

---

SVV Projektteam

ASA | SVV

Schweizerischer Versicherungsverband  
Association Suisse d'Assurances  
Associazione Svizzera d'Assicurazioni



# Einfluss des ABS auf den Kollisionsverlauf

*Influence of the anti-lock  
braking system (ABS) on the  
collision process*

Raphael Murri, head of passive safety

Fabian Aschwanden, engineer of passive safety

Bernhard Gerster, COO

# Inhalt *Content*

1. Crashversuche SVV  
*Crash tests SVV (Swiss Assurance Association)*
2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen  
*Reproducibility of ABS braking*
3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik  
*ABS-influence on collision kinematics*
4. Zusammenfassung  
*Summary*

# 1. Crashversuche SVV

## 1. Crash tests SVV

- Seit 2001 gegen 100 Crashtests im niedrigen Geschwindigkeitsbereich
  - *Since 2001 nearly 100 low velocity crash test*
- Referenzdaten für Unfallanalytiker
  - *Reference data for accident analysts*
- Kostenlose DB auf [www.agu.ch](http://www.agu.ch)
  - *Database on www.agu.ch free of charge*
- Aktuellste Fahrzeugmodelle, höchstens 3-jährig
  - *Most current vehicle models*
- Heck Fahrzeug-Fahrzeug Auffahrkollisionen
  - *Car to car rear collisions*
- Schleudertrauma (HWS) Unfälle:  $\Delta 10.5 \text{ km/h} \pm 0.5 \text{ km/h}$  am gest. Fz
  - *Whiplash accidents:  $\Delta v 10.5 \text{ km/h} \pm 0.5 \text{ km/h}$  to pushed vehicle*
- Realitätsnaher Kollisionsablauf, stossende Fz gebremst
  - *Realistic collision process, impacting vehicle is braked*

# 1. Crashversuche SVV

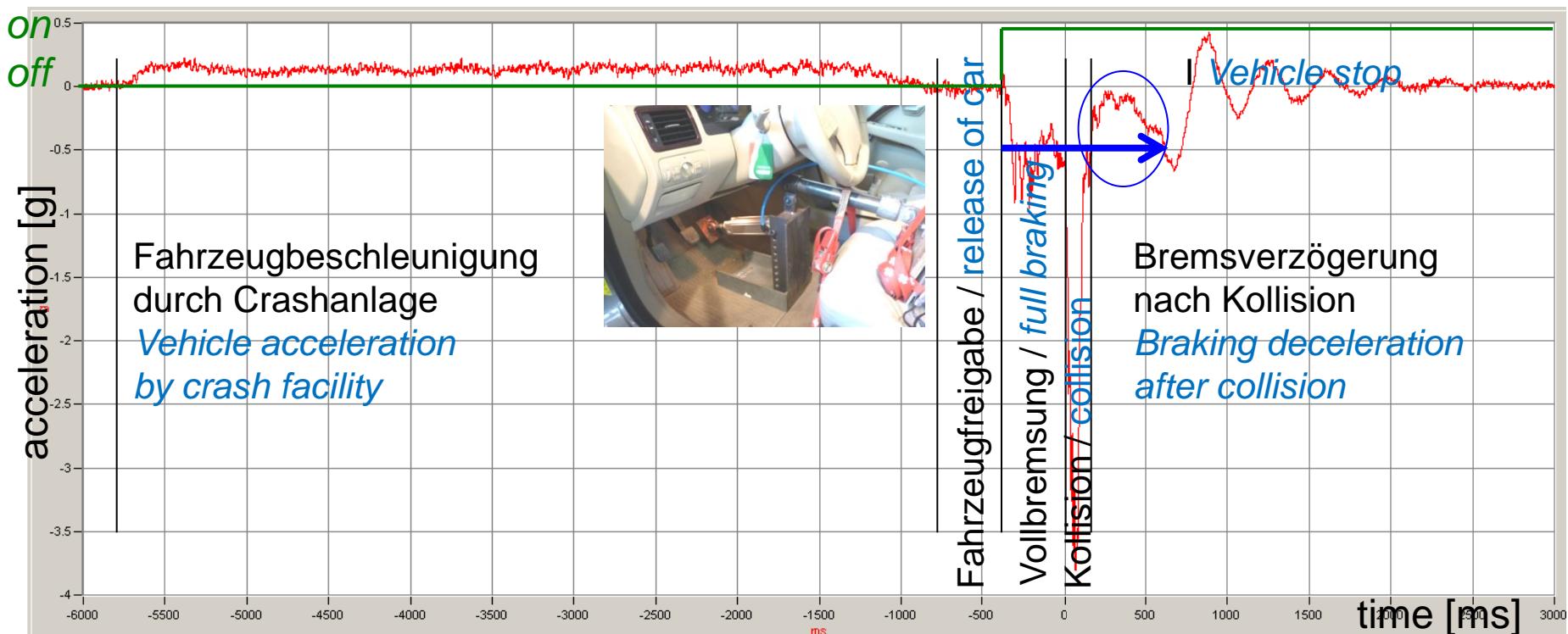
## 1. Crash tests SVV

Crashablauf  
*Crash procedure*



Example: HS79 Volvo S80 – Hyundai i10

Brake



# 1. Crashversuche SVV

## 1. Crash tests SVV

Crashablauf

*Crash procedure*

*Example: HS79 Volvo S80 – Hyundai i10*



# 1. Crashversuche SVV

## 1. Crash tests SVV

Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit SVV-Serie V  
*Calculation of collision velocity for SVV-serie V*

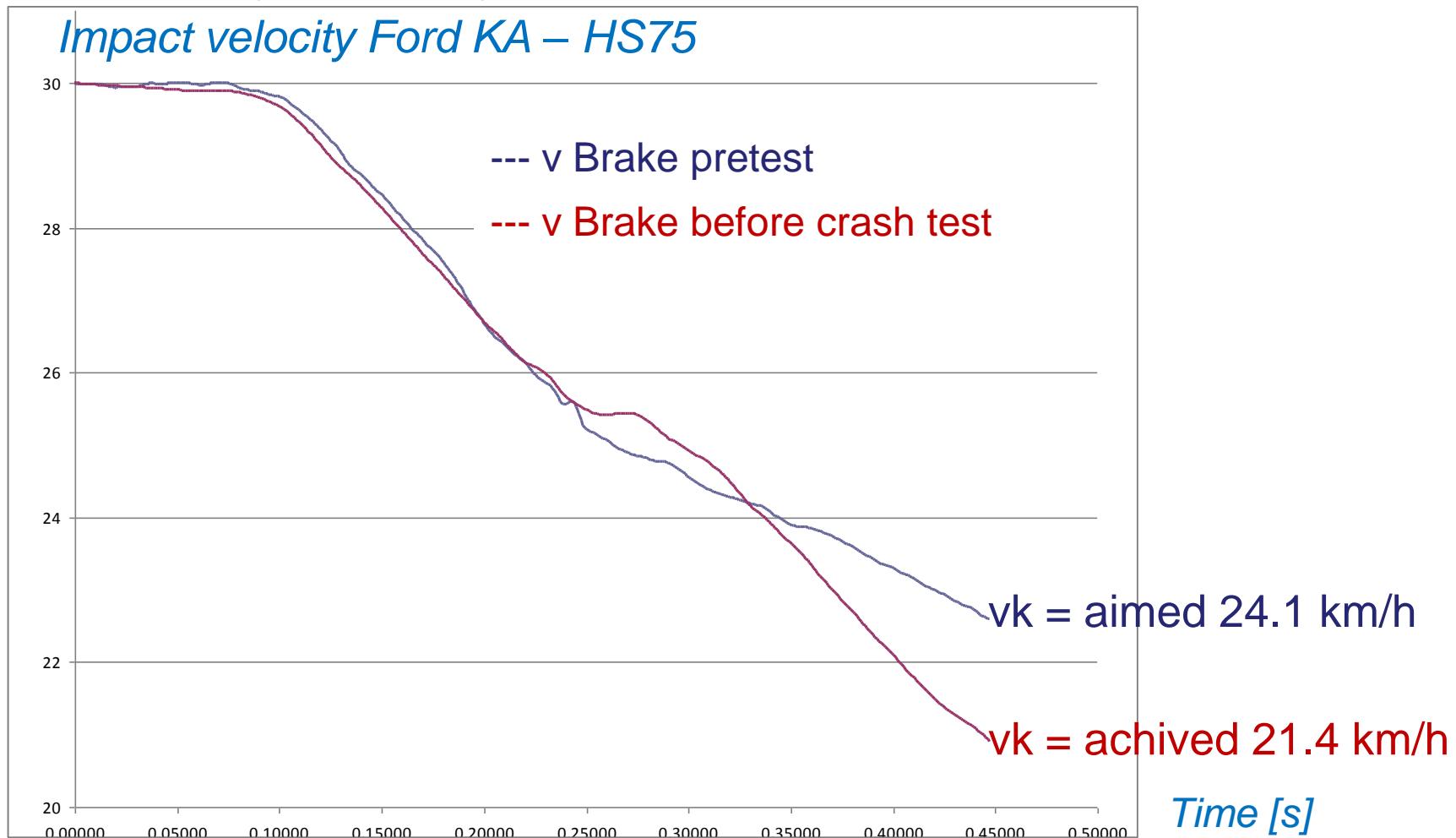
→ Mittelwert der Berechnungen von 6 Unfallanalytikern  
*→ Average of calculations from 6 accident analysts*

|      | Impacting vehicle         | Pushed vehicle            | Overlap | cv [km/h] | sdv [km/h] | standard deviation           |
|------|---------------------------|---------------------------|---------|-----------|------------|------------------------------|
| HS74 | Renault_MeganeGrandScenic | Ford_Ka                   | 20%     | 18.4      | 0.8        |                              |
| HS75 | Ford_Ka                   | Renault_MeganeGrandScenic | 100%    | 24.1      | 1.2        |                              |
| HS76 | Ford_FocusCaravan_1       | Ford_FocusCaravan_2       | 50%     | 20.0      | 1.6        |                              |
| HS77 | Ford_FocusCaravan_2       | Ford_FocusCaravan_1       | 100%    | 17.7      | 0.5        | $\Delta v 11.1 \text{ km/h}$ |
| HS78 | Renault_MeganeGrandScenic | Ford_Ka                   | 30%     | 17.5      | 0.7        |                              |
| HS79 | Volvo_S80                 | Hyundai_i10               | 100%    | 15.4      | 0.3        | $\Delta v 10.8 \text{ km/h}$ |
| HS80 | Hyundai_i10               | Volvo_S80                 | 100%    | 22.6      | 0.9        |                              |
| HS81 | Mazda_3                   | Mercedes_C_230_Coupe      | 100%    | 19.7      | 0.3        | $\Delta v 10.4 \text{ km/h}$ |
| HS82 | Mercedes_C_230_Coupe      | Mazda_3                   | 100%    | 16.9      | 0.3        | $\Delta v 9.3 \text{ km/h}$  |
| HS83 | Citroen_C4                | Opel_Vectra_Kombi         | 100%    | 17.7      | 0.5        |                              |
| HS84 | Hyundai_i20               | Citroen_C4                | 100%    | 21.6      | 0.9        | $\Delta v 8.6 \text{ km/h}$  |
| HS85 | Opel_Vectra_Kombi         | Hyundai_i20               | 100%    | 16.2      | 0.9        |                              |

# 1. Crashversuche SVV

## 1. Crash tests SVV

Kollisionsgeschwindigkeit Ford KA – HS75



## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

Bachelorarbeit Regazzoni / Rosina 2013 BFH-TI

*Bachelor Thesis Regazzoni / Rosina 2013 BFH-TI*

- Bremsversuche aus 30 km/h

- *Braking tests with 30 km/h*

-  $\mu$  homogen

-  *$\mu$  homogenous*

- Trockene / Nasse Fahrbahn

- *Dry / wet road*

- Bremse kalt / heiss

- *Brake cold / hot*

- Jeweils 9 Messungen (Mittelwert  $\pm s$ )

- *Each 9 measurements (mean  $\pm s$ )*



## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

**Vermutung 1:**

***Assumption 1:***

- In Kleinwagen werden aus Kostengründen „low-cost-ABS“ eingesetzt.
- „*Low - cost - ABS*“ are installed in small vehicles for financial reasons.
- Eine schlechtere ABS-Regelung führt zu einer grösseren Streuung der Fahrzeugverzögerung.
- *A poor ABS-control leads to a increased distribution of the vehicle deceleration.*
- Bei gebremsten Heck-Auffahrkollisionen führt dies zu einer Abweichung der angestrebten Kollisionsgeschwindigkeit.
- *This results in a deviation of the aimed impact velocity for braked rear impact collisions.*
- Sicherheitseinbusse bei Kleinwagen im realen Unfallgeschehen.
- *Safety loss in real accident occurrence with small vehicles.*

## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

Testfahrzeuge:

*Test vehicles:*

- Opel Insignia (Mittelklasse als Referenz): TRW EBC400 ESP
- *Opel Insignia (mid-range vehicles as reference): TRW EBC400 ESP*
- Ford KA (wie HS75): ABS Bosch 8.1
- *Ford KA (same as HS75): ABS Bosch 8.1*
- Peugeot 107: ABS Bosch 8.0
- *Peugeot 107: ABS Bosch 8.0*
- Kia Picanto: Hyundai Mobis MEB3
- *Kia Picanto: Hyundai Mobis MEB3*

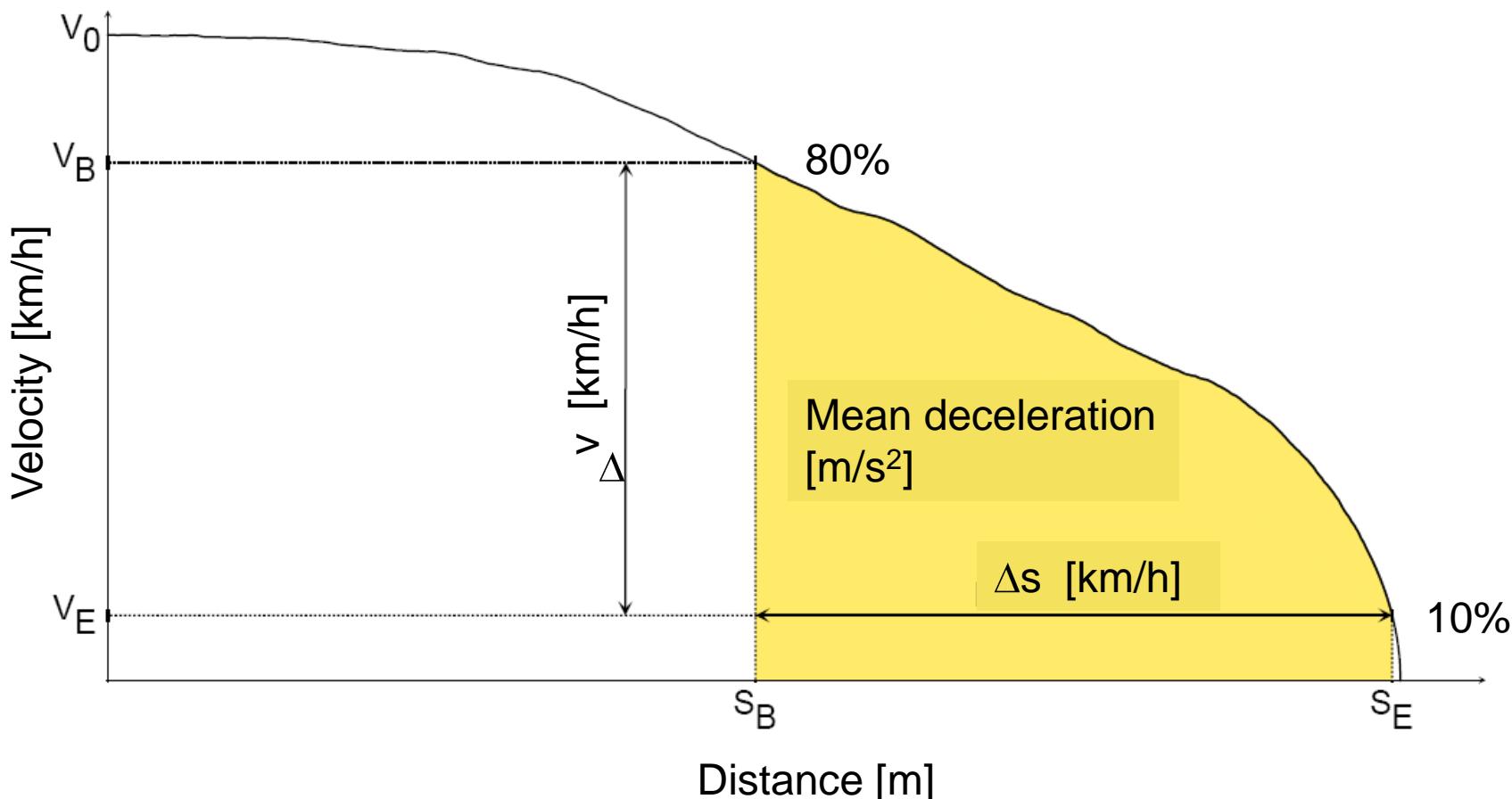


Ford KA auf nasser Fahrbahn  
*Ford KA on wet road*

## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

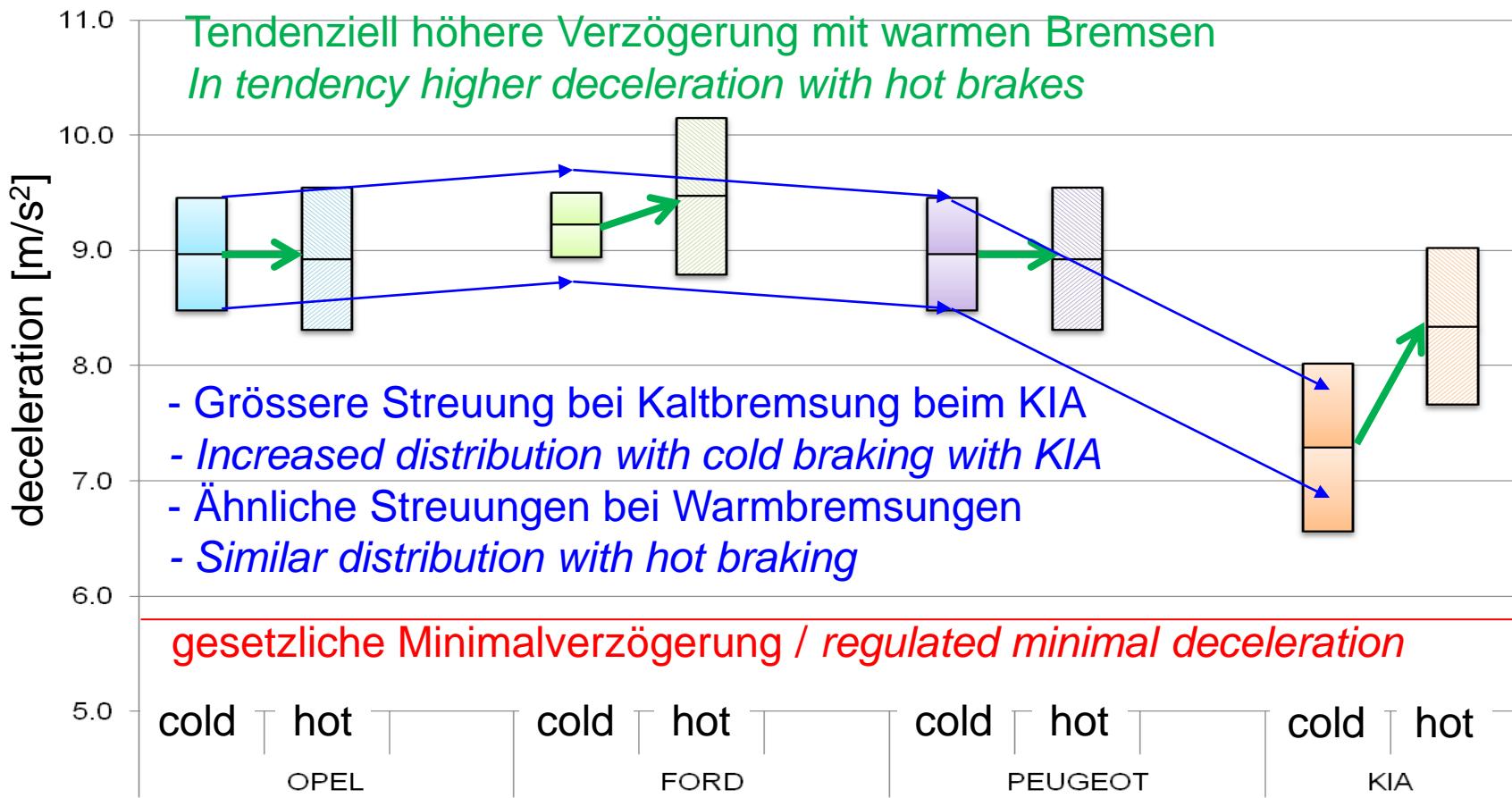
Mittlere Bremsverzögerung  
*Mean brake deceleration*



## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

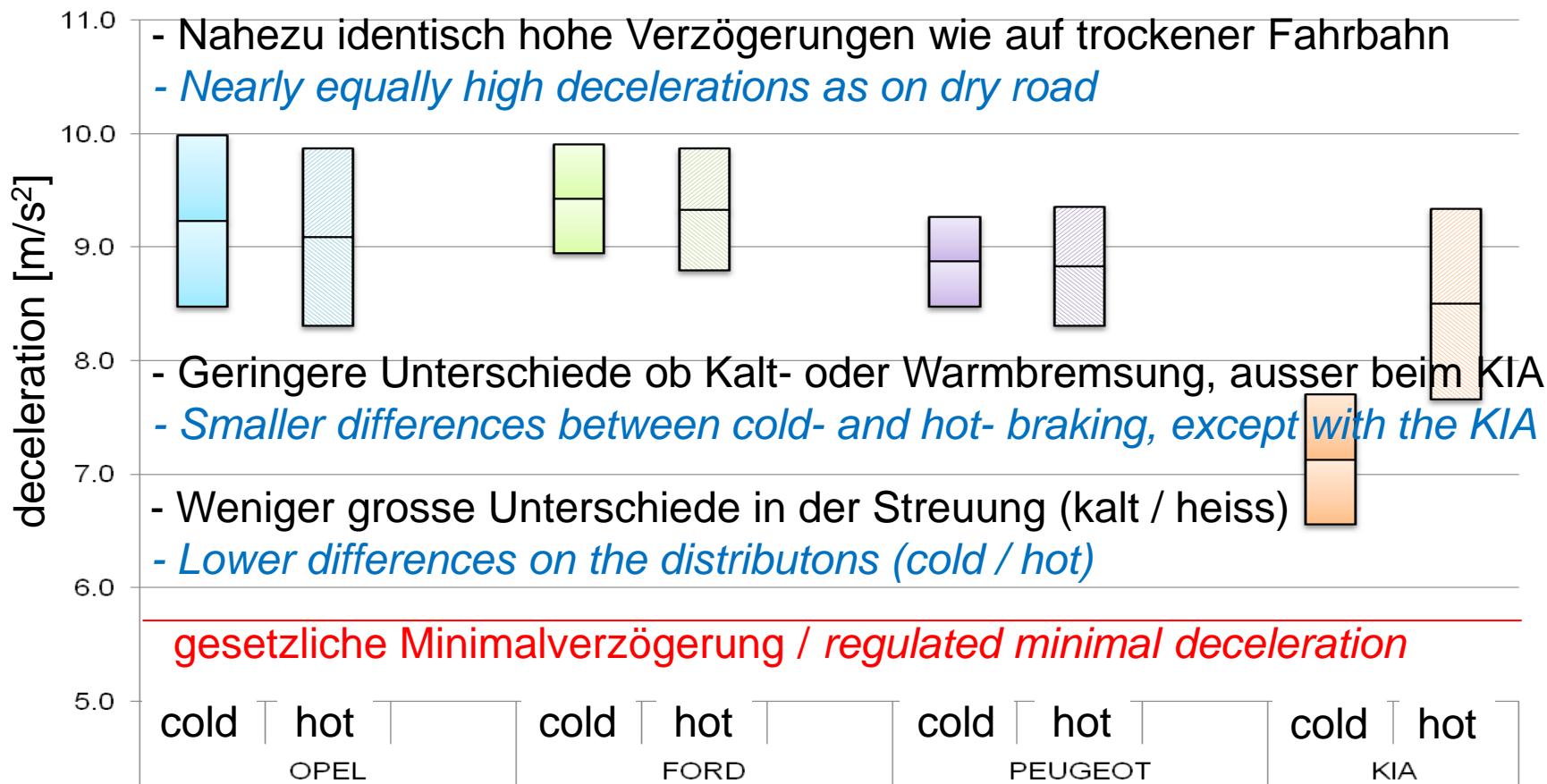
Mittlere Bremsverzögerung auf trockener Fahrbahn  
*Deceleration on dry road*



## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

Mittlere Bremsverzögerung auf nasser Fahrbahn  
*Deceleration on dry road*



## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

Erkenntnisse:

*Conclusions:*

- Kia Picanto weist mit kalten Bremsen deutlich geringere Verzögerungen auf, als die anderen.  
→ Dies ist nicht auf die Qualität des ABS zurückzuführen.
- *KIA Picato showed with cold brakes clearly lower decelerations, compared with the others.*  
→ *This is not attributed to the quality of the ABS.*
- Die grössze der Streuung ist unabhängig von der Fahrzeugklasse (nur ein Mittelklasse-Fahrzeug gemessen).  
→ Es sind keine Effekte durch ein „low-cost-ABS“ festzustellen.
- *The quantity of the distribution is independent of the vehicle class (only one mid-range vehicle was measured).*  
→ *No effects due to „low-cost-ABS“ could be observed.*

## 2. Reproduzierbarkeit ABS-Bremsungen

### 2. *Reproducibility of ABS braking*

Erkenntnisse:

*Conclusions:*

- Grösste Streuungen bei Kaltbremsungen.  
→ Bei gebremsten Heckauftaktkollisionen muss mit einer erhöhten Ungenauigkeit der Kollisionsgeschwindigkeit gerechnet werden.
- *Highest distribution with cold braking.*  
→ *For braked rear impact collisions a higher inaccuracy must be accepted.*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

**Vermutung 2:**

**Assumption 2:**

- ABS vermindert Bremsdruck aufgrund unplausiblen Raddrehzahlen.  
- *ABS reduces the brake pressure due to implausible wheel speed.*
- Beeinflussung der in der Kollision umgesetzten Energie (Energiebilanz).  
- *Influence of the energy quantity during the collision (balance of energy).*
- Erhöhung der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung am gestossenen Fahrzeug.  
- *Increase of the velocity change to the pushed vehicle during the impact.*
- Erhöhtes HWS-Verletzungsrisiko im realen Unfallgeschehen.  
- *Increased whip-lash injury risk in real accident occurrence.*
- Grössere Fahrzeugbeschädigungen.  
- *Higher damages to the vehicle.*
- Erhöhtes Risiko für Sekundärkollision.  
- *Increased risk for a secondary impact.*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Ermittlung der ABS-Regelung im Rahmen der SVV Crashserie VI:  
*Determination of the ABS-control during the SVV crash series VI:*

- 12 Crashtests mit Bremsdruckmessung durchgeführt.  
- *12 crash tests with measurement of the brake pressure performed.*
  - Kollisionsgeschwindigkeit 16 - 23 km/h  
- *Impact velocity 16 - 23 km/h*
  - Kostengünstige Lösung  
- *Cost efficient solution*
  - Geringer Vorbereitungsaufwand  
- *Slight preparation effort*
- 
- Varianten:  
*Possibilities:*
- Messung hydraulischer Druck  
- *Hydraulic pressure recording*
  - Strommessung der Regelventile  
- *Current recording of control valve*
  - Raddrehzahl  
- *Wheel speed*
  - Dehnung der Bremsschläuche  
- *Elongation of brake tubes*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

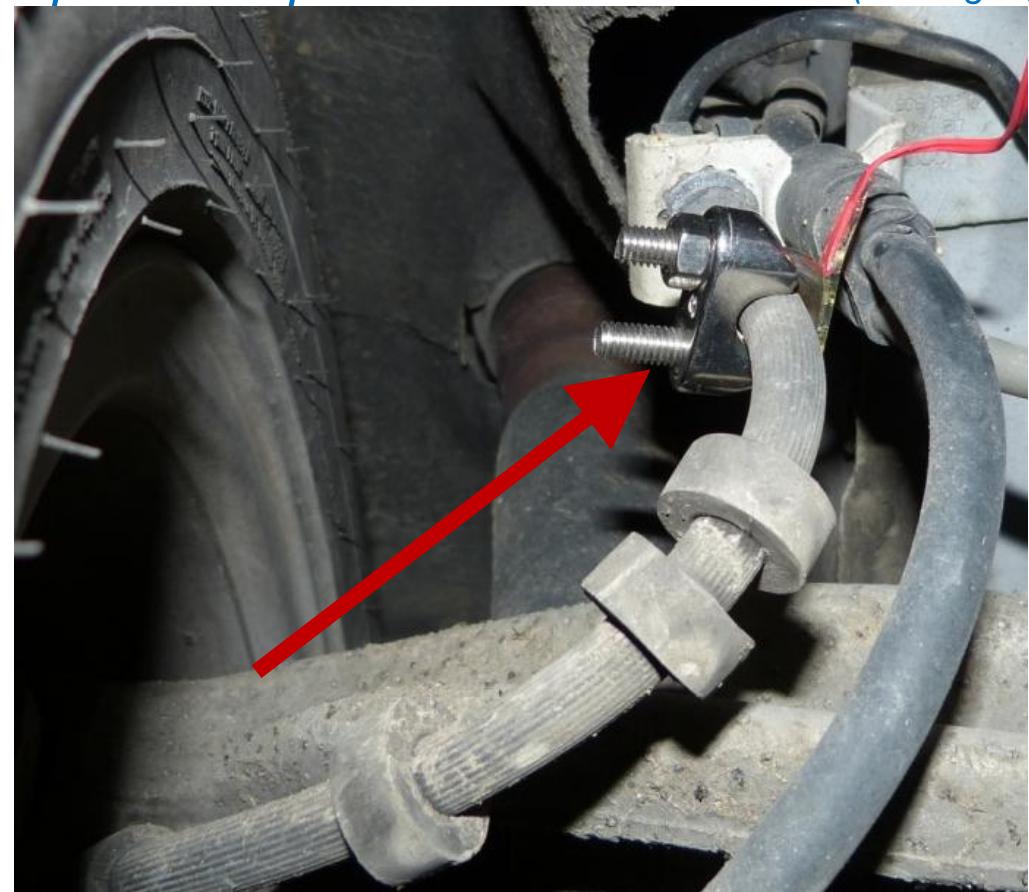
Dehnung der Bremsschläuche = qualitative Druckmessung (DMS)  
*Elongation of brake tubes = qualitative pressure measurement (strain gauge)*

- Alle 4 Räder
- *All 4 wheels*
- Brems-Vorversuch als Referenz
- *Brake pre test as reference*
- Dazu Crash-Daten
- *In addition crash-data*

Nachteil:

*Disadvantage:*

- Sensormasse
- *Masse of sensor*



### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

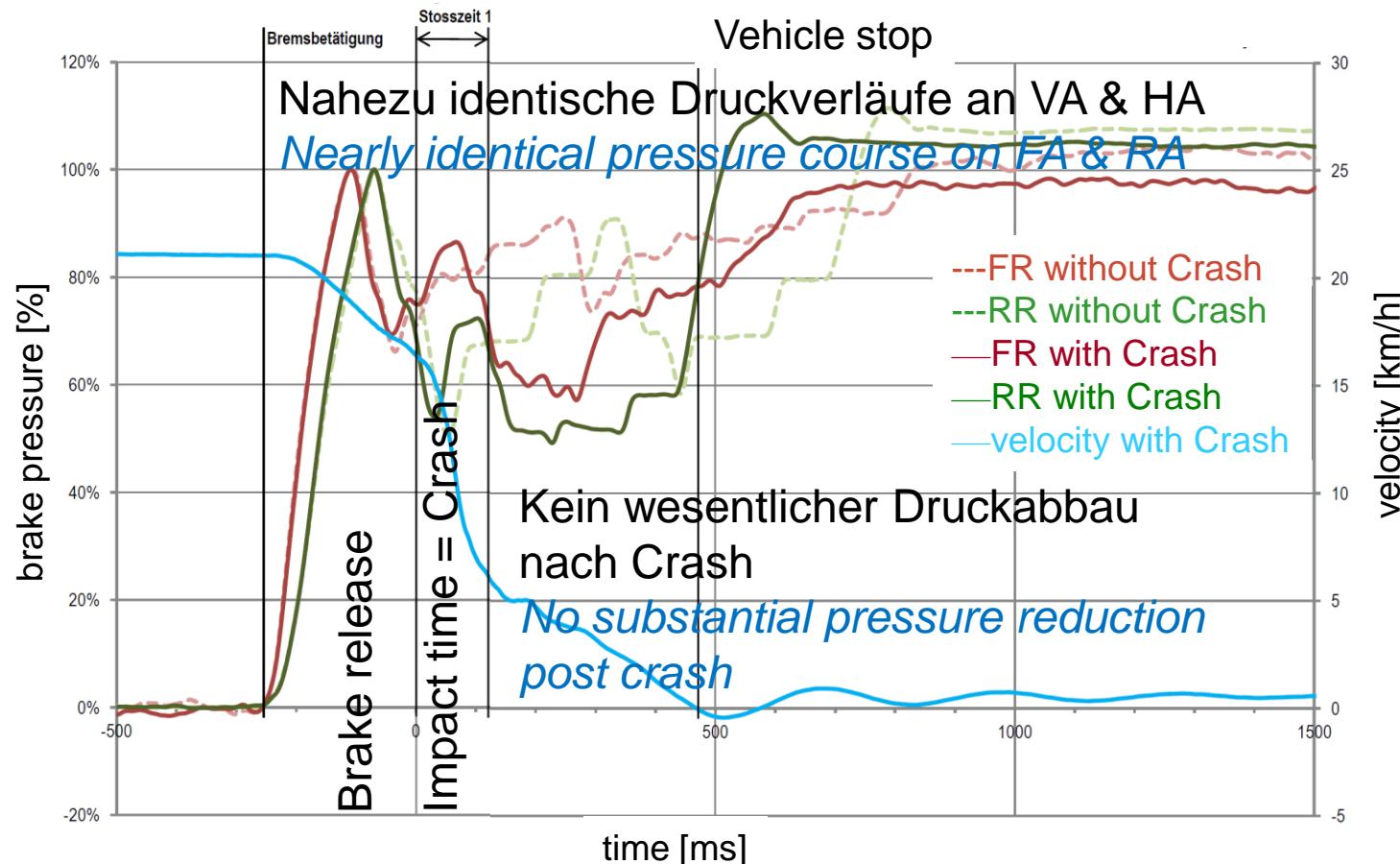
Kontinuierliche ABS-Bremsung Opel Zafira (– Fiat Punto HS93)  
*Continuous ABS-braking Opel Zafira (– Fiat Punto HS93)*



### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Vergleich Bremsdruck ( — ) Crash / (----) ohne Kollision Opel Zafira  
Comparison pressure ( — ) crash / (----) without crash Opel Zafira



### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

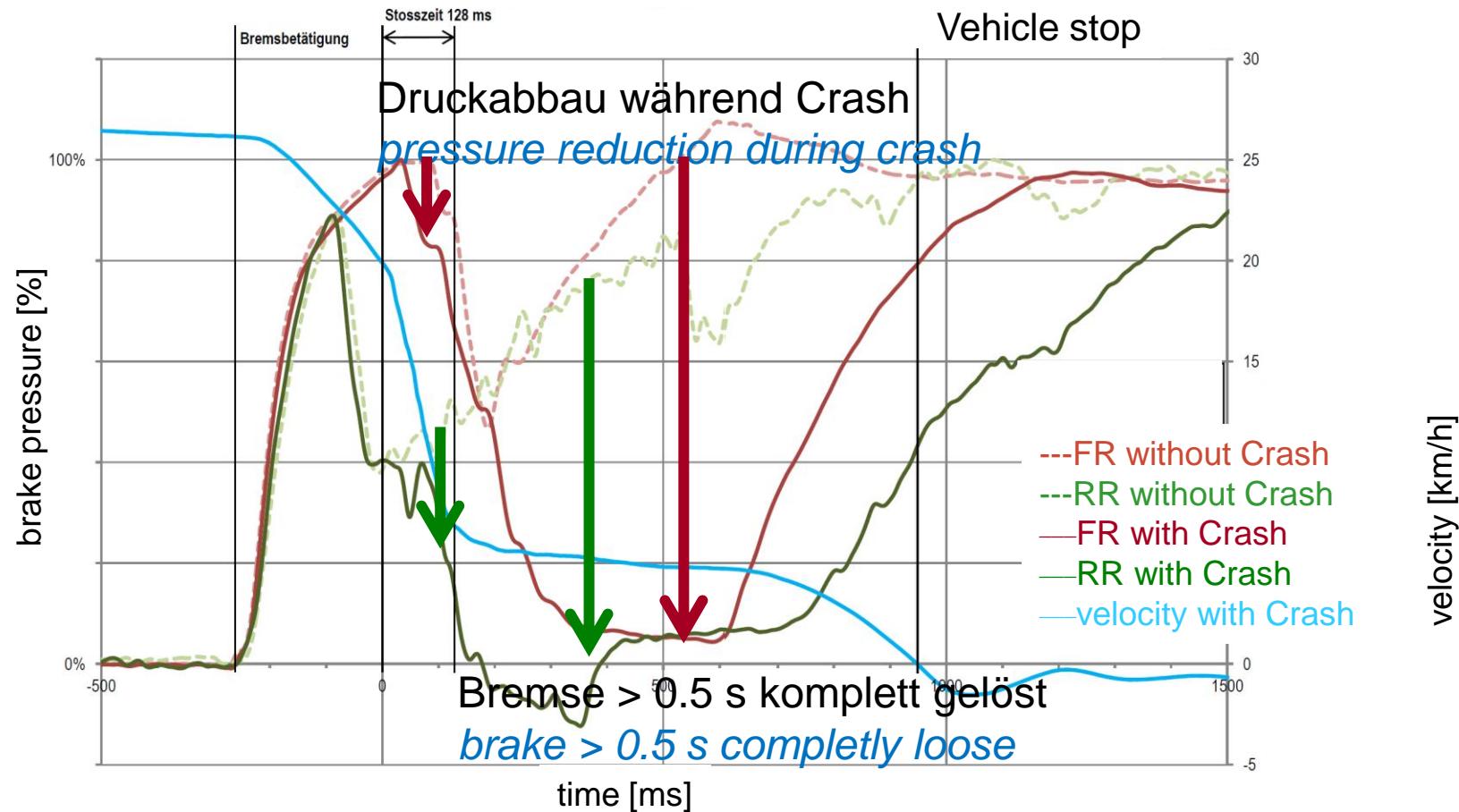
ABS-Bremsung löst Bremse, KIA Rio (– Honda Jazz HS87)  
*ABS-braking release brake, KIA Rio (– Honda Jazz HS87)*



### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Vergleich Bremsdruck ( — ) Crash / (----) ohne Kollision Opel Zafira  
Comparison pressure ( — ) crash / (----) without crash Opel Zafira



### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Resultate:

Results:

|                 | $\Delta$ brake pressure front during brake / crash | $\Delta$ brake pressure rear during brake / crash | Start time of pressure reduction during crash | $\Delta$ deceleration during crash | $\Delta$ time to rise brake pressure post crash |
|-----------------|--|---|---|------------------------------------|---|
| Opel Zafira B19 | low  | low   | 58%   | 20%                                | 250 ms  |

- ☺ 1 Fahrzeug ohne nennenswerter Beeinflussung der ABS-Regelung durch Crash.
- ☺ 1 vehicle without relevant influence on the ABS-control due of crash.

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Resultate:

*Results:*

- ☺ 6 Fahrzeuge mit deutlichem Bremskraftabbau
- ☺ Honda Jazz Bremse kurzzeitig komplett gelöst

Früher Abbau während Stosszeit

Geringer Einfluss auf Verzögerung

|                    |        |        | $\Delta$ brake pressure front during brake / crash | $\Delta$ brake pressure rear during brake / crash | Start time of pressure reduction during crash | $\Delta$ deceleration during crash | $\Delta$ time to rise brake pressure post crash |
|--------------------|--------|--------|--|---|---|------------------------------------|---|
| Skoda Fabia        | low    | no     | 17%  | 39%   | 300 ms  |                                    |   |
| Honda Jazz         | low    | middle | 60%  | 56%   | 400 ms  |                                    |   |
| Peugeot 207        | high   | middle | 28%  | 7%  | 350 ms  |                                    |   |
| Audi A4 Avant      | middle | middle | 59%  | 39%   | 400 ms  |                                    |   |
| Mercedes-Benz E200 | middle | middle | 80%  | 42%   | 400 ms  |                                    |   |
| Fiat Punto         | low    | high   | 74%  | 11%   | 35 ms   |                                    |   |

☺ 6 cars with clear reduction of brake force  
☺ Brake of Honda Jazz for short Time completely released

Early reduction during impact time

Small influence on deceleration

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Resultate:  
Results:

- ⌚ 5 Fahrzeuge mit starkem Bremskraftabbau
- ⌚ Kia Rio & Dacia Sandero Bremse nach Crash > 0.5 s komplett gelöst

|               | $\Delta$ brake pressure front during brake / crash | $\Delta$ brake pressure rear during brake / crash | Start time of pressure reduction during crash | $\Delta$ deceleration during crash | $\Delta$ time to rise brake pressure post crash |
|---------------|--|---|---|------------------------------------|---|
| BMW 325XI     | high   | high  | 73%   | 69%                                | 400 ms  |
| Ford C-Max    | high   | high  | 53%   | 35%                                | 750 ms  |
| Hyundai i30   | middle   | high  | 0%  | 32%                                | 1300 ms   |
| Kia Rio III   | high   | high  | 27%   | 75%                                | 550 ms  |
| Dacia Sandero | high   | high  | 69%   | 70%                                | 600 ms  |

Grosse Druckänderung  
*High  $\Delta p$*

Früher Abbau während Stosszeit  
*early  $\Delta p$  during impact time*

Grosser Einfluss auf Verzögerung  
*Large influence on deceleration*

Lange Anpasungszeit  
*Long rise time*

- ⌚ 5 vehicles with strong pressure
- ⌚ Kia Rio & Dacia Sandero brake > 0.5 s loose

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### *3. ABS-influence on collision kinematics*

Weshalb baut das ABS den Druck ab?

*Why does the ABS reduce the pressure?*

Vermutung: die Referenzgeschwindigkeit wurde nicht angepasst.

→ Das Steuergerät glaubt noch, dass das Fahrzeug schneller unterwegs ist und dass die Räder daher schneller drehen sollten = Bremse lösen.

*Assumption: the reference velocity was not adapted to reality.*

*→ The control unit supposes that the vehicle velocity is higher and that the wheels should turn at higher speed = brake loose*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### *3. ABS-influence on collision kinematics*

Warum nicht bei allen Fahrzeugen?

*Why not on all vehicles?*

Vermutung: Unterschiede in der Bildung der Referenzgeschwindigkeit und dessen Mittelwertberechnungsdauer, auch unterschiedliche Messgrößen und Regelstrategien.

*Assumption: differences for the calculation of the reference velocity and the  $\Delta t$  for the mean value (average) calculation.*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Ergebnis Bremsdruckabbaus während der Kollision:

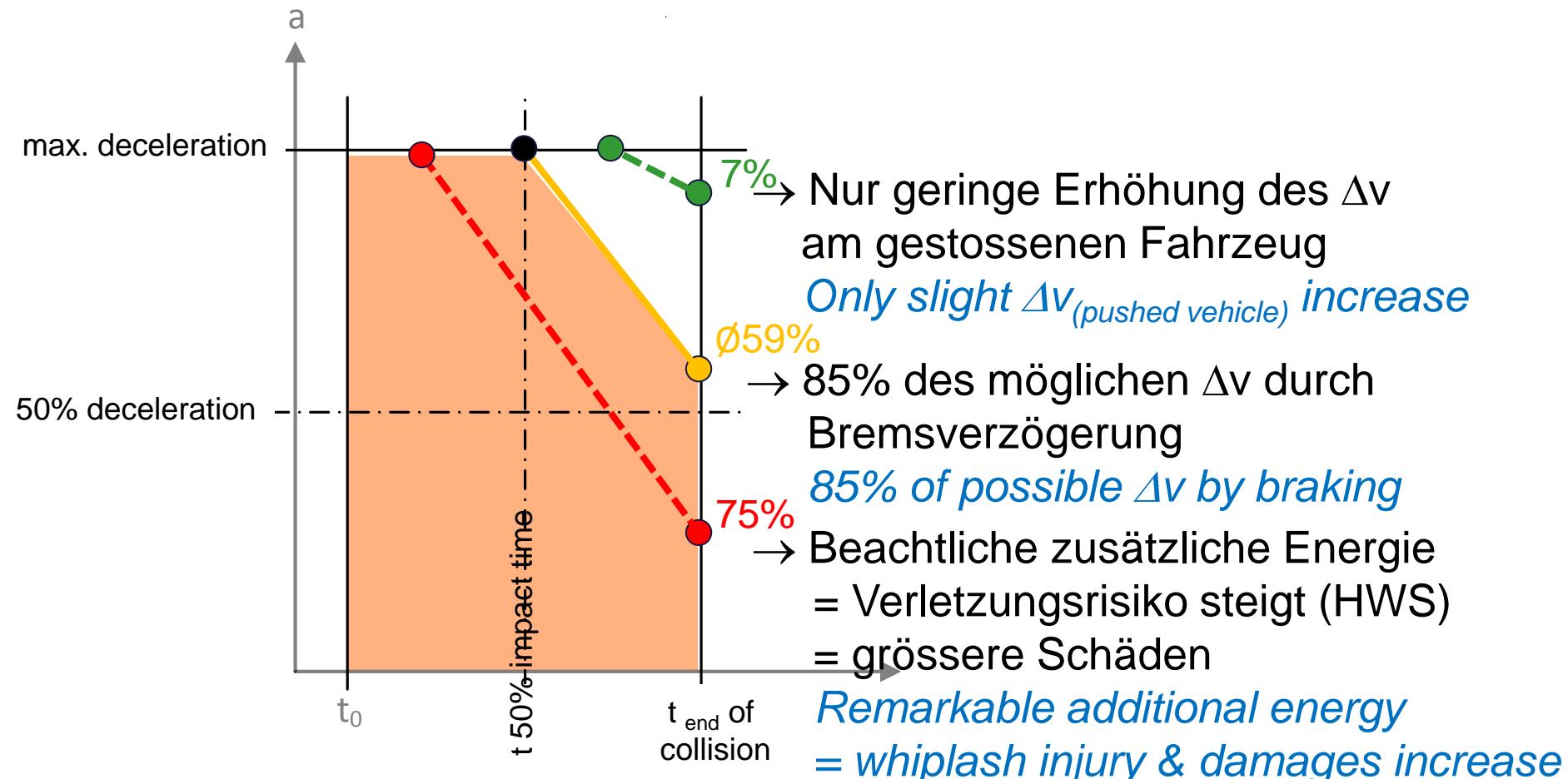
*Result of the brake pressure reduction during the collision:*

- Nach durchschnittlich 50% ( $s = \pm 26\%$ ) der Stosszeit setzt der Bremsdruckabbau ein.
- *After the average of 50% ( $s = \pm 26\%$ ) of the impact time the reduction of the brake pressure take place.*
- Die Bremsverzögerung beträgt nach dem Stoss noch durchschnittlich 59% ( $s = \pm 23\%$ ) der Verzögerung vor Kollision.
- *The brake deceleration after the impact is reduced to 59% ( $s = \pm 23\%$ ), of the deceleration before the impact.*

### 3. ABS-Einfluss auf Kollisionskinematik

### 3. ABS-influence on collision kinematics

Geschwindigkeitsabbau während Crash durch Bremskraft:  
*Velocity reduction during crash with brake force:*



## 4. Zusammenfassung

### 4. Summary

- Bei ABS-Bremsungen konnte keine schlechtere Verzögerung oder stärkere Streuung auf „low-cost-ABS“ zurückgeführt werden.
- *When ABS-braking, no lower deceleration or higher dispersion could be assigned to „low-cost-ABS“.*
- Während und nach der Kollision sind dagegen sehr grosse Unterschiede zwischen den Fahrzeugen festzustellen.
- *During and after the collision large differences between the tested vehicles are observed.*
- Das Lösen der Bremse während dem Crash führt bei 5 von 12 getesteten Fahrzeugen zu einer Erhöhung des  $\Delta v$  am gestossenen Fahrzeug.
- *The brake release during the crash leads by 5 of 12 tested vehicles to an increase in the  $\Delta v$  to the pushed vehicles.*

## 4. Zusammenfassung

### 4. Summary

- Bei 10 von 12 getesteten Fahrzeugen wird die Bremsverzögerung nach dem Crash teilweise während 0.3 - 1.3 s reduziert.
- *The brake deceleration was on 10 of 12 tested vehicles during 0.3 - 1.3 s reduced after the impact.*
- 3 Fahrzeuge sind nach der Kollision ungebremst  
→ hohes Risiko für Sekundärkollision.
- *3 vehicles released after the collision completely the brakes*  
→ *high risk for secondary impact.*

Bsp.: Kollonenverkehr Kia Rio (80 km/h) – Honda Jazz (60 km/h)

*Example: in line traffic Kia Rio (80 km/h) – Honda Jazz (60 km/h)*

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| → Kia Rio nach Kollision 66 km/h | → <i>Kia Rio post collision 66 km/h</i> |
| → während ca. 0.5 s ungebremst   | → <i>during 0.5 s unbraked</i>          |
| → ca. 9 m ohne Bremswirkung      | → <i>9 m without brake</i>              |

- Keine eindeutige Tendenz, welche Fahrzeuge „schlecht“ / „gut“ sind.
- *No tendency which vehicles are „poor“ / „good“.*

## 4. Zusammenfassung

### 4. Summary

- Beim heutigen Stand der Technik erstaunt die Tatsache, dass trotz vernetzter Steuergeräte und dem Verschmelzen von aktiven und passiven Sicherheitstechnologien eine Kollision von den ABS-Steuergeräten nicht als solche erkannt, respektive nicht zu schadensminderndem Verhalten genutzt wird.
- *The fact, that even with networking control units and collaboration of active and passive safety technologies is not detected by the ABS control unit and this information is not used for damage and injury and this reduction, is very disappointing.*

## 4. Zusammenfassung

### 4. Summary

Forderungen an ABS-Systeme:

*Requirements to ABS-systems:*

- ABS-Steuergeräte müssten eine Kollision erkennen können.  
*- ABS-control units must be able to detect a collision.*
- Maximale Bremsverzögerung während der Kollision.  
*- Maximum of brake deceleration during a collision.*
- Maximale Bremsverzögerung nach der Kollision.  
*- Maximum of brake deceleration after a collision.*
- Selbsttätige Abbremsung nach der Kollision, auch wenn die Bremse gelöst oder nie betätigt wurde.  
*- Self-acting braking after a collision, even if the brake was released or never was applied.*

# Ende

## End

Wir wünschen Ihnen eine unfallfreie Fahrt...  
*We wish you a safe journey...*



... und natürlich eine unfallfreie Fahrt WM !  
*... and of course an accident-free world cup!*