

# Fahrradhelm

Dr.-Ing. Matthias Kühn  
Unfallforschung der Versicherer (UDV)  
Leiter Fahrzeugsicherheit

Berlin, 16.10.2014

# Fahrradhelm

## **Ziel des Projektes:**

Analyse der Schutzwirkung von Fahrradhelmen und Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung des Schutzpotentials.

## **Projektlaufzeit:**

9/2011- 9/2014

## **Projektpartner:**

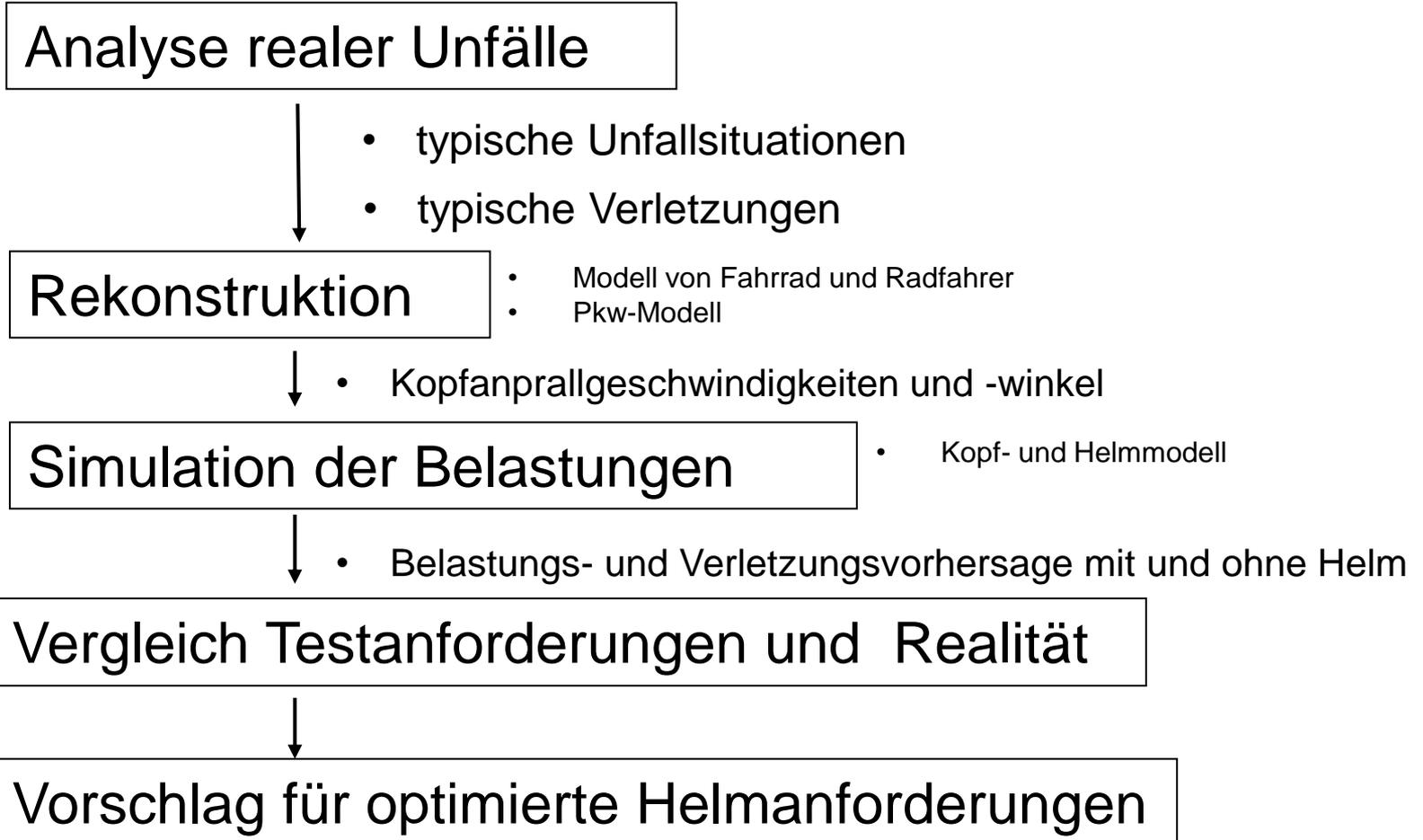
Ludwig-Maximilians-Universität München

Universitätsklinikum Münster

# Inhalt

- Analyse realer Unfälle
- Rekonstruktion
- Simulation der Belastungen
- Vergleich Testanforderungen und Realität
- Fazit

# Methode



# Methode



## Verletzte Radfahrer: Fallmaterial und Dokumentation

in einem Klinikum behandelte, verletzte Radfahrer (RF), vor allem mit Kopfverletzungen (stationär und ambulant)

- Zwei Kliniken, Münster und München, von Mai 2012 bis April 2013
  - Demografische Daten
  - Verletzungsdokumentation durch das Klinikum, nach AIS 2008 Kodierung durch das Personal
  - Unfallumstände dokumentiert durch Patienten (Fragebogen)
  - Zusätzliche Informationen durch die Polizei, Rettungskräfte etc.

# Methode

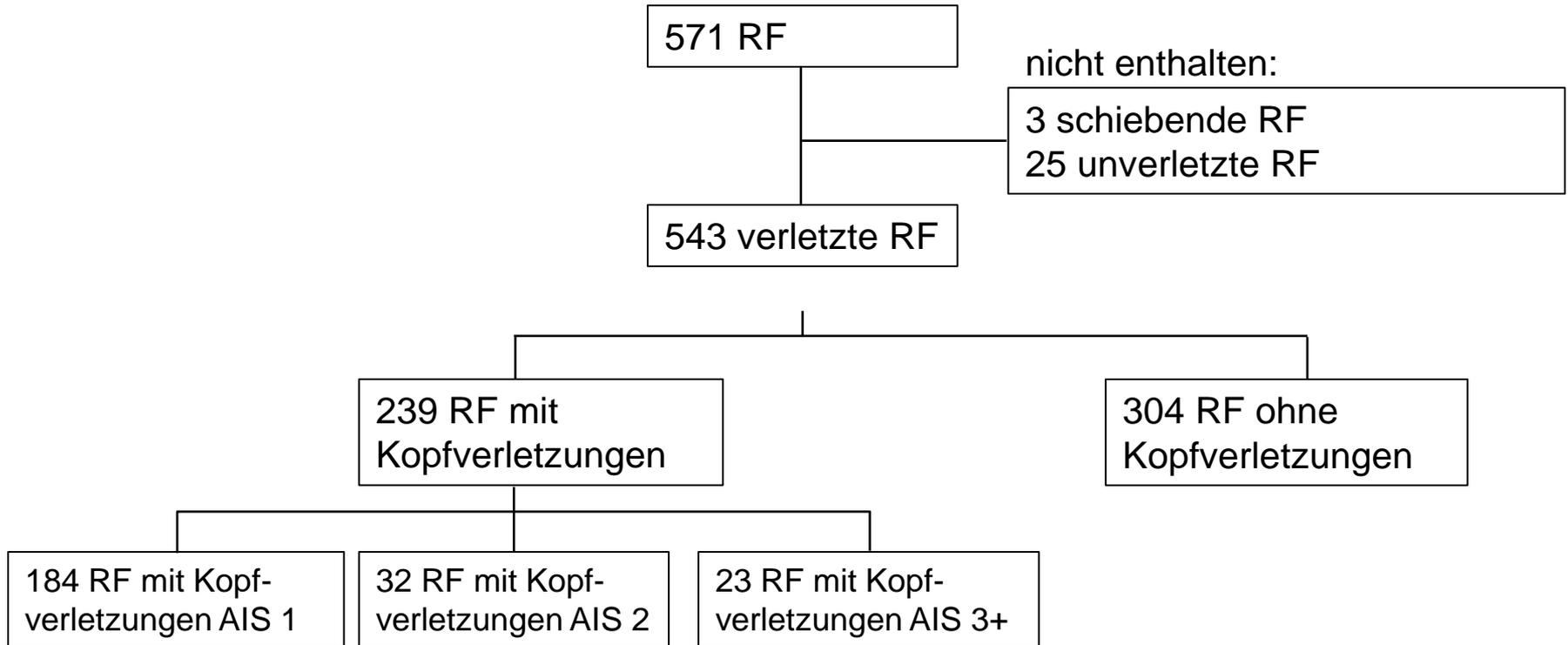


## Getötete Radfahrer: Fallmaterial und Dokumentation

Obduzierte RF bei Rechtsmedizin der LMU München

- Zeitraum 2003 - 2009
- 117 getötete RF, davon 6 mit Helm
  - Demografische Daten
  - Verletzungsdokumentation durch Rechtsmedizin
  - Unfallumstände dokumentiert durch Ermittlungsakten

# Verletzte Radfahrer: Fallmaterial

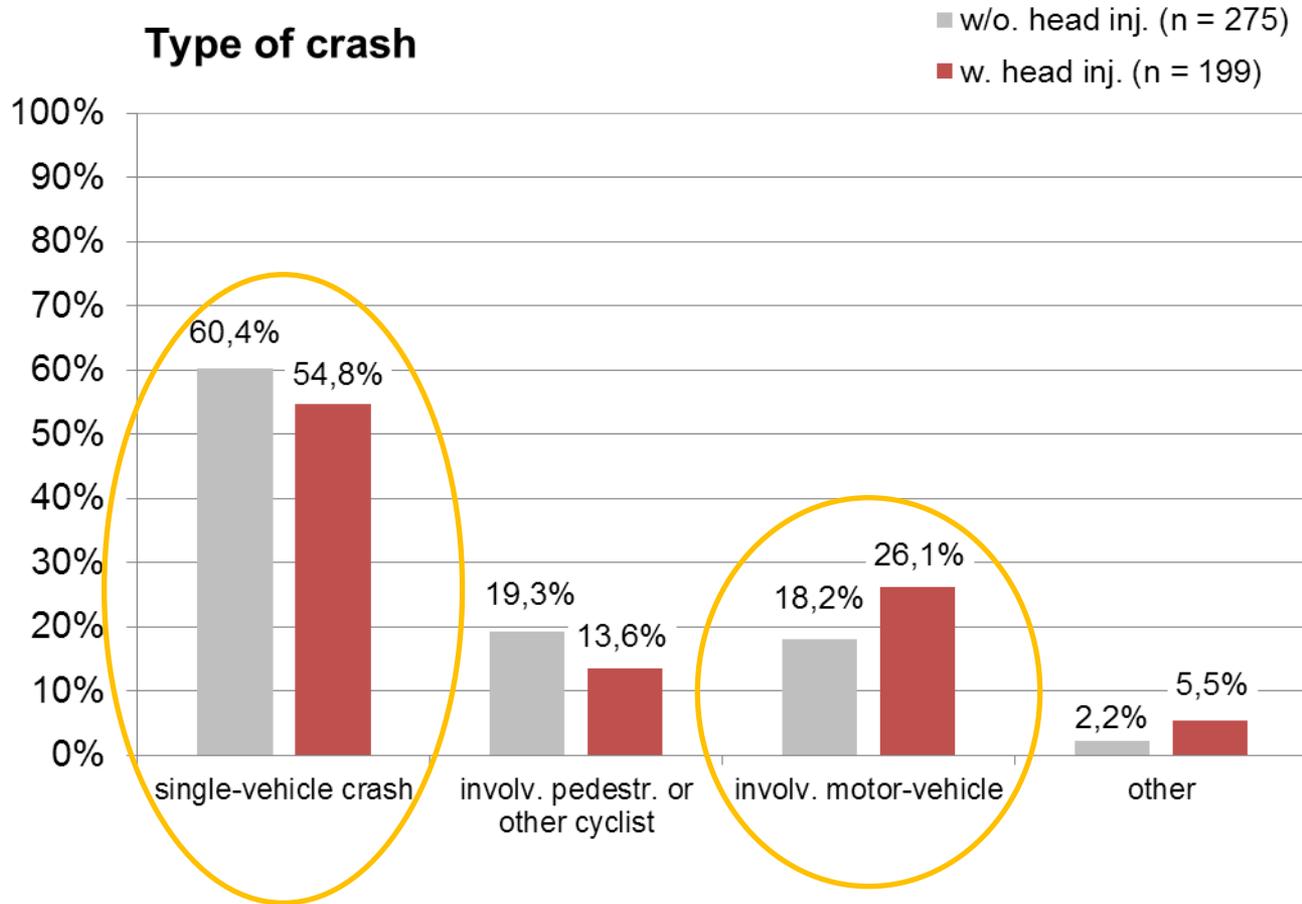


- Beachte: „Kopfverletzungen“ beinhalten hier auch Verletzungen der Schädel- und Gehirnregion als auch des Gesichts

# Verletzte Radfahrer: Ergebnisse



## RF ohne vs. mit Kopfverletzungen

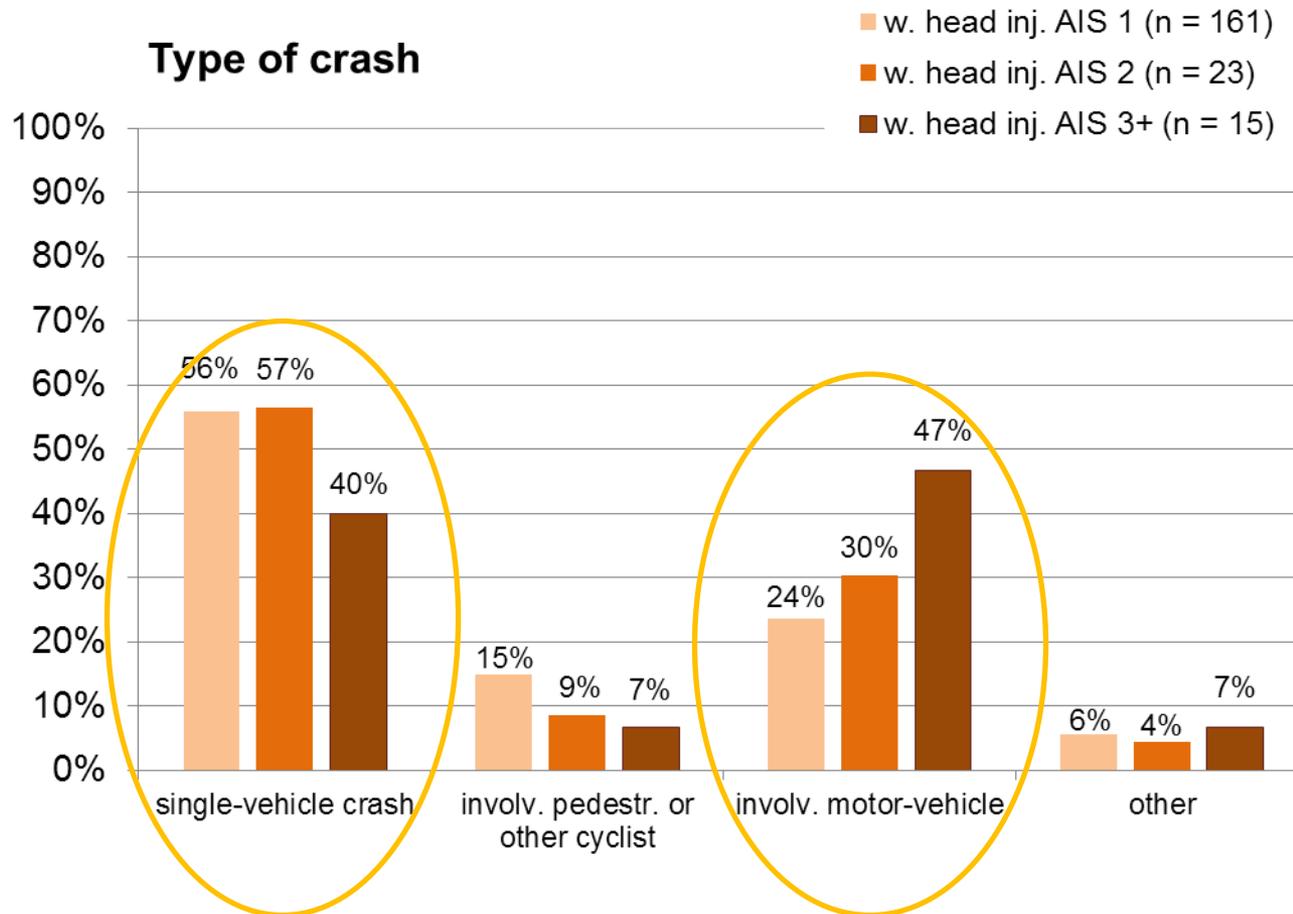


- Signifikante Unterschiede bei Unfällen mit Kraftfahrzeugen ( $p < 0.05$ )

# Verletzte Radfahrer: Ergebnisse



## RF mit Kopfverletzungen nach Kopfverletzungsschwere

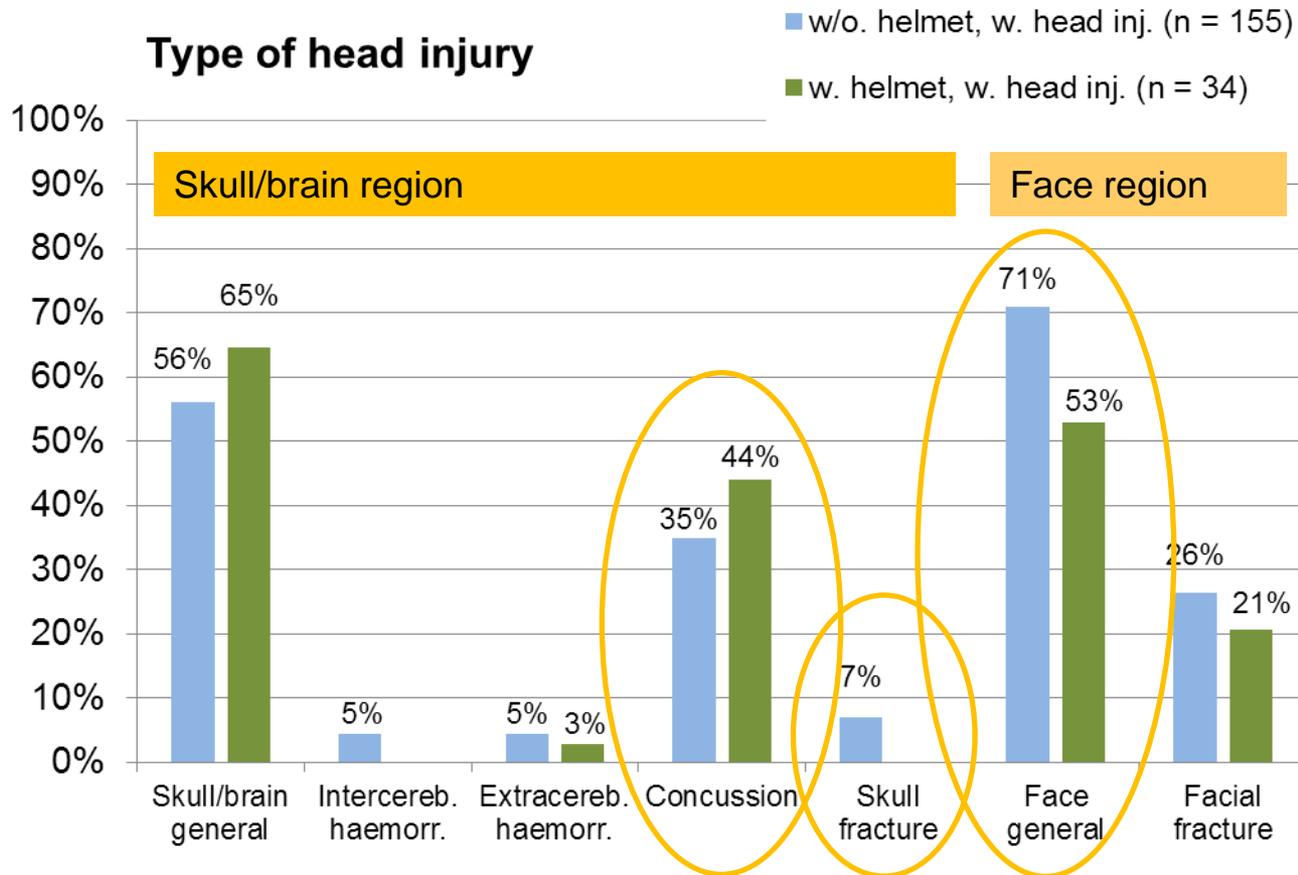


- Risiko für AIS 3+ Kopfverletzungen steigt bei Kfz-Beteiligung

# Verletzte Radfahrer: Ergebnisse



## Kopfverletzte RF ohne vs. mit Helm



- Risiko für Gesichtsverletzungen signifikant reduziert bei Helmträgern ( $p < 0.05$ )
- Bei Helmträgern größerer Anteil an Gehirnerschütterungen (nicht signifikant)
- Keine Schädelfrakturen bei Helmträgern



## Verletzte Radfahrer: Fazit

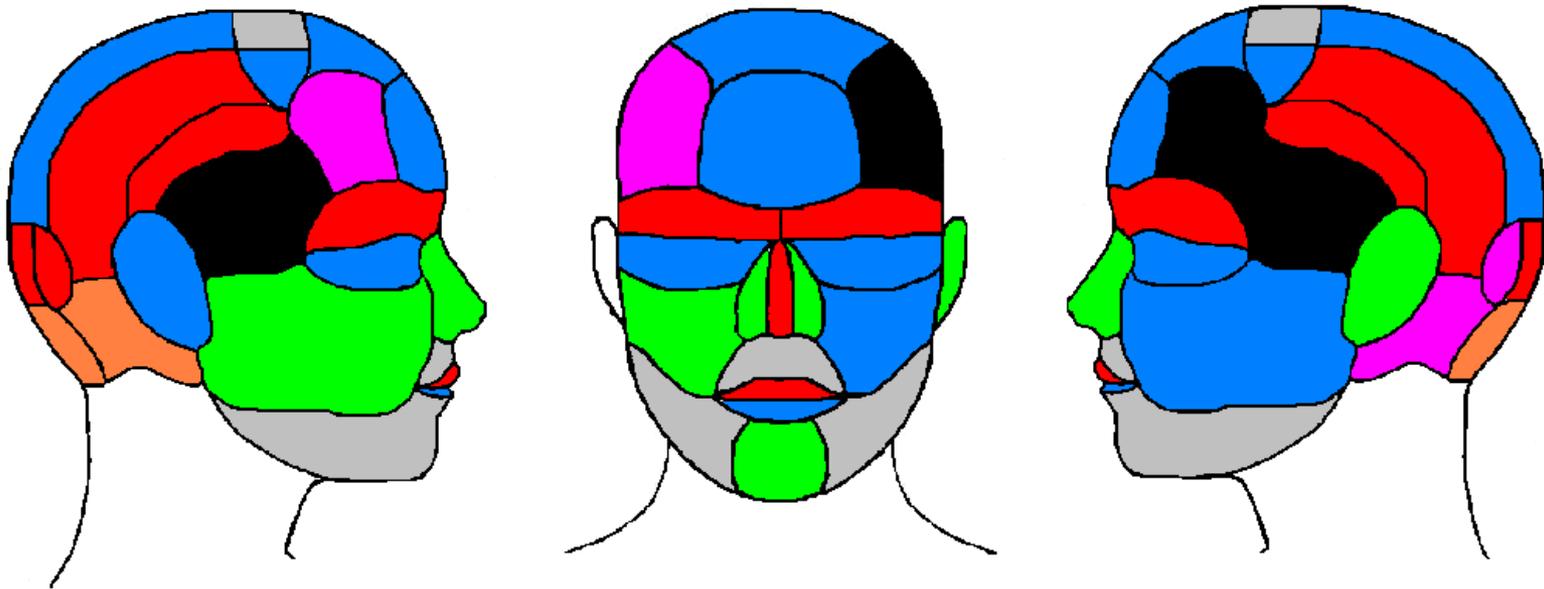
- Radfahrer mittleren Alters offenbar mit höherem Risiko für Kopfverletzungen im Allgemeinen.
- Ältere auffällig unter Radfahrern mit schweren Kopfverletzungen AIS 3+
- Alleinunfälle Hauptursache für Kopfverletzungen im Allgemeinen
- Kollisionen mit Kfz bedeutsam für schwere Kopfverletzungen AIS 3+
- Kopfanprall erfolgt bei Kopfverletzungen allgemein offenbar häufig in der Stirnregion und Stirn-Schläfen-Region
- Senkung des Risikos schwerer Kopfverletzungen (AIS 3+) bei Helmträgern führt evtl. zu Erhöhung des Risikos für leichte Gehirnerschütterung (AIS 1)
- Radfahrer, die schneller unterwegs sind, sind einem höheren Kopfverletzungsrisiko ausgesetzt, tragen aber auch öfter einen Helm



## Getötete Radfahrer: Ergebnisse und Fazit

- Der Kopf ist bei getöteten Radfahrern in 96% aller Fälle betroffen
- Todesursache ist in über 50% ein Schädelhirntrauma
- Wenn der Kopf verletzt ist, ist er meist auch die am schwersten verletzte Körperregion
- Helmtragequote: 5% (6 von 117 getöteten RF)

# Getötete RF: Auswertung der Kopfanprallpunkte



30% und größer 25% bis <30% 20% bis <25% 15% bis <20% 10% bis <15% 5% bis <10% 0% bis <5%

\* Getötetendatenbank LMU, n=90, kein Helm getragen, oberflächliche Kopfverletzungen, Fälle mit Zertrümmerung des gesamten Schädels ausgeschlossen



## Getötete RF: Auswertung der Kopfanprallpunkte

- Der Bereich des Scheitels wird im realen Unfallgeschehen selten getroffen
- Der Schläfenbereich und die untere Stirn (die teilweise außerhalb der aktuellen Prüfzone liegen) sind bei getöteten Radfahrern häufiger betroffen
- Dominanz von Anprallstellen an Schläfen und Hinterkopf spiegelt vermutlich größere Verletzlichkeit dieser Region und schwerere Kollisionsszenarien (Anfahren durch Kfz. von Seite oder von hinten) wieder



# Ergebnisse der Analyse der Unfallsituationen

## Basierend auf allen verletzten und getöteten RF im Fallmaterial

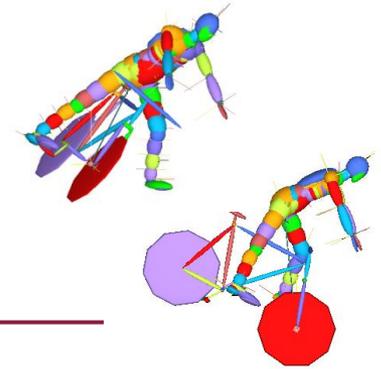
- Bei Unfällen mit verletzten Fahrradfahrern dominiert der Alleinunfall (ca. 50%)
- Bei Unfällen mit getöteten wie auch bei RF mit schweren (Kopf)Verletzungen dominieren Kollisionen mit Kfz.
- Typische Unfallmechanismen des Alleinunfalls sind:
  - Sturz seitlich
  - Sturz über den Lenker



# Überführung der Ergebnisse der Unfallsituationen in die Rekonstruktion

Als typische Szenarien werden mit Madymo\* rekonstruiert:

- 1a)** Alleinunfall, Sturz seitlich
- 1b)** Alleinunfall, Sturz über Lenker



- 
- 2a)** Kollision Pkw-Front gegen Fahrrad seitlich bei geringer Geschwindigkeit ( $v_{Fzg}=15$  km/h)
  - 2b)** Kollision Pkw-Front gegen Fahrrad seitlich bei mittlerer Geschwindigkeit ( $v_{Fzg}=40$  km/h)

\* Mehrkörpersimulationssoftware

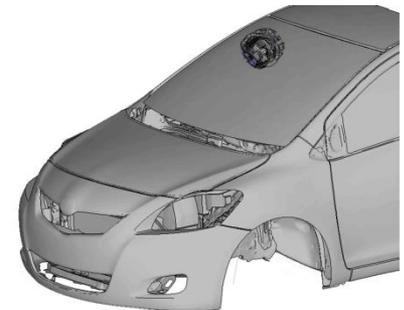


# FE\*-Simulationen mit Kopf- und Helmmodell

Durchgeführte Simulationen:

- 1 {
- Alleinunfall, seitlich
  - Alleinunfall, über Lenker

- 2 {
- Kollision Pkw, Kopf gegen Dachkante
  - Kollision Pkw, Kopf gegen Bordsteinkante
  - Kollision Pkw, Kopf gegen Motorhaube, weicher Bereich
  - Kollision Pkw, Kopf gegen Motorhaube, steifer Bereich
  - Kollision Pkw, Kopf gegen Windschutzscheibe, weicher Bereich
  - Kollision Pkw, Kopf gegen Windschutzscheibe, steifer Bereich



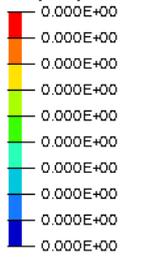
\* Finite-Elemente-Methode



# FE-Simulationen mit Kopf- und Helmmodell

Beispiel: Alleinunfall, seitlich, Kopfanprallwinkel am Boden ca. 70°,  
Kopfanprallgeschwindigkeit ca. 15 km/h

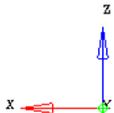
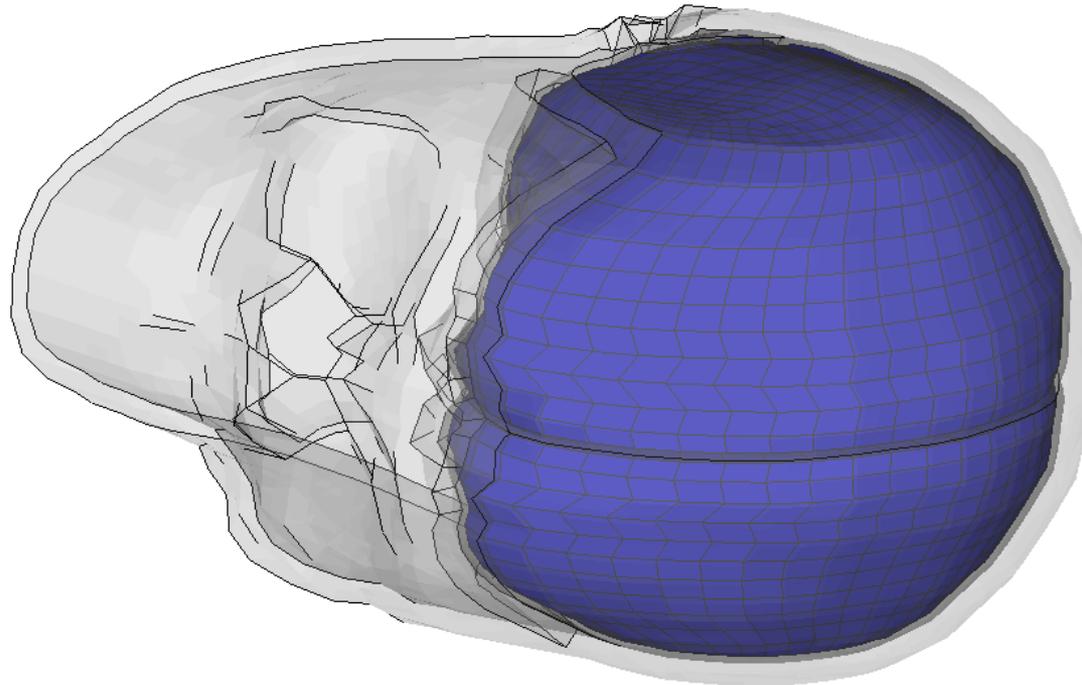
Contour Plot  
Stress(vonMises, Max)  
Analysis system



A vertical color scale legend for stress. It consists of a vertical bar with a color gradient from red at the top to blue at the bottom. The colors transition through orange, yellow, green, and cyan. The values are listed on the left side of the bar.

0.000E+00  
No result

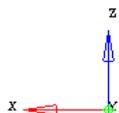
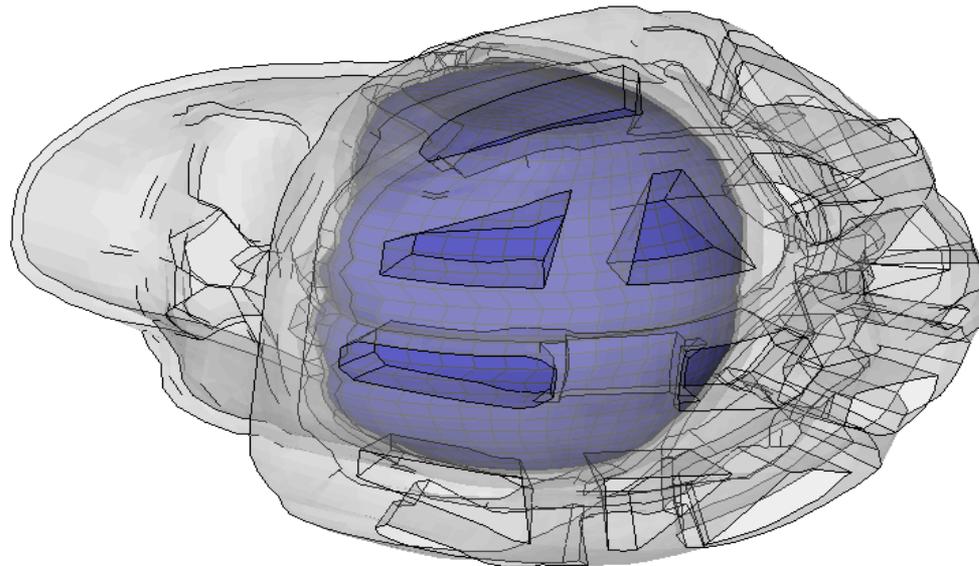
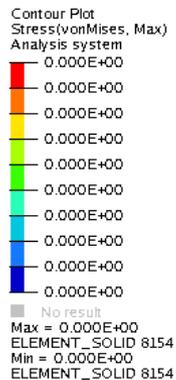
Max = 0.000E+00  
ELEMENT\_SOLID 8154  
Min = 0.000E+00  
ELEMENT\_SOLID 8154





# FE-Simulationen mit Kopf- und Helmmodell

Beispiel: Alleinunfall, seitlich, Kopfanprallwinkel am Boden ca. 70°,  
Kopfanprallgeschwindigkeit ca. 15 km/h





## Ergebnisse der FE-Simulationen

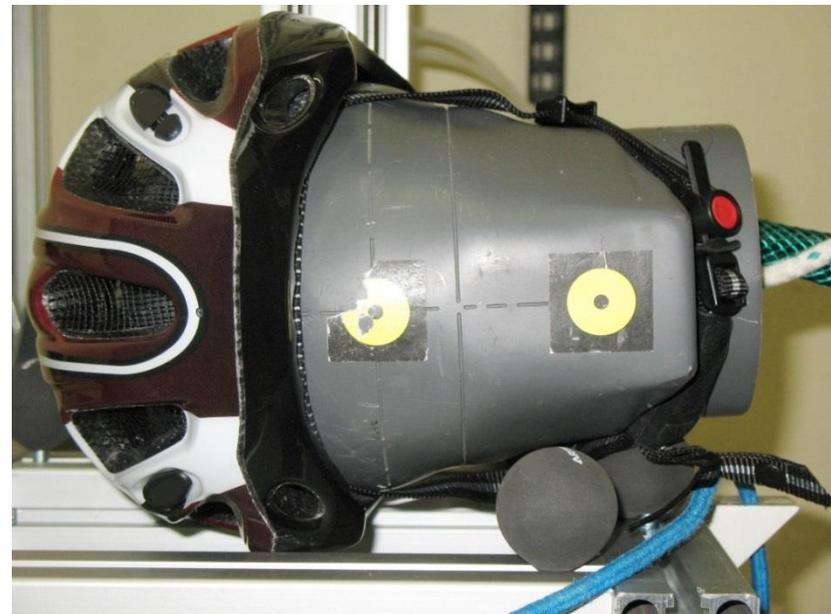
- Beispielhafte Ermittlung des Risikos für schwere Schädel/Hirn – Verletzungen:
  - Mäßig schwerer diffuser axonaler Schaden (Bewusstlosigkeit 6 - 24 h)
  - Schwerer axonaler Schaden (Bewusstlosigkeit > 24 h)
  - Subdurales Hämatom (Blutung unter der harten Hirnhaut)
  - Schädelfraktur
- Deutliche Reduktion der prognostizierten Belastungswerte mit Helm und reduziertes Risiko für das Eintreten der betreffenden Schädel/Hirn-Verletzungen
- Aber: Die durchgeführte Simulationen betrachten nicht alle Verletzungsmechanismen! Daher ist eine abschließende Beurteilung der Schutzwirkung des Helmes nicht möglich.



# Vergleich Testanforderungen und Realität

## Helmaufprallversuche: Fazit

- Bei Test nach EN 1078 erhebliche Sicherheitsmarge zum Grenzwert
- Reduzierte Energieabsorptionsfähigkeit bei Anprall oben (Scheitel) und seitlichem Anprall (temporal)
- Bei Erhöhung der Aufprallgeschwindigkeit (entspricht etwa RF/Pkw-Kollision) werden Grenzwerte deutlich überschritten
- Beschleunigungsmessungen mit Prüfkopf und mit Dummy-Kopf (Hybrid III) liefern vergleichbare Ergebnisse, auch für HIC-Wert





## Fazit und Forderungen

- Der Helm schützt!
- Gegen die Folgen eines Alleinunfalls schützen heutige Helme sehr gut.
- Die Schutzwirkung hat Grenzen. Vor allem bei RF/Fahrzeug-Kollisionen im höheren Geschwindigkeitsbereich gerät der Helm an seine Grenzen.
- Der Schutzbereich der Helme sollte ausgeweitet werden. So könnten noch mehr Verletzungen adressiert werden.