

# **Verknüpfung von Unfall- und Mobilitätsdaten bei Analysen zur Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit**

**Prof. Dr. Heinz Hautzinger**

**Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V. (IVT)**

**Heilbronn · Mannheim**

## Überblick

- Unfall- und Mobilitätsdaten als Basis für Risikoanalysen
- Risikoanalysen nach dem Modell der Fall-Kontroll-Studie
- Analyse von Risikofaktoren durch Berechnung des Verhältnisses der Chancen der Unfallbeteiligung („Odds Ratio“)
  - Bewertung eines dichotomen Risikofaktors
  - Simultane Bewertung mehrerer Risikofaktoren
- Anwendungsmöglichkeiten: Untersuchungen zur aktiven Fahrzeugsicherheit auf der Basis von GIDAS-Daten

Quelle: [www.trace-project.org](http://www.trace-project.org)



## **Empirische Studien zum Unfallrisiko**

### Weshalb Untersuchungen zum Unfallrisiko?

- **Monitoring:** Beschreibung der zeitlichen Entwicklung des Sicherheitsniveaus im Straßenverkehr
- **Maßnahmenentwicklung:** Identifikation von Risikofaktoren für die Unfallbeteiligung von Fahrzeugführern und Fußgängern
- **Maßnahmencontrolling:** Evaluation von Maßnahmen - einschließlich neuer Technologien - im Bereich Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit

## **Mobilitätsdaten bei Unfallrisikoanalysen**

Mobilitätsdaten dienen zur ...

- Ermittlung von „Expositionsgrößen“ (als Nenner in Risikokennziffer)
  - Fahrtenaufkommen → Unfall(beteiligungs)*rate*
  - Fahr- bzw. Verkehrsleistung → Unfall(beteiligungs)*dichte*
- Bildung von „Vergleichsgruppen“
  - Unfalldaten → „Fälle“ (= Unfallbeteiligte)
  - Mobilitätsdaten → „Kontrollen“ (= Nicht-Unfallbeteiligte)

## Unfallrisiko (1)

- Analyseebene „Fahrt“
  - Fahrten als Untersuchungseinheiten („units at risk“)
  - jede Fahrt kann mit einem Unfall enden
  - ggf. muss die Einheit „Fahrt“ noch in „Etappen“ untergliedert werden
- Epidemiologische Grundkonzepte
  - Risikopopulation: Gesamtheit von Fahrten im Straßennetz während eines Untersuchungszeitraums
  - Untersuchungseinheit: einzelne Fahrt (Person oder Fahrzeug)
  - Unfallstatus (Zielvariable): binäre Variable „Fahrt mit/ohne Unfall“
  - Unfallrisiko: Wahrscheinlichkeit für Fahrt mit Unfall

## Unfallrisiko (2)

- Analyseebene „Fahrzeug-Jahr“
  - Kombination Fahrzeug × Jahr als Untersuchungseinheit
  - jedes Fahrzeug ist in jedem Jahr der Unfallgefahr ausgesetzt
- Epidemiologische Grundkonzepte
  - Risikopopulation: Gesamtheit von Fahrzeug-Jahren (räumlich, sachlich und zeitlich abgegrenzt)
  - Untersuchungseinheit: einzelnes Fahrzeug-Jahr
  - Unfallstatus: binäre Variable „Fahrzeug-Jahr mit/ohne Unfall“
  - Unfallrisiko: Wahrscheinlichkeit für Fahrzeug-Jahr mit Unfall

## **Risikofaktoren**

- Risikofaktor: Eigenschaft einer Untersuchungseinheit, bei deren Vorhandensein das Unfallrisiko erhöht ist
- Risikofaktorstatus: Merkmal der Untersuchungseinheit, welches angibt, ob der betreffende Risikofaktor vorliegt oder nicht
- Risikofaktoren für Unfallbeteiligung (Analyseebene Fahrt)
  - Fahrt mit nicht angepasster Geschwindigkeit
  - Fahrt mit Fahrer unter Alkoholeinfluss
  - Fahrt mit Fahrzeug, welches nicht mit ESP ausgestattet ist
  - Fahrt auf nasser Fahrbahn

## Fall-Kontroll-Studie zum Unfallrisiko

- Fall-Kontroll-Studie: Retrospektiver Vergleich einer Gruppe von Erkrankten (Fälle) mit einer Gruppe von Nicht-Erkrankten (Kontrollen) bezüglich gewisser Risikofaktoren
- Besonders geeignet bei seltenen Krankheiten (trifft auf Unfälle zu)
- Schätzung des *relativen* Risikos
- Fälle: Stichprobe von Fahrten mit Unfall
  - Unfallbeteiligte in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik
  - Unfallbeteiligte in wissenschaftlichen Unfallerhebungen (GIDAS)
- Kontrollen: Stichprobe von Fahrten ohne Unfall
  - Fahrten in MiD 2002
  - Fahrten in SrV-Erhebung



## Praktisches Beispiel

- Unfalldaten: Amtliche Straßenverkehrsunfallstatistik
  - $N = 455'886$  unfallbeteiligte Pkw-Fahrer (Deutschland 2002)
  - Jede Einheit entspricht einer Pkw-Fahrt mit Unfall („Fälle“)
- Mobilitätsdaten: Haushaltsbefragung MiD 2002
  - $N = 69'443$  Fahrten von Pkw-Fahrern
  - Jede Einheit entspricht einer Pkw-Fahrt ohne Unfall („Kontrollen“)
- Gewisse Fahrt- und Fahrermerkmale wurden in beiden Erhebungen erfasst (z.B. Datum des Tags der Fahrt, Uhrzeit Fahrtende, Alter und Geschlecht des Fahrers).
- Die beiden Datenbestände können in einer Datei zusammengeführt werden (jeder Datensatz entspricht einer Fahrt mit bzw. ohne Unfall).

# Aufbau einer aggregierten Auswertungsdatei

case-control status (Y)	age class (A)	gender (G)	count
1 = case	18-24 years	male	71506
1	18-24 years	female	40155
1	25-44 years	male	122787
1	25-44 years	female	78852
1	45-59 years	male	56435
1	45-59 years	female	29941
1	60-64 years	male	15864
1	60-64 years	female	5797
1	65+	male	26410
1	65+	female	8139
0 = control	18-24 years	male	3992
0	18-24 years	female	3253
0	25-44 years	male	13436
0	25-44 years	female	15225
0	45-59 years	male	12288
0	45-59 years	female	9287
0	60-64 years	male	3852
0	60-64 years	female	1613
0	65+	male	5114
0	65+	female	1374

# Bewertung eines dichotomen Risikofaktors

Kreuztabellierung der Fahrten (2×2-Tabelle)

Zeilen: Risikofaktorstatus      Spalten: Unfallstatus der Fahrt

	Fahrt mit Unfall	Fahrt ohne Unfall
Fahrer männlich	$a$	$c$
Fahrer weiblich	$b$	$d$

**Unfallbeteiligungs-Odds :**      **Odds Ratio** (männl. vs. weibl.):

- Fahrer männlich:       $a/c$        $\psi = (a/c)/(b/d) = (ad)/(bc)$

- Fahrer weiblich:       $b/d$

Anm.: Unter dem Fall-Kontroll-Studiendesign kann nur das Odds Ratio als Maß für das *relative Risiko* geschätzt werden.

## Odds Ratio für Risikofaktor “Fahrer männlich”

	mit Unfall	ohne Unfall
männlich	293'002	38'688
weiblich	162'885	30'755

### Unfallbeteiligungs-Odds:

- Fahrer männlich:  $a/c = 293'002 / 38'688 = 7.57$
- Fahrer weiblich:  $b/d = 162'885 / 30'755 = 5.30$

Odds Ratio (männlich vs. weiblich):  $\psi = 7.57 / 5.30 = 1.43$

→ die Unfallbeteiligungschance liegt bei Pkw-Fahrten mit einem Mann am Steuer um 43% über dem Wert für Pkw-Fahrten mit einer Frau am Steuer

Anm.: 95%-Konfidenzgrenzen für das wahre OR sind 1.41 and 1.45

## Bewertung mehrerer Risikofaktoren (1)

- Logistisches Modell für die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses “Fahrt mit Unfall”, gegeben Altersklasse  $i$  und Geschlecht  $j$  :

$$p_{ij} = \exp(u_{ij}) / [1 + \exp(u_{ij})] = 1 / [1 + \exp(-u_{ij})].$$

Der lineare Prädiktor  $u_{ij}$  ist dabei wie folgt definiert:

$$u_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}.$$

- Zentrierte Effekte, d.h. die Haupteffekte  $\alpha_i$  und  $\beta_j$  summieren sich jeweils zu Null; die Interaktionseffekte  $\gamma_{ij}$  summieren sich zu Null für alle  $i$  und alle  $j$ .
- Das logistische Modell kann auch für mehr als zwei Risikofaktoren formuliert werden. Abhängige Variable ist stets der Fall-Kontroll-Status (hier Unfallstatus) der Untersuchungseinheit.

## Bewertung mehrerer Risikofaktoren (2)

- Unfallbeteiligungs-Odds, gegeben Fahrer-Altersklasse  $i$  und Fahrer-Geschlecht  $j$  :

$$\Omega_{ij} = p_{ij} / (1 - p_{ij}) = \exp(u_{ij})$$

- Seien  $r$  und  $s$  die Referenzkategorien für die Merkmale Alterklasse und Geschlecht des Pkw-Fahrers
- Odds Ratio (Merkmalskombination  $(i, j)$  verglichen mit  $(r, s)$ ):

$$\Psi_{ij/rs} = \Omega_{ij} / \Omega_{rs} = \exp[(\alpha_i - \alpha_r) + (\beta_j - \beta_s) + (\gamma_{ij} - \gamma_{rs})]$$

## Ergebnisse der Parameterschätzung

- Parameterschätzwerte (SAS-Prozedur CATMOD):

Parameter		Estimate	Standard Error
Intercept ( $\mu$ )		1.8066	0.00565
AGECLASS ( $\alpha$ )	18-24 years	0.8927	0.01100
	25-44 years	0.1219	0.00749
	45-59 years	-0.4591	0.00825
	60-64 years	-0.4593	0.01410
GENDER ( $\beta$ )	female	-0.1293	0.00565
AGECLASS*GENDER ( $\gamma$ )	18-24 years female	-0.0569	0.01100
	25-44 years female	-0.1546	0.00749
	45-59 years female	-0.0476	0.00825
	60-64 years female	0.0612	0.01410

## Odds Ratios für Risikofaktor „Fahrer männlich“

- Beispiel: Chancenverhältnis für Risikofaktor „Fahrer männlich“
  - Odds Ratio (männl. vs. weibl.) *ohne* Variable Alter:  $\psi = 1.43$
  - Einfluss des Faktors Geschlecht auf das Unfallbeteiligungsrisiko hängt von der Altersgruppe ab (Interaktionseffekt signifikant)
  - Altersspezifische Odds Ratios (männlich vs. weiblich)
    - 18-24 Jahre:  $\psi = 1.45 \rightarrow$  männliche Fahrer haben *höheres* Risiko
    - 25-44 Jahre:  $\psi = 1.76$
    - 45-59 Jahre:  $\psi = 1.42$
    - 60-64 Jahre:  $\psi = 1.15$
    - 65+ Jahre:  $\psi = 0.87 \rightarrow$  männliche Fahrer haben *geringeres* Risiko



## ■ Anwendung auf GIDAS-Daten (1)

- Unter dem Modell der Fall-Kontroll-Studie könnten GIDAS-Daten auch für Analysen zur *aktiven Sicherheit* verwendet werden:
  - Fälle aus der GIDAS-Unfalldatenbank
  - Kontrollen aus verschiedenen Quellen:
    - Mobilitätserhebungen mit Erfassung von Fahrten (SrV, MiD)  
→ Analyseebene „Fahrt“
    - Kfz-Register mit technischen Merkmalen des Fahrzeugs (Marke, Alter, Leistung, (sicherheitsrelevante Ausstattung?))  
→ Analyseebene „Fahrzeug-Jahr“



## Anwendung auf GIDAS-Daten (2)

Empirische 2×2-Tabelle auf der Basis von GIDAS-Unfalldaten und Kfz-Registerdaten zur Bewertung der Sicherheitseffekte eines Fahrerassistenzsystems (FAS):

Risikofaktorstatus des Fahrzeugs	mit Unfall - GIDAS -	ohne Unfall - Registerdaten -
- mit FAS	<i>a</i>	<i>c</i>
- ohne FAS	<i>b</i>	<i>d</i>

Das Unfallvermeidungspotential des FAS kann durch das Chancenverhältnis  $\psi$  (mit FAS vs. ohne FAS) gemessen werden.

Problem: Ausstattungsmerkmale nicht direkt im Register enthalten;  
nachträgl. Datenergänzung über Hersteller-/Typ-Kennziffer

## **Kontakt**daten

- [h.hautzinger@ivt-heilbronn.de](mailto:h.hautzinger@ivt-heilbronn.de)
- [www.ivt-verkehrsforschung.de](http://www.ivt-verkehrsforschung.de)
  
- [www.trace-project.org](http://www.trace-project.org)

