der Modellierung

- Die Modellierung erfordert fünf einfache Annahmen:
  1. Zwei Typen von Fahrzeuglenkern.
  2. "Gleichverteilung" (Homogenität) der zwei Typen auf den Strassen.
  3. Jeder Unfall wird nur durch den Fehler eines Lenkers ausgelöst.
  4. Der Typus der an einem Unfall beteiligten Lenker ist unabhängig vom Typus der an anderen Unfällen beteiligten Lenker.
  5. Das Unfallrisiko der "Hochrisikogruppe" ist höher als das Risiko der "Tiefrisikogruppe".

Ausgangspunkt der Modellierung

- Die Modellierung erfordert fünf einfache Annahmen:
  1. Zwei Typen von Fahrzeuglenkern.
  2. "Gleichverteilung" (Homogenität) der zwei Typen auf den Strassen.
  3. Jeder Unfall wird nur durch den Fehler eines Lenkers ausgelöst.
  4. Der Typus der an einem Unfall beteiligten Lenker ist unabhängig vom Typus der an anderen Unfällen beteiligten Lenker.
  5. Das Unfallrisiko der "Hochrisikogruppe" ist höher als das Risiko der "Tiefrisikogruppe".

Ausgangspunkt der Modellierung

- Die Modellierung erfordert fünf einfache Annahmen:
  1. Zwei Typen von Fahrzeuglenkern.
  2. "Gleichverteilung" (Homogenität) der zwei Typen auf den Strassen.
  3. Jeder Unfall wird nur durch den Fehler eines Lenkers ausgelöst.
  4. Der Typus der an einem Unfall beteiligten Lenker ist unabhängig vom Typus der an anderen Unfällen beteiligten Lenker.
  5. Das Unfallrisiko der "Hochrisikogruppe" ist höher als das Risiko der "Tiefrisikogruppe".

Modellannahmen

Annahme 1: Lenkertypen

Es existieren lediglich zwei Typen von Fahrzeuglenkern, nämlich Lenker mit tiefem Unfallrisiko und Lenker mit hohem Unfallrisiko.

- Dabei bezeichnen wir die nüchternen Fahrzeuglenker mit N
- ... und die betrunkenen Fahrzeuglenker mit B.

UNIVERSITÄT BERN

Modellannahmen

Annahme 1: Lenkertypen

Es existieren lediglich zwei Typen von Fahrzeuglenkern, nämlich nüchterne und betrunkene Fahrzeuglenker.

- Dabei bezeichnen wir die nüchternen Fahrzeuglenker mit N
- ... und die betrunkenen Fahrzeuglenker mit B.

Modellannahmen

Annahme 2: Homogenität

Es besteht eine “Gleichverteilung” nüchterner und betrunkener Fahrzeuglenker auf den Strassen, d.h.:

- Die Anzahl Begegnungen eines Lenkers mit anderen Fahrzeugen ist unabhängig von seinem Zustand (N oder B).
- Der Zustand eines Lenkers hat keinen Einfluss auf den Zustand der ihm begegnenden Fahrzeuglenker.

- Es sei $A_{\text{total}} = A_N + A_B$ die Anzahl Fahrzeuglenker welche zum Untersuchungszeitpunkt und –ort unterwegs sind.
- Weiter sei die Indikatorvariable $I = 1$ falls zwei Fahrzeuge “interagieren” (d.h. sich begegnen) und Null sonst.

Modellannahmen

- Formell besagt Annahme 2 also, dass das Zusammentreffen zweier Fahrzeuge auf der Strasse logisch äquivalent mit dem zufälligen Ziehen von Bällen mit den Labels N und B ist:

$$\Pr(i,j|I=1) = \Pr(i|I=1)\cdot\Pr(j|I=1) = \frac{A_iA_j}{(A_N+A_B)^2}$$

- Annahme 2 ist die kritische Annahme des Modells: eine zufällige Gleichverteilung betrunkener und nüchterner Lenker auf Raum und Zeit erscheint lediglich für (i) geographisch beschränkte Regionen, (ii) zeitlich beschränkte Beobachtungen oder (iii) ein Kombination davon plausibel.

UNIVERSITÄT BERN

Modellannahmen

Annahme 3: Unfallverursachung

Ein Unfall zwischen zwei Fahrzeuglenkern vom Typ i und j (d.h. NN, BB, BN resp. NB) resultiert aufgrund des Fehlers eines und nur eines Lenkers.

- Bezeichnen wir die Unfallwahrscheinlichkeit mit θ_k und sei U eine Indikatorvariable mit $U = 1$ falls es zu einem Unfall kommt und Null sonst.
- Formell besagt Annahme 3 dann also, dass:

$$\Pr(U = 1 | I = 1, i, j) = \theta_i + \theta_j - \theta_i\theta_j \approx \theta_i + \theta_j$$

Modellannahmen

Annahme 4: Unabhängigkeit der Lenkertypen

Die Zusammensetzung der Lenkertypen eines bestimmten Unfalls ist unabhängig von den an anderen Unfällen beteiligten Lenkertypen.

Annahme 5: Unfallrisiko

Trinken erhöht die Wahrscheinlichkeit einen Unfall zu verursachen (minimal). Somit ist das Unfallrisiko betrunkener Fahrzeuglenker höher als das Unfallrisiko nüchterner Fahrzeuglenker.

- Es gilt somit $\theta_B \geq \theta_N$.

Grundlagen des Schätzverfahrens

- Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem Unfall kommt entspricht der gemeinsamen Verteilung der Wahrscheinlichkeiten, dass
  - zwei Fahrzeuge sich auf der Strasse begegnen (Annahme 2),
  - und dass einer (und nur einer) der beiden Lenker einen Fehler begeht, der zum Unfall führt (Annahme 3).
- Somit gilt:

$$
\begin{aligned}
\Pr(i, j, U = 1 | I = 1) &= \Pr(i, j | I = 1) \cdot \Pr(U = 1 | I = 1, i, j) \\
&= \frac{A_i A_j (\theta_i + \theta_j)}{(A_N + A_B)^2}
\end{aligned}
$$

Grundlagen des Schätzverfahrens

- Uns interessiert nun aber nicht $\Pr(i, j, U = 1 | I = 1)$, sondern die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Lenker vom Typ i und j in einen Verkehrsunfall verwickelt sind, also: $\Pr(i, j | U = 1)$.
- Letztere ist die a posteriori Wahrscheinlichkeit, welche wir aufgrund ersterer, der a priori Wahrscheinlichkeit, und der Regel von Bayes herleiten können.
- Sei $S_{ij} = \{(N, N), (B, B), (B, N), (N, B)\}$ die Menge der möglichen Kombinationen von Lenkertypen, so gilt:

$$
\begin{aligned}
\Pr(i, j | U = 1) &= \frac{\Pr(i, j, U = 1 | I = 1)}{\Pr(U = 1 | I = 1)} \\
&= \frac{\Pr(U = 1 | i, j, I = 1)\, \Pr(i, j | I = 1)}{\sum_{k \in S_{ij}} \Pr(U = 1 | k, I = 1)\, Pr(k | I = 1)}
\end{aligned}
$$

Wahrscheinlichkeit eines Unfalls

- Die Regel von Bayes besagt also, dass die bedingte Wahrscheinlickeit eines Unfalls zwischen Lenkertyp i und j gegeben ist durch:

$$P_{ij} := \Pr(i,j|U=1) = \frac{A_i A_j(\theta_i + \theta_j)}{2\left[\theta_B(A_B)^2 + (\theta_B + \theta_N)A_B A_N + \theta_N(A_N)^2\right]}$$

- Damit legen wir die Grundlage zur Bestimmung
  1. der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls zwischen zwei nüchternen Lenkern, d.h. P_{NN},
  2. der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls zwischen zwei betrunkenen Lenkern, d.h. P_{BB},
  3. der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls zwischen einem nüchternen und einem betrunkenen Lenker, d.h. P_{BN}.

Wahrscheinlichkeit eines Unfalls

- Problem: Wir haben drei Gleichungen aber vier Parameter. Wir können also nicht alle vier Parameter einzeln bestimmen.
- Zudem sind die Gleichungen linear abhängig (d.h. sie addieren sich zu Eins) und somit können wir nur zwei Parameter bestimmen.
- Wir behelfen uns, indem wir
  - das Verhältnis $\theta = \theta_B / \theta_N$ festlegen als das Unfallrisiko eines betrunkenen Lenkers zum Unfallrisiko eines nüchternen Lenkers,
  - das Verhältnis $A = A_B / A_N$ festlegen als die Anzahl betrunkener Lenker zu der Anzahl nüchterner Lenker zum Untersuchungszeitpunkt und –ort.

Wahrscheinlichkeit eines Unfalls

- Damit ergeben sich die folgenden drei Wahrscheinlichkeiten

$$
\begin{aligned}
P_{NN} := \Pr(\theta, A | U_{NN} = 1) &= \frac{1}{\theta A^2 + (\theta + 1)A + 1} \\
P_{BB} := \Pr(\theta, A | U_{BB} = 1) &= \frac{\theta A^2}{\theta A^2 + (\theta + 1)A + 1} \\
P_{BN} := \Pr(\theta, A | U_{BN} = 1) &= \frac{(\theta + 1)A}{\theta A^2 + (\theta + 1)A + 1}
\end{aligned}
$$

Likelihood Funktion und Herleitung der Schätzer

- Aufgrund von Annahme 4 bezüglich der Unabhängigkeit der Unfälle wissen wir, dass die gemeinsame Verteilung der Wahrscheinlichkeiten P_{BB}, P_{BN} und P_{NN} einer Multinomialverteilung folgt.
- Es sei U_{ij} die Anzahl Unfälle zwischen Typ i und j.
- Die Likelihood Funktion des zu schätzenden Modells ist somit definiert als $\Pr(U_{BB}, U_{BN}, U_{NN} | U_{\text{total}}) = \Pr(\cdot)$

$$
\begin{aligned}
\Pr(\cdot) &= U_{\text{total}}! \prod_{(i,j)} \frac{P_{ij}^{U_{ij}}}{U_{ij}!} \\
&= \frac{(U_{BB} + U_{BN} + U_{NN})!}{U_{BB}!\, U_{BN}!\, U_{NN}!} \; {P_{BB}}^{U_{BB}} \, {P_{BN}}^{U_{BN}} \, {P_{NN}}^{U_{NN}}
\end{aligned}
$$

Likelihood Funktion und Herleitung der Schätzer

- Maximieren der Likelihood Funktion nach P_{BB}, P_{BN} und P_{NN} resultiert in den Schätzern

$$\hat{P}_{BB} = \frac{U_{BB}}{U_{\text{total}}}, \ \hat{P}_{BN} = \frac{U_{BN}}{U_{\text{total}}}, \ \hat{P}_{NN} = \frac{U_{NN}}{U_{\text{total}}}$$

- Diese drei Schätzer bilden die Basis zur Bestimmung von θ. Aber, $\hat{P}_{ij}$ enthält das uns unbekannte Verhältnis der betrunkenen zu den nüchternen Lenkern $A = A_B/A_N$.
- Aufgrund der Binomialverteilung ist jedoch die quadrierte Anzahl Interaktionen zwischen betrunkenen und nüchternen Lenkern proportional zum Produkt der Interaktionen zwischen zwei betrunkenen und zwei nüchternen Lenkern.

Schätzer für das Unfallrisiko

- Wir können somit das Unfallrisiko alleine aufgrund der beobachteten Verteilung der Unfälle bestimmen.
- Es sei R das Verhältnis der Unfälle

$$R := \frac{(U_{BN})^2}{U_{BB}U_{NN}} = \frac{(\hat{P}_{BN})^2}{\hat{P}_{BB}\hat{P}_{NN}} = \frac{(\theta+1)^2A^2}{\theta A^2} = 2+\theta+\frac{1}{\theta}$$

- Umstellen der Terme und Multiplikation mit θ ergibt

$$\theta^2 + (2-R)\theta + 1 = 0 \; .$$

- Somit ist θ durch die Lösung einer quadratischen Gleichung bestimmt:

$$\theta = \frac{(R-2) \pm \sqrt{R^2 - 4R}}{2}$$

Schätzer für das Unfallrisiko

- Die Diskriminante determiniert folgende Lösungen:

  $R = 4$: Die Wahrscheinlichkeiten einen Unfall zu verursachen sind für betrunkene und nüchterne Lenker identisch (d.h. $\theta = 1$). Somit gilt auch, dass A dem Verhältnis der beobachteten Unfallanteile U_B/U_N entspricht.

  $R < 4$: Keine reell–wertige Lösung (d.h. zu wenig Unfälle zwischen betrunkenen und nüchternen Lenkern oder Annahme 2 ist verletzt): die Unfallwahrscheinlichkeit der Lenkertypen ist identisch ($\theta = 1$) und A äquivalent zu U_B/U_N.

  $R > 4$: Annahme 5 ($\theta_B \geq \theta_N$) diktiert, dass wir nur die reell–wertige Lösung $\theta_+ > 1$ betrachten (und $\theta_- < 1$ vernachlässigen).

Schätzer für den Anteil Betrunkener

- Zur Bestimmung des Anteils betrunkener Lenker am Total der Verkehrsteilnehmer, greifen wir auf die Wahrscheinlichkeiten zurück, dass im Falle eines Unfalls die Lenker von einem bestimmten Typ, z.B. beide betrunken, sind (d.h. P_{BB}).
- Da wir den Schätzer für P_{BB} ($\hat{P}_{BB} = U_{BB}/U_{\text{total}}$) sowie $\hat{\theta}$ kennen, können wir aufgrund von

$$\hat{P}_{BB}(\hat{\theta}, A|U) = \frac{\hat{\theta}A^2}{\hat{\theta}A^2 + (\hat{\theta}+1)A + 1}$$

  nach A lösen und den Anteil der betrunkenen zu den nüchternen Lenkern bestimmen.
- Weiter gilt dann auch $A_B/(A_B + A_N) = A/(1 + A)$.

Standardfehler des Schätzers

- Standardfehler sind einfach über die Hessian $\mathrm{H}(\theta, A; U_{ij})$ der Loglikelihood Funktion $\ln \mathcal{L}(\theta, A; U_{ij})$ zu bestimmen.
- Zu diesem Zweck ersetzen wir in der Likelihood Funktion P_{ij} durch die entsprechenden Ausdrücke, logarithmieren und leiten zweimal nach θ ab:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ln \mathcal{L}(\theta, A; U_{ij})}{\partial \theta^2} &= \frac{U_{NN} A^2}{(\theta A + 1)^2} - \frac{U_{BB}(2\theta A + 1)}{(\theta^2 A + \theta)^2} \\ &- \frac{U_{BN}(1 - A)}{(\theta + 1)^2 (\theta A + 1)} - \frac{U_{BN} A (1 - A)}{(\theta + 1)(\theta A + 1)^2}\end{aligned}$$

- Der asymptotische Standardfehler ist dann die Quadratwurzel des negativen Kehrwerts des Erwartungswertes der Hessian: $se(\hat{\theta}) = \sqrt{-\mathrm{E}[\mathrm{H}(\theta, A; U_{ij})]^{-1}}$.

Bemerkungen zur Modellierung

Was passiert bei Verletzung(en) der Annahmen 1 bis 5?

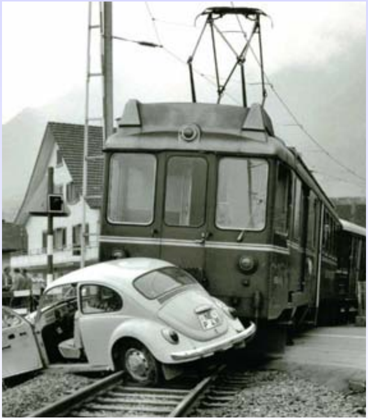
- Annahme 1 kann gelockert werden, d.h. es ist auch möglich Unfälle mit mehr als zwei Lenkertypen zu analysieren.
- Annahme 2 ist theoretisch unerlässlich. Aber, die Annahme einer zufälligen Gleichverteilung auf Raum und Zeit ist vielfach verletzt.
  - Heterogenität führt zu tieferen Werten von R (resp. zu $R < 4$) und somit zu einem tieferen θ (da steigend in R).
  - Somit unterschätzen (überschätzen) wir die Anzahl der Interaktionen zwischen zwei betrunkenen sowie zwei nüchternen Lenkern (einem betrunkenen und einem nüchternen Lenker).
  - Ein empirischer Ausweg ist die Beschränkung der Analysen auf Daten aus räumlich und zeitlich eingeschränkten Beobachtungen.

Bemerkungen zur Modellierung

- Annahme 3 kann ohne grössere Probleme verallgemeinert werden, z.B. durch Modellierung
  - der Möglichkeit, dass ein Lenker durch entsprechende Reaktionen einen Unfall vermeiden kann.
  - des Schweregrades des Unfalls, welcher mit der Blutalkoholkonzentration steigt.
- Annahme 4 ist sowohl theoretisch wie auch bezüglich des Schätzverfahrens unproblematisch. Selbst bei Verletzung der Annahme sind keine systematischen Verzerrungen der Schätzer zu erwarten.
- Annahme 5 ist nicht nur intuitiv einsichtig, sondern auch durch eine grosse Anzahl empirischer Studien verifiziert.

Kein Untersuchungsgegenstand

Kein Untersuchungsgegenstand



Kein Untersuchungsgegenstand

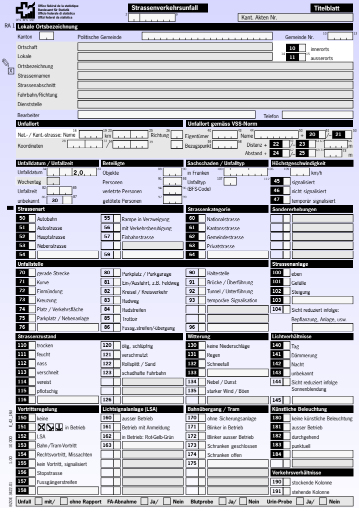
Der Untersuchungsgegenstand

UNIVERSITÄT BERN

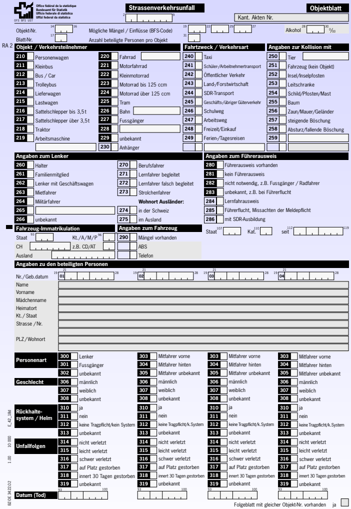
Datenlage in der Schweiz

- Jeder polizeilich registrierte Unfall muss dem Bundesamt für Statistik gemeldet werden.
- Jeder Unfall auf öffentlichen Strassen oder Plätzen mit mind. einem motorisierten oder unmotorisierten Vehikel muss gemeldet werden.
- Unfälle mit lediglich Fussgängern sind von der Meldepflicht ausgenommen.
- Jeder Unfall wird mit einem zweiseitigen Unfallprotokoll lückenlos erfasst (z.B. Unfallhergang, -ort, Wetter- und Strassenzustand, involvierte Fahrzeuge, Angaben zu Personen etc.).
- Uns liegen alle 285'723 Protokolle der Jahre 2001–2004 vor.

Unfallprotokoll



Strassenverkehrsunfall — Titelblatt
Kant. Akten Nr.
RA 1 Lokale Ortsbezeichnung
Kanton | Politische Gemeinde | Gemeinde Nr.
Ortschaft | 10 innerorts
Lokale | 11 ausserorts
Ortsbezeichnung
Strassennamen
Strassenabschnitt
Fahrbahn/Richtung
Dienststelle
Bearbeiter | Telefon
Unfallort | Unfallort gemäss VSS-Norm
Nat.- / Kant.-strasse: Name | km | Richtung | Eigentümer | Name | 20 | 21
Koordinaten | Bezugspunkt | Distanz + 22 / 23 m
Abstand + 24 / 25 m
Unfalldatum / Unfallzeit | Beteiligte | Sachschaden / Unfalltyp | Höchstgeschwindigkeit
Unfalldatum 2 0 | Objekte | in Franken | km/h
Wochentag | Personen | Unfalltyp (BFS-Code) | 45 signalisiert
Unfallzeit | verletzte Personen | | 46 nicht signalisiert
unbekannt 30 | getötete Personen | | 47 temporär signalisiert
Strassenart | Strassenkategorie | Sondererhebungen
50 Autobahn | 55 Rampe in Verzweigung | 60 Nationalstrasse
51 Autostrasse | 56 mit Verkehrsberuhigung | 61 Kantonsstrasse
52 Hauptstrasse | 57 Einbahnstrasse | 62 Gemeindestrasse
53 Nebenstrasse | | 63 Privatstrasse
54 | 59 | 64
Unfallstelle | Strassenanlage
70 gerade Strecke | 80 Parkplatz / Parkgarage | 90 Haltestelle | 100 eben
71 Kurve | 81 Ein-/Ausfahrt, z.B. Feldweg | 91 Brücke / Überführung | 101 Gefälle
72 Einmündung | 82 Kreisel / Kreisverkehr | 92 Tunnel / Unterführung | 102 Steigung
73 Kreuzung | 83 Radweg | 93 temporäre Signalisation | 103
74 Platz / Verkehrsfläche | 84 Radstreifen | | 104 Sicht reduziert infolge:
75 Parkplatz / Nebenanlage | 85 Trottoir | | Bepflanzung, Anlage, usw.
76 | 86 Fussg.streifen/-übergang | 96
Strassenzustand | Witterung | Lichtverhältnisse
110 trocken | 120 ölig, schlüpfrig | 130 keine Niederschläge | 140 Tag
111 feucht | 121 verschmutzt | 131 Regen | 141 Dämmerung
112 nass | 122 Rollsplitt / Sand | 132 Schneefall | 142 Nacht
113 verschneit | 123 schadhafte Fahrbahn | 133 | 143 unbekannt
114 vereist | | 134 Nebel / Dunst | 144 Sicht reduziert infolge Sonnenblendung
115 pflotschig | | 135 starker Wind / Böen
116 | 126 | | 145
Vortrittsregelung | Lichtsignalanlage (LSA) | Bahnübergang / Tram | Künstliche Beleuchtung
150 keine | 160 ausser Betrieb | 170 ohne Sicherungsanlage | 180 keine künstliche Beleuchtung
151 in Betrieb | 161 Betrieb mit Anmeldung | 171 Blinker in Betrieb | 181 ausser Betrieb
152 LSA | 162 in Betrieb: Rot-Gelb-Grün | 172 Blinker ausser Betrieb | 182 durchgehend
153 Bahn-/Tram-Vortritt | 163 | 173 Schranken geschlossen | 183 punktuell
154 Rechtsvortritt, Missachten | | 174 Schranken offen | 184
155 kein Vortritt, signalisiert | | 175
156 Stopstrasse | | | Verkehrsverhältnisse
157 Fussgängerstreifen | | | 190 stockende Kolonne
158 | | | 191 stehende Kolonne
Unfall mit/ ohne Rapport | FA-Abnahme Ja/ Nein | Blutprobe Ja/ Nein | Urin-Probe Ja/ Nein



Strassenverkehrsunfall — Objektblatt
Kant. Akten Nr.
Objekt-Nr. | Mögliche Mängel / Einflüsse (BFS-Code) | Alkohol ‰
Blatt-Nr. | Anzahl beteiligte Personen pro Objekt
RA 2 Objekt / Verkehrsteilnehmer | Fahrtzweck / Verkehrsart | Angaben zur Kollision mit
210 Personenwagen | 220 Fahrrad | 240 Taxi | 250 Tier
211 Kleinbus | 221 Motorfahrrad | 241 Schüler-/Arbeitnehmertransport | 251 Fahrzeug (kein Objekt)
212 Bus / Car | 222 Kleinmotorrad | 242 Öffentlicher Verkehr | 252 Insel/Inselpfosten
213 Trolleybus | 223 Motorrad bis 125 ccm | 243 Land-/Forstwirtschaft | 253 Leitschranke
214 Lieferwagen | 224 Motorrad über 125 ccm | 244 SDR-Transport | 254 Schild/Pfosten/Mast
215 Lastwagen | 225 Tram | 245 Geschäfts-/übriger Güterverkehr | 255 Baum
216 Sattelschlepper bis 3,5t | 226 Bahn | 246 Schulweg | 256 Zaun/Mauer/Geländer
217 Sattelschlepper über 3,5t | 227 Fussgänger | 247 Arbeitsweg | 257 steigende Böschung
218 Traktor | 228 | 248 Freizeit/Einkauf | 258 Absturz/fallende Böschung
219 Arbeitsmaschine | 229 unbekannt | 249 Ferien-/Tagesreisen | 259
| 230 Anhänger
Angaben zum Lenker | Angaben zum Führerausweis
260 Halter | 270 Berufsfahrer | 280 Führerausweis vorhanden
261 Familienmitglied | 271 Lernfahrer begleitet | 281 kein Führerausweis
262 Lenker mit Geschäftswagen | 272 Lernfahrer falsch begleitet | 282 nicht notwendig, z.B. Fussgänger / Radfahrer
263 Mietfahrer | 273 Strolchenfahrer | 283 unbekannt, z.B. bei Führerflucht
264 Militärfahrer | Wohnort Ausländer: | 284 Lernfahrausweis
265 | 274 in der Schweiz | 285 Führerflucht, Missachten der Meldepflicht
266 unbekannt | 275 im Ausland | 286 mit SDR-Ausbildung
Fahrzeug-Immatrikulation | Angaben zum Fahrzeug
Staat | Kt./A/M/P | 290 Mängel vorhanden | Staat | Kat. | seit
CH | z.B. CD/AT | ABS
Ausland | | Telefon
Angaben zu den beteiligten Personen
Nr./Geb.datum 01 | 02 | 03 | 04
Name
Vorname
Mädchenname
Heimatort
Kt. / Staat
Strasse / Nr.
PLZ / Wohnort
Personenart: 300 Lenker | 301 Fussgänger | 302 unbekannt | 303 Mitfahrer vorne | 304 Mitfahrer hinten | 305 Mitfahrer unbekannt
Geschlecht: 306 männlich | 307 weiblich | 308 unbekannt
Rückhaltesystem / Helm: 310 ja | 311 nein | 312 keine Tragpflicht/kein System | 313 unbekannt
Unfallfolgen: 314 nicht verletzt | 315 leicht verletzt | 316 schwer verletzt | 317 auf Platz gestorben | 318 innert 30 Tagen gestorben | 319 unbekannt
Datum (Tod)
Folgeblatt mit gleicher Objekt-Nr. vorhanden ja

UNIVERSITÄT BERN

Datenlage in der Schweiz

- Datenbasis sind aber die 69’075 Unfälle zwischen zwei Personenwagen.
- In 967 Fällen sind die Angaben unvollständig, so dass wir 68’108 auswertbare Unfälle haben.
- Beschränken wir uns (wie Levitt und Porter) auf die Unfälle zwischen 20:00 und 5:00 Uhr bleiben 10’040 Unfälle.
- Davon sind
  - 8’229 Unfälle zwischen zwei nüchternen Lenkern,
  - 1’750 Unfälle zwischen einem nüchternen und einem betrunkenen Lenker (d.h. BAK $\geq 0.8‰$),
  - und lediglich 61 Unfälle zwischen zwei betrunkenen Lenkern.
- In der Nacht sind rund 9.3% aller in Zweipersonenwagen–Unfälle verwickelte Lenker somit betrunken.
- Tagsüber sind lediglich 1.4% betrunken.

Risiko Betrunkener mit BAK $\geq 0.8‰$ in der Nacht

Type of Drivers	# of Crashes	Percent
U_{BB}	61	0.61
U_{BN}	1750	17.43
U_{NN}	8229	81.96
U_{total}	10040	100.00

Parameter	Estimates
R	6.1010
$\theta = \theta_B/\theta_N$	3.8406
$se(\theta)$	0.1264
$A/(1+A)$	0.0421

- Aber, der Entscheid des Schweizerischen Gesetzgebers beruht auf der Gefährlichkeit der Lenker mit BAK $\in [0.5‰, 0.8‰)$.
- Unsere Daten erlauben, da wir Angaben zum BAK haben, das natürliche Experiment $0.5‰$ vs. $0.8‰$.

Risiko Betrunkener mit BAK $\geq 0.5‰$ in der Nacht

Type of Drivers	# of Crashes	Percent
U_{BB}	75	0.75
U_{BN}	1886	18.78
U_{NN}	8079	80.47
U_{total}	10040	100.00

Parameter	Estimates
R	5.8704
$\theta = \theta_B/\theta_N$	3.5920
$se(\theta)$	0.1165
$A/(1+A)$	0.0484

- Aber, ist die Reduktion des relativen Risikos Betrunkener statistisch signifikant?

Statistisch signifikante Risikoreduktion?

- Wir testen also $H_0 : \theta_{0.8} = \theta_{0.5}$ gegen $H_1 : \theta_{0.8} > \theta_{0.5}$.
- Sowohl θ_B als auch θ_N sind, in unserem einfachen Szenario, die Mittelwerte der Verteilung der Lenkerrisiken in den beiden Kategorien und $se(\theta_B)$ und $se(\theta_N)$ sind die Standardfehler der Mittelwerte.
- Somit gilt (mit $k = (2 \cdot U_{total} - 2)$ Freiheitsgraden):

$$t = \frac{\hat{\theta}_{0.8} - \hat{\theta}_{0.5}}{\sqrt{var(\hat{\theta}_{0.8}) + var(\hat{\theta}_{0.5})}} = \frac{3.8406 - 3.5920}{\sqrt{0.0160 + 0.0136}} = 1.4461 \quad ,$$

womit wir H_0 wegen $|t| = 1.4461 < 1.6450 = t_{0.95}(20078)$ nicht verwerfen können.

Risiko Betrunkener in BAK–Ranges in der Nacht

- Aber, ist die Annahme gleich grosser Risiken innerhalb den Gruppen gerechtfertigt?
- Wir unterteilen in BAK–Ranges: $[0.5, 0.8)$, $[0.8, 1.0)$, $[1.0, 1.2)$, $[1.2, 1.4)$, $[1.4, 1.6)$ sowie 1.6 und höher.

BAC–Range in ‰	# of Crashes	R	θ	$se(\theta)$	$A/(1+A)$	Drunk[†]
0.5 – 0.79	1/149/8079	2.75	~ 1	–	$A \propto U_B/U_N$	8.06%
0.8 – 0.99	8/228/8079	0.80	~ 1	–	$A \propto U_B/U_N$	13.11%
1.0 – 1.19	1/223/8079	6.16	3.8989	0.3315	0.0056	11.74%
1.2 – 1.39	1/215/8079	5.72	3.4301	0.3051	0.0060	11.49%
1.4 – 1.59	1/239/8079	7.07	4.8647	0.3839	0.0050	12.53%
larger than 1.6	4/832/8079	21.42	19.3690	0.7405	0.0050	43.07%

[†] Percentage of drivers with a BAC in the respective range at the total of drivers with a BAC of at least 0.5‰.

Risiko Betrunkener mit BAK $\geq 0.8‰$ in “Raum und Zeit”

Subsample	# of Crashes†	θ	$se(\theta)$	$A/(1+A)$
Friday Night	24/528/2297	2.6845	0.1755	0.0587
Saturday Night	16/520/2341	5.0199	0.2904	0.0356
Remaining Nights	19/763/5156	3.6207	0.1774	0.0308
Bern	7/160/575	4.1174	0.4559	0.0516
Aargau	3/95/491	3.8685	0.5410	0.0382
Geneva	2/150/673	14.6480	1.4114	0.0140
Lucerne	2/72/219	9.7329	1.4647	0.0297
St. Gallen	1/114/465	25.9100	2.8117	0.0090
Wallis	5/146/94	43.3301	6.0884	0.0339

Balkanraser

Facts Online, 2004

„Die Schweizer entdecken dieses Jahr ihr neues Feindbild: Der Balkanraser [Amir B.]."

Swissinfo, 24.01.2005

„Die Mobiliar-Versicherung schliesst mit Autofahrern aus Ost–Europa und dem Balkan keine Policen mehr ab."

Juvenile Raser–Rennen

Facts, Nr. 01/49

„Kein Wochenende ohne schwere Verkehrsunfälle: Junge Männer rasen von Beiz zu Beiz. Ein Freizeitvergnügen mit hohem Risiko.“

Neue Zürcher Zeitung, 24.01.2005

„Raser–Rennen auf Stadtgebiet. Zwei junge Autolenker haben sich in der Nacht auf Freitag in der Stadt Zürich ein Autorennen geliefert.“

The Gray Race

General–Anzeiger Bonn, 28.01.2003

„75-jähriger wendet auf der Autobahn!“

Spiegel Online, 22.01.2003

„Als britische Polizisten eine 60-jährige Lady [nach Schlangenlinienfahrt] stoppten, machten sie eine verblüffende Entdeckung: Ausser Barbara Byrne sassen auch 27 Hunde im Auto.“

Frau am Steuer

Niedersächsisches LfS, 29.08.1997

„Jetzt ist es amtlich: Frauen sind die besseren Autofahrer."

Hamburger MoPo, 21.09.2004

„SMS am Steuer – Frau fuhr Polizisten tot. Eine Autofahrerin (30) muss für 30 Monate ins Gefängnis, weil sie beim Schreiben einer Handy-Kurznachricht so abgelenkt war, dass sie zwei Polizisten totgefahren hat."

Relatives Risiko spezieller Gruppen

Characteristic	Time	# of Crashes	R	θ	$se(\theta)$	$A/(1+A)$
Foreigners	0:00–23:59	3159/14232/45554	1.41	~ 1	–	$A \propto U_{FF}/U_{SS}$
Young Persons	0:00–23:59	481/9400/54446	3.37	~ 1	–	$A \propto U_{YY}/U_{OO}$
Young Persons	20:00–5:00	201/2168/6893	3.39	~ 1	–	$A \propto U_{YY}/U_{OO}$
Old Persons	0:00–23:59	966/13064/53705	3.29	~ 1	–	$A \propto U_{OO}/U_{YY}$
Old Persons	20:00–5:00	23/1109/8949	4.95	2.5549	0.1164	0.0307
Men	0:00–23:59	32661/27868/6930	3.43	~ 1	–	$A \propto U_{MM}/U_{WW}$

- Nur Ausländer mit Wohnsitz in der Schweiz.
- Einteilung in jung (alt) falls zwischen 18 und 21 Jahren (64 und älter).

Erweiterungen und Kritik am Gesetzgeber

- Erweiterung des Modells auf mehr als zwei Gruppen möglich (Annahme 1). Dabei sind jedoch mehr Daten nötig.
- Einführung eines weiteren (exogenen) Parameters, welcher die Wahrscheinlichkeit einen Unfall zu vermeiden bestimmt. Damit ist eine "Abschwächung" von Annahme 3 möglich.
  - Annahme: Betrunkene (BAK $\geq 0.8‰$) sind zu 25% weniger erfolgreich als Nüchterne im Vermeiden von Unfällen. Relatives Risiko steigt von $\theta = 3.8406$ auf $\theta = 4.8007$ ($se(\theta) = 0.1541$).
- Die berichteten relativen Risiken sind immer "lower limits".
- Weniger Tote und Schwerverletzte auf Schweizer Strassen im 2005. Aber, in 13.5% war Alkohol im Spiel. In den Jahren 2001 bis 2004 waren es zwischen 8.5% und 11.9%.
- Die Policy–Änderung war zwar wirkungsvoll, aber nicht wegen des unterstellen Zusammenhangs zwischen BAK und Risiko!

Software und ein bisschen Literatur

LEVITT, S. D. AND J. PORTER (2001)
"How Dangerous Are Drinking Drivers?"
Journal of Political Economy 109, 1198–1237. Zurück

MATHWORKS (2004)
Matlab 6.5.1. Release 13 (Service Pack 1).
Natick, MA: MathWorks, Inc.

STATACORP (2003)
Stata Statistical Software: Release 9.2.
College Station, TX: Stata Corporation.

WOLFRAM RESEARCH (2004)
Mathematica 5.1.
Champaign, IL: Wolfram Research, Inc.

UNIVERSITÄT BERN