

**Adrian Kruse**

**Techniken der Untersuchung und Aufklärung von  
Straßenverkehrsunfällen mit Wild**

# Berichte aus der Biomechatronik

Herausgegeben von Prof. Dr. Hartmut Witte  
Fachgebiet Biomechatronik an der TU Ilmenau

Band 16

# **Techniken der Untersuchung und Aufklärung von Straßenverkehrsunfällen mit Wild**

Adrian Kruse



Universitätsverlag Ilmenau

2020

## Impressum

### Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen.

Tag der Einreichung: 3. Juli 2019  
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte  
(Technische Universität Ilmenau)  
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Zimmermann  
(Technische Universität Ilmenau)  
3. Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Martin S. Fischer  
(Friedrich-Schiller-Universität Jena)  
Tag der Verteidigung: 31. Januar 2020

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

### Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)

readbox unipress

in der readbox publishing GmbH

Rheinische Str. 171

44147 Dortmund

<https://www.readbox.net/unipress/>

**ISSN** 1865-9136

**ISBN** 978-3-86360-214-7 (Druckausgabe)

**DOI** 10.22032/dbt.40694

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2020000056

---

Titelfoto: Dipl.-Biol. Helga Schulze | Bochum

## Zusammenfassung

Bei reklamiertem Wildschaden am Automobil kann die Aufklärung, ob es sich tatsächlich um einen Wildunfall gehandelt hat, nur interdisziplinär erfolgen. Allein die Untersuchung der Haare oder einer Blutspur genügt nicht für eine sichere Aussage, ob ein Wildunfall stattgefunden hat. Gleichermaßen entscheidend sind das Schadenbild am Fahrzeug, die Spuren am Unfallort sowie die Einlassungen zum Unfallhergang.

Zur Sicherung und Auswertung dieser Beweise gibt es bis heute kein standardisiertes technisches Procedere. Dieses auf wissenschaftlicher Grundlage gerichtssicher zu erarbeiten war die zentrale Zielsetzung dieser Arbeit.

Am Fahrzeug verbleiben in den meisten Fällen als Anhaftungen nur wenige Haare und mitunter auch Blut. Diese sind die Beweismittel, welche zur Untersuchung und Bestimmung der Tierart genutzt werden können. Blutspuren am Fahrzeug werden bisher selten gesichert. Dabei lässt sich angetrocknetes Blut am Fahrzeug nach Abkratzen mit Hilfe eines scharfen Gegenstandes wie z.B. einer Rasierklinge in einer Folientüte einfach sichern. Noch besser ist die Sicherung der Blutspur mit einem DNA-freien Wattestäbchen. Die Haare sollten nicht mit Klebefolien gesichert werden. Zur Untersuchung müssten die Haare später vom Kleber getrennt werden, was mitunter nicht zerstörungsfrei gelingt. Weiterhin ginge das Haar bei längerer Anhaftung mit dem Kleber eine Verbindung ein. Eine Kontaminierung mit dem Klebstoff der Klebefolie könnte nicht ausgeschlossen werden. Besser ist es, die Spuren in Pergamintüten zu sichern.

Die Haaruntersuchung zur Feststellung der Tierart und der Elementverteilung im Haar erfordert eine systematische Vorgehensweise. Dabei sind zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zuerst die zerstörungsfreien Methoden anzuwenden. Die Beobachtungen sollten im Bild dokumentiert werden. Als Erstes erfolgt die makroskopische Darstellung zur Dokumentation von Haarlänge und Farbgebung. Danach sollte eine Voruntersuchung mit der Lupe erfolgen, um die Lage von Wurzel und Spitze zu ermitteln. Nicht immer liegen zur Untersuchung vollständige Haare vor. Unter dem Mikroskop mit Kamera erfolgt anschließend über die definierten Haarabschnitte die Dokumentation. In einigen Fällen lässt sich bereits nach dieser Untersuchung durch die Betrachtung der Medulla die Tierart feststellen. Im Rasterelektronenmikroskop lässt sich die äußere Rindenschicht des Haares aufgrund der größeren Schärfentiefe deutlich darstellen. Diese gibt weitere Anhaltspunkte zur Tierartbestimmung. Immer sollte

eine weitergehende Untersuchung zur Bestimmung der Elemente im Haar durchgeführt werden. Diese kann in Kombination mit im Rasterelektronenmikroskop integrierten oder separaten Geräten erfolgen.

Zur Feststellung, welche chemischen Elemente im Haar vorkommen, und wie sich diese in Haaren von Tieren in der Natur zu behandelten Haaren unterscheiden, wurde mit dem im Rasterelektronenmikroskop integrierten EDRS die Messung der Elementmengen durchgeführt. Bei den Haaren handelt es sich um inhomogene Proben. Durch die Messung an verschiedenen Abschnitten mehrerer Haare konnten Unterschiede zwischen manipulierten und nicht manipulierten Haaren aufgezeigt werden. Die Messungen zu den Elementen wurden in einer Datenbank zusammengefasst, um einen schnellen Abgleich der Ergebnisse zu ermöglichen.

Bei Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Haarmaterial oder gesicherter Blutspur kann die Tierart mit Hilfe der DNA-Analyse ermittelt werden. Bei dieser Methode kommt es allerdings zur vollständigen Vernichtung der Beweismittel, da die Haare zur DNA-Gewinnung aufgelöst werden.

Die Schäden an den Fahrzeugen sind bei einem Wildunfall von mehreren Faktoren abhängig. Unterschiede ergeben sich durch die Karosserieform und die Art des Fahrzeuges, die Relativgeschwindigkeit, die Größe und Masse des Tieres sowie die Anstoßkonstellation. Zum Abgleich, ob ein Schadenbild am Fahrzeug einem Tier zugeordnet werden kann, wurden Lichtbilder von mit Tieren kollidierten Fahrzeugen gesammelt. Die Spuren an den Fahrzeugen wurden ausgewertet, soweit es sich um gesicherte Wildunfälle handelte. Damit lässt sich nach der Feststellung der Tierart anhand der Antragspuren das Schadenbild abgleichen. Die wesentlichen Bilder und technischen Daten zum Fahrzeug wurden in einer eigens dafür erstellten Datenbank gesammelt. Teilweise konnten die Fahrzeuglenker befragt werden, welche dann weitere (subjektive) Angaben zum Unfallhergang gaben. Wichtig für die Beurteilung sind die Lichtbilder mit den Beschädigungen und der Spurenlage. Da selten alle Information zum Wildunfall in der Datensammlung vorliegt, wurde eine einfache Differenzierung zur Qualität mit einem „Fünfsternsystem“ erarbeitet. Die Vergleichsfälle in der Datenbank kommen aus drei Datenquellen. Diese sind (1) nachgewiesene Wildunfälle aus Gutachten, (2) am Unfallort aufgenommene Wildunfälle und (3) Schadenbilder aus selbstdurchgeführten Versuchen.

## **Abstract**

When it comes to complaints about damage to vehicles caused by wild animals, it is only possible to clarify in an interdisciplinary manner whether the accident was actually game-related. Examining the hair or a trace of blood alone is not enough to determine with certainty whether a game-related accident has occurred. The damage pattern on the vehicle, the traces at the scene of the accident as well as the statements regarding the cause of the accident are also equally as decisive. Most of the time, only a few hairs and in some cases, blood, can be found on the vehicle. This is the evidence that can be used to determine the species of the animal. Up until now, traces of blood on vehicles have rarely been secured. However, dried blood on a vehicle can easily be secured in a foil bag, after scraping it off using a sharp object such as a razor blade. An even better method is to secure the trail of blood using a DNA-free cotton swab. The hair must not be secured using adhesive foils. In order to examine the hair, it has to be separated from the adhesive at a later stage, a procedure, which is sometimes not possible without causing damage. Furthermore, the hair will form a bond with the adhesive if it sticks for a longer period of time. In that case, contamination by the adhesive of the adhesive foil cannot be ruled out. It is better to secure traces using pergamin bags.

In order to determine the animal species and the distribution of elements in the hair, the hair analysis requires a systematic approach. In order to reproduce the results, non-destructive methods have to be used first. Observations should be documented using images. The first step is the macroscopic representation, which is used to document hair length and coloring. A preliminary examination with a magnifying glass should be carried out in order to determine the position of the root and tip. In some cases, completely intact hairs are not available for analysis. In this case, the defined hair sections are documented under the microscope using a camera. In some cases, the examination of the medulla can already be used to determine the animal species after this analysis. Under the scanning electron microscope, the outer cortical layer of the hair can be depicted clearly owing to the greater depth of field. This provides further clues for determining the animal species. A more detailed analysis should always be carried out in order to determine the chemical elements in the hair. This may be done devices integrated into the scanning electron microscope, or by other separate devices.

In order to determine the chemical elements present in the hair and how they differ respectively in natural animal hair from hair that was treated, the element quantities were measured with the EDRS integrated in the scanning electron microscope. The hairs are inhomogeneous samples. By measuring different sections of several hairs, differences between manipulated and non-manipulated hairs could be identified. The measurements for the elements were compiled in a database, in order to enable quick comparison of the results. If sufficient quantities of hair material or blood traces are available, the animal species can be determined using a DNA analysis. However, this method leads to the complete destruction of the evidence, because the hair has to be dissolved for DNA extraction.

The damage caused to vehicles during an accident involving wild animals depends on several factors. Differences result from the shape of the chassis and the type of vehicle, the relative speed, the size and mass of the animal as well as the impact constellation. Photographs of vehicles which collided with animals were collected to compare whether damage on the vehicle can be assigned to an animal accident. The traces on the vehicles were evaluated in cases in which wild animals securely were involved. Thus, the damage can be compared once the animal species has been determined using the traces. Essential images and relevant technical data on the vehicles were collected in a database specially created for this purpose. In some cases it was possible to interview the drivers, who then gave further (subjective) information regarding the cause of the accident. The photographs showing the damage and the evidence are important for the evaluation. As the data collection rarely contains complete information on wildlife accidents, a simple differentiation of quality with a "five-star system" was developed. The reference cases in the database were taken from three data sources. These are (1) proven wildlife accidents from expert reports, (2) wildlife accidents recorded at the scene of the accident and (3) damage patterns from own experiments.



## Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG .....	V
ABSTRACT .....	V
INHALTSVERZEICHNIS .....	VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	IX
TABELLENVERZEICHNIS .....	XIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	XV
FORMELZEICHEN UND EINHEITEN .....	1
1 EINLEITUNG .....	1
2 STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK .....	3
2.1 WILDUNFÄLLE IN DEUTSCHLAND .....	3
2.1.1 Häufigkeit von Wildunfällen in Deutschland .....	4
2.1.2 Versicherungsbedingungen .....	4
2.2 GRUNDLAGEN DER KOLLISIONSMECHANIK UND IHRE ANWENDUNG AUF WILDUNFÄLLE .....	5
2.2.1 Modellbildung für Stoßvorgänge .....	5
2.2.2 Einfluss des Wildtieres auf das Fahrzeugverhalten nach der Kollision .....	7
2.3 STAND DER WISSENSCHAFT: TIERHAARE UND ANDERE ANALYSEN .....	11
2.3.1 Haartypen .....	11
2.4 FORENSISCHE BESTIMMUNG DER TIERART AUS DER ANALYSE VON TIERHAAREN .....	15
2.4.1 Haarspuren .....	16
2.4.2 Methoden der Haaranalyse .....	16
3 KONKRETISIERTE ZIELSTELLUNG .....	19
4 MATERIAL UND METHODE: TIERHAARE .....	21
4.1 UNTERSUCHTE TIERARTEN .....	21
4.1.1 Makroskopische Untersuchung .....	23
4.1.2 Mikroskopische Untersuchung .....	24
4.1.3 Rasterelektronenmikroskopie .....	26
4.1.4 Energiedispersive Röntgenspektroskopie .....	28
4.1.5 Untersuchung der Desoxyribonukleinsäure .....	32
4.2 SPURENSICHERUNG UND AUSWERTUNG .....	34
4.2.1 Spurensicherung .....	35
4.2.2 Vorgehensweise zur Spurenauswertung .....	37
4.3 STATISTISCHE METHODEN .....	38
5 ERGEBNISSE: TIERHAARE .....	41
5.1 MERKMALE DER TIERHAARE .....	41
5.1.1 Reh ( <i>Capreolus capreolus</i> ) .....	41
5.1.2 Damhirsch ( <i>Dama dama</i> ) .....	48
5.1.3 Dachs ( <i>Meles meles</i> ) .....	54

5.1.4	<i>Rotfuchs (Vulpes vulpes)</i> .....	59
5.1.5	<i>Wildschwein (Sus scrofa)</i> .....	64
5.2	ARTÜBERGREIFENDER VERGLEICH FÜR HINWEISE AUF MANIPULATION VON HAAREN.....	68
5.3	TIERHAAR-DATENBANK .....	69
6	ERGÄNZENDE STUDIE: DATENSAMMLUNG UND VERSUCHE ZUR MECHANIK DER TIERKOLLISION .....	71
6.1	DOKUMENTATION VON WILDVERKEHR SUNFÄLLEN: WILD-SCHADEN-DATENBANK..	71
6.2	WILD-UNFALL-VERSUCHE .....	77
6.3	WILD-ÜBERFAHR-VERSUCHE .....	77
7	DISKUSSION.....	79
7.1	FEHLERDISKUSSION .....	79
7.2	STATISTISCHE ÜBERPRÜFUNG ZUR AUSSAGEKRAFT DER MESSWERTE .....	81
7.3	ERGEBNISDISKUSSION.....	87
	LITERATURVERZEICHNIS .....	89
ANHANG 01	WILDUNFÄLLE UND VERSICHERUNGSLEISTUNG.....	105
ANHANG 02	EINTEILUNG DER FAHRZEUGKLASSEN.....	106
ANHANG 03	AUFNAHMEBOGEN ZUR WILDFORSCHUNG.....	108
ANHANG 04	DATEN ZUM RASTERELEKTRONENMIKROSKOP.....	109
ANHANG 05	DNA FORENSIK KIT .....	110
ANHANG 06	FAHRZEUGDOKUMENTATION .....	111
ANHANG 07	BEWEISSICHERUNGSPROTOKOLL.....	113
ANHANG 08	SUBARU GEGEN WILDSCHWEIN.....	114
ANHANG 09	RENAULT GEGEN FUCHS.....	122
ANHANG 10	OPEL GEGEN REH.....	130
ANHANG 11	SEAT GEGEN REH.....	138
ANHANG 12	FORD GEGEN WILDSCHWEIN.....	146
ANHANG 13	MITSUBISHI GEGEN REH.....	154
ANHANG 14	DAEWOO GEGEN REH .....	167

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modellbildung zum Wildunfall bezugnehmend auf die Theorie von Stößen.....	6
Abbildung 2:	Koordinatensysteme zur Stoßanalyse (dargestellt im Moment des Kontaktes).....	7
Abbildung 3:	Fahrzeugkoordinatensystem nach ISO 88545:2011 .....	8
Abbildung 4:	Beispiel für einen Wildunfall .....	10
Abbildung 5:	Deckhaare eines Dachses.....	12
Abbildung 6:	Wollhaar vom Fuchs (Skalierung 1 mm).....	12
Abbildung 7:	Wildschweinhaar .....	13
Abbildung 8:	Vibrisse vom Fuchs.....	13
Abbildung 9:	Schwanzhaar vom Pferd .....	14
Abbildung 10:	Querschnitt des Deckhaares eines Rotfuchses (15 kV x1300) .....	14
Abbildung 11:	Haaraufteilung .....	22
Abbildung 12:	Messung der Haarlänge .....	24
Abbildung 13:	Medulla eines Damhirschhaares Lichtmikroskop (x440) .....	25
Abbildung 14:	Rehhaar auf Spurenlager mit Leit-Tab .....	27
Abbildung 15:	Cuticula eines Rehhaares elektronenmikroskopisch (15 kV x370) .....	27
Abbildung 16:	Rehhaare auf Leit-Streifen zur Betrachtung vom Haarquerschnitt (Skalierung in mm).....	28
Abbildung 17:	Medulla vom Rehhaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x450).....	28
Abbildung 18:	EDX-Messbereich eines Haares außen (15 kV x1300).....	30
Abbildung 19:	EDX-Messbereich im Haarquerschnitt (15 kV x420).....	30
Abbildung 20:	Beispiel Ergebnis EDX: Konzentration von vier Elementen .....	31
Abbildung 21:	Sequenz eines DNA-Fragments aus Rehhaaren .....	34
Abbildung 22:	Anstoßkonfiguration beim Wildunfall - Klassifikationsschema.....	36
Abbildung 23:	Vorgehensweise zur Beurteilung von Wildunfällen.....	39
Abbildung 24:	Reh im Winterfell .....	41
Abbildung 25:	Rehhaar Sommer makroskopisch (Skalierung 1 mm).....	42
Abbildung 26:	Rehhaar Winter makroskopisch (Skalierung 1 mm) .....	42
Abbildung 27:	Rehhaar Sommer mikroskopisch (x410) .....	43
Abbildung 28:	Rehhaar Winter mikroskopisch (x170).....	43
Abbildung 29:	Rehhaar Wurzel Sommer elektronenmikroskopisch (15 kV x44) .....	44

Abbildung 30: Rehhaar Sommer außen elektronenmikroskopisch (15 kV x720).....	44
Abbildung 31: Rehhaar Sommer Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x1300).....	45
Abbildung 32: Rehhaar Wurzel Winter elektronenmikroskopisch (15 kV x60).....	45
Abbildung 33: Rehhaar im Winter außen elektronenmikroskopisch (15 kV x300).....	46
Abbildung 34: Rehhaar Winter im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x300).....	46
Abbildung 35: Rehhaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen.....	47
Abbildung 36: Rehhaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen.....	48
Abbildung 37: Damhirsch Sommer.....	48
Abbildung 38: Damhirsch Winter.....	48
Abbildung 39: Damhirschhaar Sommer makroskopisch (Skalierung 1 mm).....	49
Abbildung 40: Damhirschhaar Sommer mikroskopisch (x400).....	49
Abbildung 41: Damhirschhaar Sommer außen elektronenmikroskopisch (15 kV x750).....	50
Abbildung 42: Damhirschhaar Sommer Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x850).....	50
Abbildung 43: Damhirschhaar Winter makroskopisch (Skalierung 1 mm).....	51
Abbildung 44: Damhirschhaar Winter mikroskopisch (x440).....	51
Abbildung 45: Damhirschhaar Winter außen elektronenmikroskopisch (15 kV x600).....	52
Abbildung 46: Damhirschhaar Winter Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x450).....	52
Abbildung 47: Damhirschhaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen.....	53
Abbildung 48: Damhirschhaar: ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen.....	54
Abbildung 49: Dachs.....	54
Abbildung 50: Dachshaar makroskopisch (Skalierung 1 mm).....	55
Abbildung 51: Dachshaar mikroskopisch (x400).....	55
Abbildung 52: Cuticulazeichnung des Dachshaares außen elektronenmikroskopisch (15 kV x600).....	56

---

Abbildung 53: Wurzel eines Dachshaares elektronenmikroskopisch (15 kV x160).....	56
Abbildung 54: Dachhaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x600).....	57
Abbildung 55: Dachhaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen .....	58
Abbildung 56: Dachhaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen .....	58
Abbildung 57: Rotfuchs.....	59
Abbildung 58: Rotfuchshaar makroskopisch (Skalierung 1 mm).....	59
Abbildung 59: Rotfuchshaar mikroskopisch (x400) .....	60
Abbildung 60: Rotfuchshaar außen elektronenmikroskopisch (15 kV x1100).....	61
Abbildung 61: Rotfuchshaar Wurzel elektronmikroskopisch (15 kV x140) .....	61
Abbildung 62: Rotfuchshaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x1400).....	62
Abbildung 63: Rotfuchshaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen .....	63
Abbildung 64: Rotfuchshaar ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen .....	63
Abbildung 65: Wildschwein .....	64
Abbildung 66: Wildschweinhaar makroskopisch (Skalierung 1 mm) .....	64
Abbildung 67: Wildschweinhaar mikroskopisch (x100).....	65
Abbildung 68: Wildschweinhaar außen elektronenmikroskopisch (15 kV x380) .....	65
Abbildung 69: Wildschweinhaar Wurzel elektronenmikroskopisch (15 kV x90) .....	66
Abbildung 70: Wildschweinhaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x300).....	66
Abbildung 71: Wildschweinhaar: ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen .....	67
Abbildung 72: Wildschweinhaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen .....	68
Abbildung 73: Vollanstoß Fahrzeug-Tier .....	72
Abbildung 74: Teilanstoß Fahrzeug-Tier.....	72
Abbildung 75: Seitenanstoß Tier-Fahrzeug .....	73
Abbildung 76: Vorrichtung für Crash-Versuche.....	77



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Morphometrische Kenndaten der untersuchten Tiere.....	21
Tabelle 2:	Haarentnahmestellen .....	22
Tabelle 3:	Zyklen der PCR.....	33
Tabelle 4:	Anzahl der Messungen Rehhaar außen.....	47
Tabelle 5:	Anzahl der Messungen Rehhaar innen.....	48
Tabelle 6:	Anzahl der Messungen Damhirschhaare außen.....	53
Tabelle 7:	Anzahl der Messungen Damhirschhaare innen.....	54
Tabelle 8:	Anzahl der Messungen Dachshaare außen.....	58
Tabelle 9:	Anzahl der Messungen Dachshaare innen.....	58
Tabelle 10:	Anzahl der Messungen Rotfuchshaare außen.....	63
Tabelle 11:	Anzahl der Messungen Rotfuchshaar innen.....	63
Tabelle 12:	Anzahl der Messungen Wildschweinhaar außen.....	67
Tabelle 13:	Anzahl der Messungen Wildschweinhaar innen.....	68
Tabelle 14:	EDX-Analysen: Das Auftreten signifikanter Konzentrations- unterschiede bei den analysierten Elementen zwischen nichtmanipulierten und manipulierten Haaren .....	68
Tabelle 15:	In der Wild-Schaden-Datenbank dokumentierte Tierarten .....	71
Tabelle 16:	Unterteilung der Wildkollisionen nach Stoßart .....	73
Tabelle 17:	Anteil der ausgewerteten Tierarten .....	74
Tabelle 18:	Anstoßkollision mit Reh .....	74
Tabelle 19:	Anstoßkollision mit Damhirsch.....	75
Tabelle 20:	Anstoßkollision mit Dachs.....	75
Tabelle 21:	Anstoßkollision mit Rotfuchs.....	75
Tabelle 22:	Anstoßkollision mit Wildschwein.....	76
Tabelle 23:	statistische Werte Rehhaare außen.....	82
Tabelle 24:	statistische Werte Rehhaare innen.....	82
Tabelle 25:	statistische Werte Damhirschhaare außen.....	83
Tabelle 26:	statistische Werte Damhirschhaare innen.....	83
Tabelle 27:	statistische Werte Dachshaare außen.....	84
Tabelle 28:	statistische Werte Dachshaare innen.....	84
Tabelle 29:	statistische Werte Rotfuchshaare außen.....	85
Tabelle 30:	statistische Werte Rotfuchshaare innen.....	85
Tabelle 31:	statistische Werte Wildschweinhaare außen.....	86
Tabelle 32:	statistische Werte Wildschweinhaare innen.....	86





## Abkürzungsverzeichnis

AMH	Analyse-Manipulierter-Haare (Haare aus gegerbten Fellen oder anderweitig bearbeitet)
DNA	deoxyribonucleic acid
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EDX	energy dispersive X-ray spectroscopy
EDRS	Energiedispersive Röntgenspektroskopie
ff.	folgende
Gl.	Gleichung
Hrsg.	Herausgeber
i.d.R.	in der Regel
k.a.	keine Angaben
n	Anzahl
o.g.	oben genannte(n)
o.J.	ohne Jahresangabe
PCR	Polymerase-Kettenreaktion (engl. polymerase chain reaktion)
SEM	scanning electron mikroscope
REM	Rasterelektronenmikroskop
RHA	Referenz-Haar-Analyse (Haare von Tieren welche leben oder nach ihrer Verendung)
s.u.	siehe unten
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche



## Formelzeichen und Einheiten

Zeichen	Einheit	Bezeichnung der Einheit	Bezeichnung
K	T	Kelvin	Farbtemperatur
U	V	Volt	elektrische Spannung
P	W	Watt	Leistung
s resp. r	m	Meter	Weg / Radius
F	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$	Kilogramm mal Meter pro Sekunde im Quadrat	Kraft
t	s	Sekunde	Zeit
m	kg	Kilogramm	Masse
a	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Meter pro Sekunde zum Quadrat	Beschleunigung
v	$\frac{\text{m}}{\text{s}} / \frac{\text{km}}{\text{h}}$	Meter pro Sekunde / Kilometer pro Stunde	Geschwindigkeit
I resp. p	$\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Kilogramm mal Meter pro Sekunde	Impuls
R	m	Meter	Radstand
FZlänge	m	Meter	Fahrzeuglänge
J <sub>x</sub>	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Kilogramm mal Meter zum Quadrat	Massenträgheitsmoment
$\omega$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$	Einheitswinkel pro Sekunde	Winkelgeschwindigkeit
$\varphi$ $\theta$ $\psi$	rad	Winkel	Wankwinkel Nickwinkel Gierwinkel



## 1 Einleitung

Täglich kommt es auf den Straßen zu Kollisionen zwischen Fahrzeugen und Tieren. Die Intensität der Kollision und das daraus resultierende Schadenbild am Fahrzeug hängen dabei im Wesentlichen von der Art des Fahrzeuges, der Relativgeschwindigkeit, der Größe und Masse des Tieres sowie der Anstoßkonstellation ab.

Zur Beurteilung, ob die Beschädigungen tatsächlich durch Wild entstanden sind, sollten sowohl die angetragenen Spuren als auch die Schäden am Fahrzeug betrachtet werden.

Für die am Fahrzeug angetragenen und dort verbliebenen Spuren gibt es verschiedene Untersuchungsmethoden. (Kijewski 1997; Madea und Mußhoff 2004; Bergelt 2006; Brown und Swift 1975; Garn 1951)

Wünschenswert wäre eine Untersuchung des Unfalls am Unfallort, an dem sowohl das Fahrzeug als auch - im günstigsten Fall - das Tier im für die zu beantwortenden forensischen Fragen - relevanten Umfeld verfügbar sind. Diese Möglichkeit der Unfallaufnahme ist aber eher die Ausnahme, denn eine umfassende und vollständige Unfallaufnahme erfolgt (zu)selten. Angaben über das Tier wie Körperhöhe, -länge und -masse werden üblicherweise vor Ort nicht erfasst, und eine Lichtbilddokumentation steht zur späteren Auswertung meist nicht zur Verfügung.

Die Kraftfahrzeug-Versicherungen, welche die Unfallfolgen finanziell tragen sollen, bekommen die Information zu einer Wildkollision nicht immer zeitnah. Bis zur Besichtigung des Fahrzeugs vergehen in den meisten Fällen mehr als 24 Stunden. Mitunter lässt sich das Fahrzeug auch noch weiter nutzen, so dass noch zum Unfallzeitpunkt vorhandene Spuren verloren gehen können. Eine umfängliche Unfallaufnahme findet in Deutschland durch die Ordnungsorgane nicht statt. In einigen Bundesländern wird zu derartigen Unfällen von der Polizei noch nicht einmal der Unfallort aufgesucht.

Letztlich müssen in vielen Fällen Fachgutachter im Auftrag von Versicherungen prüfen, ob der vom Versicherungsnehmer geschilderte Unfallhergang plausibel ist. Dabei werden je nach Gutachter eine Vielzahl nicht standardisierter Untersuchungs- und Betrachtungsansätze gewählt, um eine objektive belastbare Bewertungsgrundlage zu schaffen. Anders als in der forensischen Untersuchung von körperlichen Personenschäden ist damit die Spannweite der Beurteilungen von Wildschäden an Fahrzeugen ähnlich groß wie in der psychiatrischen Forensik (Burg und Moser 2007; Bochow 2004; Gaugl 2011).

Die vorgelegte Arbeit überprüft, ob mit standardisierten, insbesondere technischen Methoden die Beurteilung von Ursachen und Hergängen der reklamierten Wildschäden bei Fahrzeugunfällen objektiviert werden kann.

Hierfür werden etablierte und neue Untersuchungsmethoden dargestellt und diskutiert. Es wird mit verschiedenen Methoden untersucht, ob die ausgewählten Vorgehensweisen zur Beurteilung von Wildunfällen mit Kraftfahrzeugen zielführend sind und ob sie ausreichen, um den Wildunfall nach wissenschaftlichen Kriterien aufzuklären.

Dabei wird besonders darauf eingegangen, ob die Auswertung einer Strukturuntersuchung von Haarspuren mit dem Lichtmikroskop und dem Rasterelektronenmikroskop zur Tierartidentifikation genügen, und ob bei der Bestimmung der chemischen Elemente im Haar die richtigen Rückschlüsse auf eine Manipulation realisierbar sind. Dazu wurden von bestimmten Tierarten sowohl Haare von lebenden und frischtoten Tieren wie auch aus nachbehandelten Fellen und Präparaten untersucht.

Allein die Tatsache, dass ein Haar einer bestimmten Tierart zugeordnet werden kann, ist kein vollständiger Beweis dafür, dass es sich am Fahrzeug um einen Wildschaden handelt. Vielmehr wird es als erforderlich angesehen, das Schadenbild am Fahrzeug mit jenem bei gesichert belegten Wild-Verkehrsunfällen abzugleichen. Diese Option wird noch zu selten genutzt, da diese Betrachtung nicht vom Beurteiler des Haares vorgenommen wird, und der Kfz-Sachverständige sich auf das Analyseergebnis der Haarprobe stützt. Wird also festgestellt, dass das Haar einer bestimmten Tierart, welche möglicherweise auch als unfallursächlich vorgetragen wurde, zugeordnet werden kann, dann folgt die Schlussfolgerung, dass es ein Wildunfall war. Das Schadenbild am Fahrzeug erfährt dadurch zu Unrecht eine untergeordnete Berücksichtigung. Es wird daher weiterhin untersucht, ob diese Vorgehensweise zur Beurteilung eines Wildunfalls weiterhin als korrekt anzusehen ist.

## **2 Stand der Wissenschaft und Technik**

Für die Aufklärung von Wildunfällen stehen als Anknüpfungstatsachen meist nur Beschädigungen am Fahrzeug selbst und durch die Kollision mit Wild angetragene Spuren wie Haare und Blut zur Verfügung.

### **2.1 Wildunfälle in Deutschland**

Neben dem Statistischen Bundesamt erstellen noch andere Organisationen Statistiken zu Wildunfällen. Über Wildunfälle in Deutschland gibt es mehrere Statistiken, welche weder die gleiche Datenquelle, eine gemeinsame Bezugsbasis noch den gleichen Betrachtungszeitraum haben. Die Aussagekraft hängt entscheidend von der Qualität der zur Verfügung stehenden Daten ab. Die Meldung eines Wildunfalls ist nicht geregelt, eine vollständige Erfassung damit nicht gewährleistet. Es wird nur empfohlen, die Polizei oder den Jagdpächter zu informieren. Sollte der Fahrzeuglenker aber keine Versicherung in Anspruch nehmen wollen, so wird er diese Kollision auch nicht melden. Die gemeldeten Wildunfälle können sowohl von der Polizei als auch vom Jagdpächter bescheinigt werden.

In den meisten Fällen geht es aber um eine finanzielle Regulierung des Wildunfalls. Aus diesem Grund dürfte die Statistik des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) zu Wildunfällen als die vollständigste anzusehen sein (Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)).

Allerdings werden alle Verdachtsfälle von Wildunfällen, auch solche, die sich später als anders klassifizierte Ereignisse darstellen, mit aufgeführt. Weiterhin ist in der Regulierung auch jener Schaden berücksichtigt, welcher nicht direkt durch das Tier erzeugt wurde, sondern z.B. durch ein nachträgliches Abkommen von der Fahrbahn oder eine Kollision mit einem Hindernis. Enthalten sind auch Beschädigungen am Fahrzeug, welche durch Marderbiss verursacht wurden. Diese Wildschäden gehören logisch nicht in die Kategorie Wild"unfall", werden dieser aber in den Statistiken pragmatisch dennoch zugeordnet. Der Begriff „Unfall“ ist beim Marderbiss nicht erfüllt, denn es handelt sich nicht um eine Kollision eines in Bewegung befindlichen Fahrzeugs.

### **2.1.1 Häufigkeit von Wildunfällen in Deutschland**

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) veröffentlicht jährlich die gemeldeten Wildunfälle und die hierfür erbrachten Versicherungsleistungen (Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)). In Anhang 1 sind beispielhaft Daten dazu aufgeführt. Die Anzahl der angegebenen Wildunfälle liegt seit dem Jahr 2006 regelmäßig über 200.000 jährlich, und die dafür beanspruchten Versicherungsleistungen im dreistelligen Millionen-€-bereich (Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)).

Im Forschungsbericht 01/07 des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) wurde ein Modellversuch im Oberbergischen Kreis zu Unfallhäufungen mit Wildunfällen beschrieben (Voß 2007).

Die gemittelte Anzahl der Wildunfälle im Oberbergischen Kreis wurde in der Zeit von 1997 bis 2005 in Abhängigkeit von der Uhrzeit auf einem Straßenabschnitt betrachtet. Eine Häufung ist besonders von 5:00 Uhr bis 07:00 Uhr und in der Zeit 17:00 Uhr bis 0:00 Uhr zu beobachten. Die meisten Unfälle ereignen sich demnach in Dämmerung und Dunkelheit, also bei erschwerten Sichtbedingungen. Eine Korrelation mit Verkehrsaufkommen und Wildtier-Aktivitätsmustern geht aus dieser Untersuchung nicht hervor.

Ein Wildunfall kann aber jederzeit stattfinden. Vorwiegend ereignen sich Unfälle mit Wildbeteiligung außerhalb geschlossener Ortschaften. Jedoch wurde über Wildunfälle auch am Tag innerhalb von Ortschaften berichtet.

Eine systematische Befragung von Fahrzeuglenkern nach einer Wildkollision ist bisher noch nicht erfolgt. Diese könnte weitere Erkenntnisse zum Ablauf des Wildunfalls und zur Reaktion des Fahrzeuglenkers liefern.

### **2.1.2 Versicherungsbedingungen**

Ein Wildunfall wird von Versicherungen durch die Teilkaskoversicherung reguliert. Die Besonderheit liegt darin, dass diese separat von der Vollkaskoversicherung abgeschlossen werden kann.

Nicht selten wird nach einer Kollision gegen ein Hindernis eine vorangegangene Wildkollision vorgetragen. Damit könnte der Gesamtschaden über die Teilkaskoversicherung abgerechnet werden, was in Deutschland keine Höherstufung der Versicherungsprämie nach sich zieht.

In den Versicherungsverträgen ist geregelt, was zum Teilkaskobereich zählt, und mit unterschiedlichen Formulierungen wird auf die Kollision mit Wildtieren eingegangen. Durch diese Formulierungen wird eingegrenzt, bei welchen Tier-



und Kontaktarten bei den jeweiligen Versicherungsgesellschaften die Regulierung in der Kategorie „Kollision mit Tieren“ geltend gemacht werden kann. Es gibt hierzu keine einheitliche Beschreibung in den Versicherungsbedingungen.

In aufsteigender chronologischer Folge einige ausgewählte Formulierungen:

- Schäden durch einen Zusammenstoß des in Bewegung befindlichen Fahrzeuges mit Tieren jeglicher Art
- Schäden durch einen Zusammenstoß des in Bewegung befindlichen Fahrzeuges mit Haarwild im Sinne des §2 Abs. 1 Nr. 1 des Bundesjagdgesetzes
- Schäden durch einen Zusammenstoß des in Bewegung befindlichen Fahrzeuges mit Haarwild im Sinne des §2 Abs. 1 Nr. 1 des Bundesjagdgesetzes oder Pferden, Rindern, Schafen oder Ziegen
- Schäden aus Unfällen mit Tieren aller Art

Es ist damit zu beobachten, dass in den Versicherungsbedingungen dazu übergegangen wurde, nicht nur Kollisionen mit Wild, sondern auch Fahrzeugkollisionen mit Haus- und Nutztieren wie z. B. Hunden, Ziegen oder Pferden zu versichern und zu regulieren.

## **2.2 Grundlagen der Kollisionsmechanik und ihre Anwendung auf Wildunfälle**

### **2.2.1 Modellbildung für Stoßvorgänge**

Die Kollision zweier Körper stellt das zentrale ingenieurtechnische Phänomen bei der Untersuchung von Wildunfällen dar. Wie bei der Betrachtung von Verkehrsunfällen allgemein kommt es auch hier zu Stoßvorgängen zwischen zwei Körpern.

Als Stoß bezeichnet man die augenblickliche Änderung der Geschwindigkeit von Punkten eines Körpers infolge kurzzeitig auftretenden oder verschwindenden Zwanges. Da letzter stets über (Zwangs-)Kräfte realisiert wird, spricht man beim Stoß auch von einem Vorgang, bei dem bewegte Körper (Sonderfall: ein oder mehrere Körper sind in Ruhe) kurzzeitig Kräfte aufeinander ausüben.

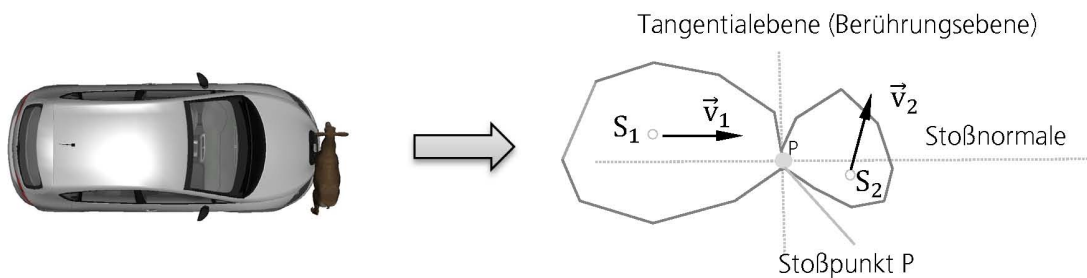
Äußere, eingeprägte Kräfte werden gegenüber den Stoßkräften vernachlässigt. Folglich werden zur Beschreibung von Stößen Impuls- und Drehimpulserhaltungssatz aus der NEWTONschen Mechanik der starren Körper angewendet.

<b>Massepunkt (MP)</b>	Impulserhaltungssatz:	$\vec{I}_{MP} = m\vec{v} = \overrightarrow{\text{konst}_1}$
	Drehimpulserhaltungssatz:	$\vec{D}_{MP} = \vec{r} \times m\vec{v} = \overrightarrow{\text{konst}_2}$
(Gl. 01)		
<b>Starrer Körper (SK)</b>	Impulserhaltungssatz:	$\vec{I}_{SK} = m\vec{v}_s = \overrightarrow{\text{konst}_3}$
	Drehimpulserhaltungssatz:	$\vec{D}_{SK} = \vec{J}\vec{\omega} = \overrightarrow{\text{konst}_4}$

Der Massepunkt ist als Modell ungeeignet, da man bei der Untersuchung und Klassifizierung von Stößen mit Berührungsebenen, Stoßnormalen usw. arbeitet und somit endliche Abmessungen der Objekte notwendig sind.

### Abbildung 1: Modellbildung zum Wildunfall bezugnehmend auf die Theorie von Stößen

Bei ausschließlich translatorischer Bewegung des starren Körpers erhält man bekanntermaßen die für Massepunkte gültigen Beziehungen.



### Abbildung 1: Modellbildung zum Wildunfall bezugnehmend auf die Theorie von Stößen

Bei den theoretischen Untersuchungen werden die komplexen physikalischen Vorgänge während des Stoßes nicht betrachtet. Die Berechnungen betreffen ausschließlich kinematische (Geschwindigkeiten) und dynamische (Impuls, Drehimpuls) Größen **vor** (ungestrichene Größen) und **nach** (gestrichene Größen) dem Stoß. Es werden zudem meist ebene (zweidimensionale) Bewegungen betrachtet.

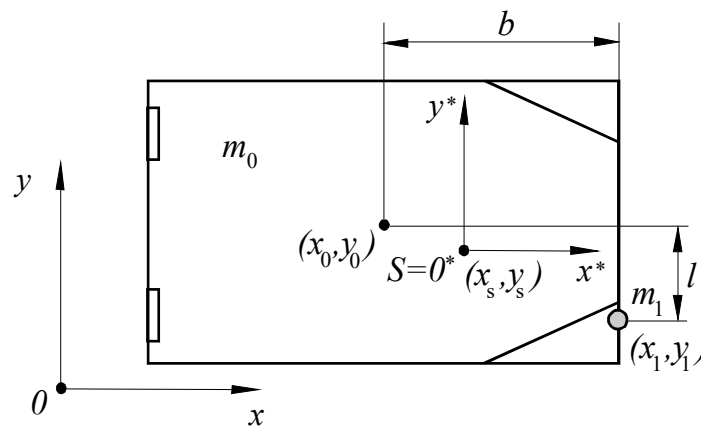
Nach der Modellbildung und unter Berücksichtigung der Klassifizierung führt die Analyse des Wildunfalls zu einem

- **exzentrischen** (die Stoßnormale verläuft nur durch einen oder keinen Schwerpunkt)
- **schiefen** (die Geschwindigkeiten der Körper liegen nicht auf der Stoßnormalen)
- **teil-elastischen** (Stoß mit Energiewandlungen)

Stoß zweier Körper.

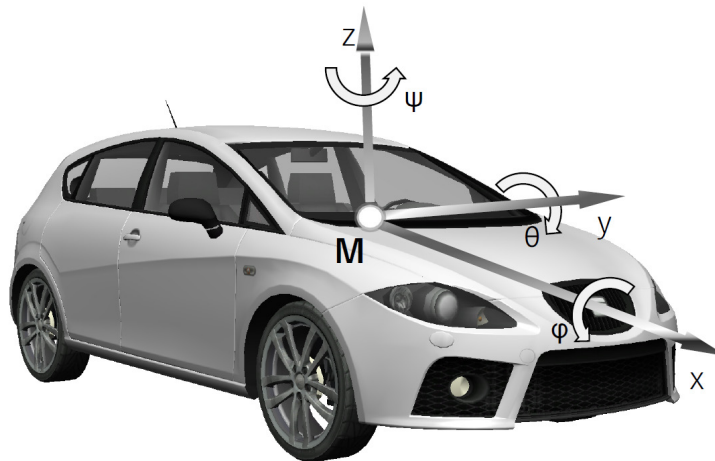
### 2.2.2 Einfluss des Wildtieres auf das Fahrzeugverhalten nach der Kollision

Nachfolgend soll der Einfluss des Wildtieres auf die Art der Fahrzeugbewegung untersucht werden, d.h. es ist eine mögliche Veränderung des Fahrzeug-Drehimpulses zu berechnen und zu bewerten. Für das Tier wird dabei ein Massepunktmodell angenommen. Zur Lösung der Aufgabe werden die Gleichungen (1.1) unter Verwendung von zwei Koordinatensystemen formuliert, Abb.2.



**Abbildung 2: Koordinatensysteme zur Stoßanalyse (dargestellt im Moment des Kontaktes)**

Das System  $\{0, x, y\}$  ist ein **raumfestes** Bezugssystem und das System  $\{0^*, x^*, y^*\}$  bezeichnet das, mit dem gemeinsamen Systemschwerpunkt  $S \equiv 0^*$ , **mitbewegte** Koordinatensystem. Die Orientierung der Koordinatenachsen entspricht dem Fahrzeugkoordinatensystem aus der DIN 70000 bzw. ISO 8855:2011; (Abb. 3). Die x-Richtung ist in Fahrtrichtung des Pkw, die y-Richtung in Fahrtrichtung nach links und z-Richtung entspricht der Hochachse (analog dem „Kistler-Koordinatensystem der Biomechanik“).



**Abbildung 3: Fahrzeugkoordinatensystem nach ISO 88545:2011**

- $x_0, y_0$  die Koordinaten des Fahrzeugschwerpunktes,
- $x_1, y_1$  die Koordinaten des Tieres,
- $x_s, y_s$  die Koordinaten des Systemschwerpunktes Fahrzeug-Tier jeweils im raumfesten Bezugssystem. Die Fahrzeugmasse ist  $m_0$ , die Fahrzeuggeschwindigkeit vor dem Stoß  $v_0 = \dot{x}_0$  und die Tiermasse beträgt  $m_1$ . Der gemeinsame Schwerpunkt hat die Koordinaten

$$x_s = \frac{m_0 x_0 + m_1 x_1}{m_0 + m_1}, \quad y_s = \frac{m_0 y_0 + m_1 y_1}{m_0 + m_1} \quad (\text{Gl. 02})$$

Die Koordinaten  $x_0^*, y_0^*$  bzw.  $x_1^*, y_1^*$  des Fahrzeugschwerpunktes und des Tieres im mitbewegten Koordinatensystem lauten

$$\begin{aligned} x_0^* &= x_0 - x_s = x_0 - \frac{m_0 x_0 + m_1 x_1}{m_0 + m_1} = \frac{m_1 (x_0 - x_1)}{m_0 + m_1} \\ y_0^* &= y_0 - y_s = y_0 - \frac{m_0 y_0 + m_1 y_1}{m_0 + m_1} = \frac{m_1 (y_0 - y_1)}{m_0 + m_1} \\ x_1^* &= x_1 - x_s = x_1 - \frac{m_0 x_0 + m_1 x_1}{m_0 + m_1} = \frac{m_0 (x_1 - x_0)}{m_0 + m_1} \\ y_1^* &= y_1 - y_s = y_1 - \frac{m_0 y_0 + m_1 y_1}{m_0 + m_1} = \frac{m_0 (y_1 - y_0)}{m_0 + m_1} \end{aligned} \quad (\text{Gl. 03})$$

Mit der Annahme eines stehenden Tieres ( $\dot{x}_1 = \dot{y}_1 = 0$ ) erhält man durch zeitliche Ableitung die Geschwindigkeiten von Fahrzeug (0) und Tier (1) im mitbewegten Koordinatensystem bis zum Moment des Kontaktes

$$v_{0x^*} = \frac{m_1 v_0}{m_0 + m_1}, \quad v_{0y^*} = 0, \quad v_{1x^*} = -\frac{m_0 v_0}{m_0 + m_1}, \quad v_{1y^*} = 0 \quad (\text{Gl. 04})$$

Der Drehimpuls des Systems  $D^*$  bezüglich des Systemschwerpunktes  $S \equiv 0^*$  vor dem Stoß besteht aus den beiden Anteilen  $D_0^*$  (Drehimpuls des Fahrzeuges) und  $D_1^*$  (Drehimpuls des Tieres) die gemäß (Gl. 01) berechnet und addiert werden.

$$\begin{aligned}
 D^* &= D_0^* + D_1^* \\
 D_0^* &= -m_0 v_{0x^*} |y_0^*| = -\frac{m_0 m_1}{m_0 + m_1} v_0 \frac{m_1 l}{m_0 + m_1} = -\frac{m_0 m_1^2 l}{(m_0 + m_1)^2} v_0 \\
 D_1^* &= m_1 v_{1x^*} |y_1^*| = -\frac{m_0 m_1}{m_0 + m_1} v_0 \frac{m_0 l}{m_0 m_1} = -\frac{m_1 m_0^2 \cdot l}{(m_0 + m_1)^2} v_0 \\
 D^* &= -\frac{m_0 m_1 l}{m_0 + m_1} v_0
 \end{aligned} \tag{Gl. 05}$$

Nach dem Drehimpulserhaltungssatz (Gl. 01) gilt  $D^* = D^{*l}$ ,  
d.h. mit (Gl. 05) und (Gl. 01)

$$-\frac{m_0 m_1 l}{m_0 + m_1} \cdot v_0 = J_S \omega^l \tag{Gl. 06}$$

wobei unter Verwendung des Satzes von Steiner

$$\begin{aligned}
 J_S &= J_0 + m_0(x_0^{*2} + y_0^{*2}) + m_1(x_1^{*2} + y_1^{*2}) \\
 J_S &= J_0 + m_0 \frac{m_1^2(b^2+l^2)}{(m_0+m_1)^2} + m_1 \frac{m_0^2(b^2+l^2)}{(m_0+m_1)^2},
 \end{aligned}$$

mit

$$J_0 = 0,1269 \cdot m \cdot Fz_{länge} \cdot R \quad (\text{Burg 1982}) \tag{Gl. 07}$$

ist.

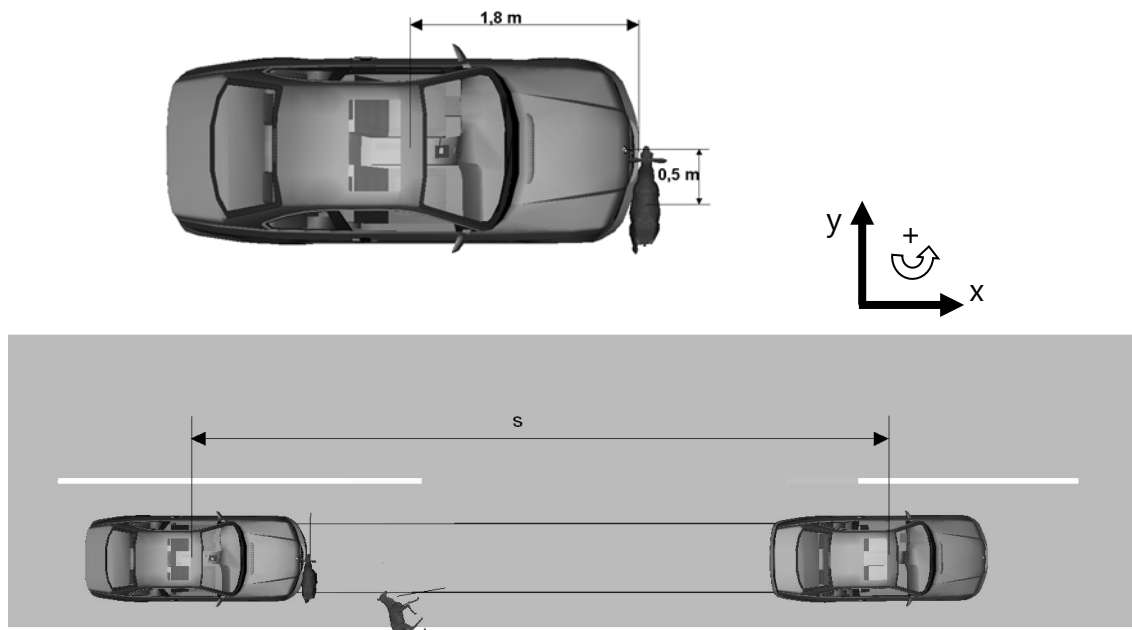
Für das Massenträgheitsmoment des Systems um die Hochachse folgt schließlich

$$J_S = J_0 + \frac{m_0 m_1 (b^2 + l^2)}{m_0 + m_1} \tag{Gl. 08}$$

Damit ergibt sich eine Winkelgeschwindigkeit des Systems nach dem Stoß von

$$\omega^l = -\frac{m_0 m_1 l}{(m_0 + m_1) J_S} v_0 = -\frac{m_0 m_1 l}{(m_0 + m_1) J_0 + m_0 m_1 (b^2 + l^2)} v_0 \tag{Gl. 09}$$

Es soll ein konkretes Beispiel mit numerischen Werten untersetzt werden.



**Abbildung 4: Beispiel für einen Wildunfall**

Die Parameter seien wie folgt gewählt:

Fahrzeugmasse  $m_0 = 1250 \text{ kg}$ , Tiermasse  $m_1 = 22 \text{ kg}$ , Bremsweg  $s = 14,7 \text{ m}$ ,

Verzögerung  $a = 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , siehe auch Abbildung 4.

Die beiden letzten Angaben erlauben die Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit nach dem Stoß, gemäß der kinematischen Beziehungen  $v_0^| = \sqrt{2 a s}$ . Man erhält eine Geschwindigkeit von  $v_0^| = 14,85 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Zur Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_0$  vor dem Stoß wird bei der Unfallrekonstruktion die Annahme eines zentralen, nichtelastischen Stoßes bei nichtbewegter Masse  $m_1$  (d.h. es gilt  $v_1 = 0$ ) getroffen (Burg und Rau 1981). Aus dem Impulserhaltungssatz (Gl. 01)

$$m_0 v_0 + m_1 v_1 = m_0 v_0^| + m_1 v_1^|$$

erhält man somit

$$m_0 v_0 = m_0 v_0^| + m_1 v_1^|$$

und unter Berücksichtigung der genannten Annahmen  $v_1 = 0$  (Tier hat keine Geschwindigkeit in Fahrtrichtung) und  $v_0^| = v_1^|$  (vollständig nichtelastischer Stoß) folgt für die Fahrzeuggeschwindigkeit vor dem Stoß

$$v_0 = \frac{m_0 + m_1}{m_0} v_0^| \quad (\text{Gl. 10})$$

Das Einsetzen der Angaben in die Gleichung (Gl. 09) ergibt  $v_0 = 15,11 \frac{m}{s}$ , was gemäß Beziehung (Gl. 08) zu einer Winkelgeschwindigkeit des Systems nach dem Stoß von  $\omega^l = 0,1 \frac{rad}{s}$  führt.

Bemerkung: Da in der Praxis für den Nenner der Gleichung (Gl. 09) die Relation  $\frac{J_0}{m_0(b^2+l^2)} \gg \frac{m_1}{(m_0+m_1)}$  gilt, wird bei anderen Autoren (Burg und Rau 1981) der Term  $m_0 m_1 (b^2 + l^2)$  vernachlässigt.

Aufgrund des kleinen Wertes für  $\omega^l$  geht man davon aus, dass das Fahrzeug in seiner Fahrtrichtung durch den Aufprall nur wenig beeinflusst wird und dadurch nicht in Rotation um die Hochachse gerät. Gierbewegungen (Schleudern) nach dem Stoß können nur durch vom Fahrer eingeleitete Fahrzeugmanöver entstehen.

### 2.3 Stand der Wissenschaft: Tierhaare und andere Analysen

Im Folgenden sei ein Exzept aus diversen Quellen (Meyer et al. 2002), (Teerink 1991), (Toldt 1935), (Lochte 1938) in Kombination mit eigenem Anschauungsmaterial gegeben:

Haare (Haar: lat. *capilaris*, *crinis*, *pilus*) bilden die Körperbedeckung (Integument) bei Säugetieren. Sie unterscheiden sich in Länge, Breite und Farbgebung. Die Einflüsse der Jahreszeiten sind bei der Betrachtung der Haare zu berücksichtigen.

Das Wachstum der Haare ist nicht gleichmäßig, sondern verläuft in Zyklen.

Unterschieden wird in:

Anagenphase	Wachstumsphase
Katagenphase	Übergangsphase
Telogenphase	Ruhephase

#### 2.3.1 Haartypen

**Deck- oder Fellhaare (*Capilli*)** (Abbildung 5, AMH-00007)

Deck- und Fellhaare zeichnen sich durch verschiedene Haarformen aus.

Diese lassen sich am besten beurteilen, da sich die tierartspezifischen Merkmale bei entsprechender Vergrößerung sehr gut darstellen lassen.



© Adrian Kruse

**Abbildung 5: Deckhaare eines Dachses**

**Wollhaare (*Pili lanei*)** (Abbildung 6, AMH-00013)

Die Wollhaare vom Feldhasen bilden das Unterfell und dienen der Wärmeisolierung. Sie haben kein oder fast kein Haarmark (Medulla). Das bloße Vorhandensein von Wollhaaren lässt eine sichere Tierartbestimmung nicht zu, da keine signifikanten Artunterschiede bekannt sind.



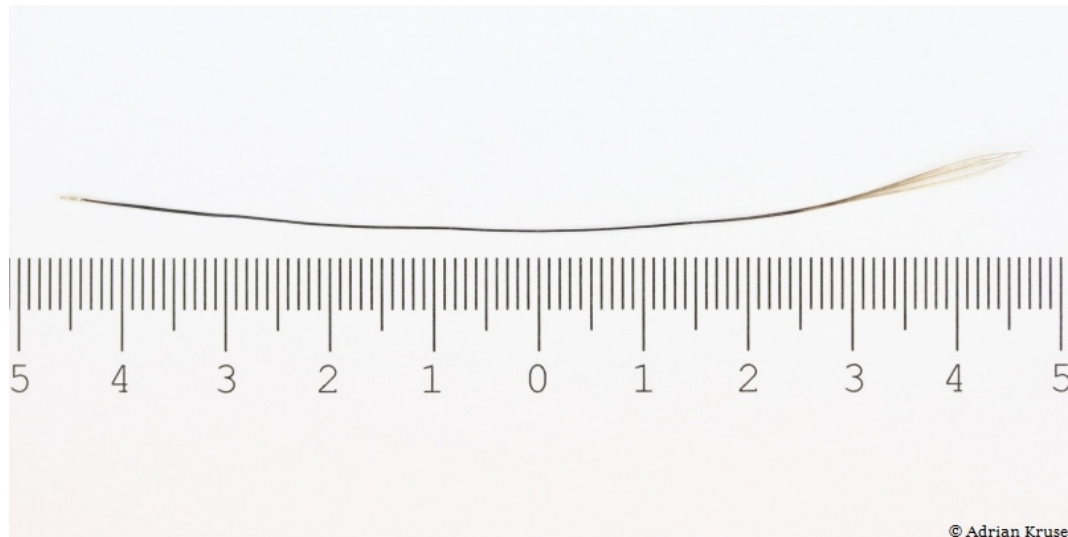
© Adrian Kruse

**Abbildung 6: Wollhaar vom Fuchs (Skalierung 1 mm)**



**Borstenhaare (Setae)** (Abbildung 7, RHA-00104)

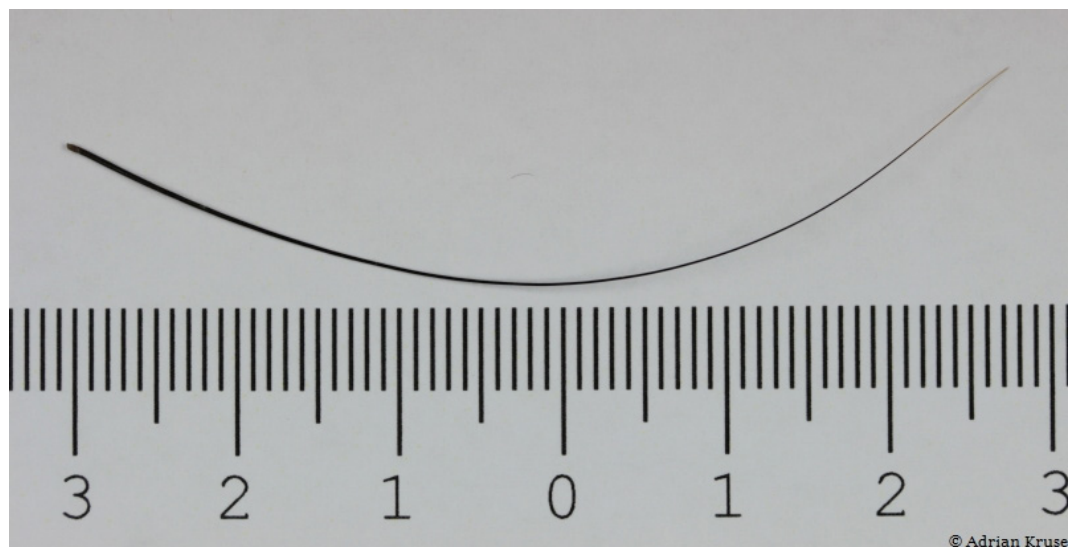
Die Borstenhaare kommen als Deck- und Schutzhaare vor. Sie sind reißfest und elastisch, gegenüber anderen Deckhaaren sehr dick und besitzen eine dichte Markstruktur.



**Abbildung 7: Wildschweinhaar**

**Tasthaare (Vibrissae)** (Abbildung 8, AMH-00059)

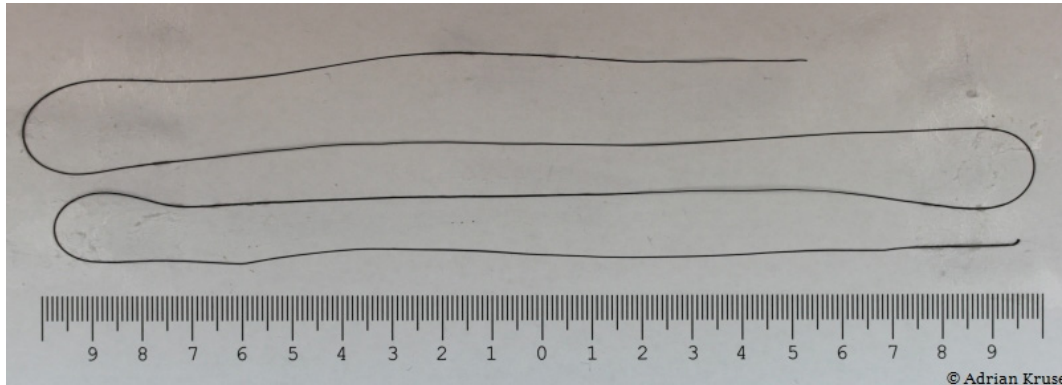
Die Tasthaare, welche auch als Schnurr- oder Sinushaare bezeichnet werden, sind elastisch und weisen eine hohe Reißfestigkeit auf.



**Abbildung 8: Vibrisse vom Fuchs**

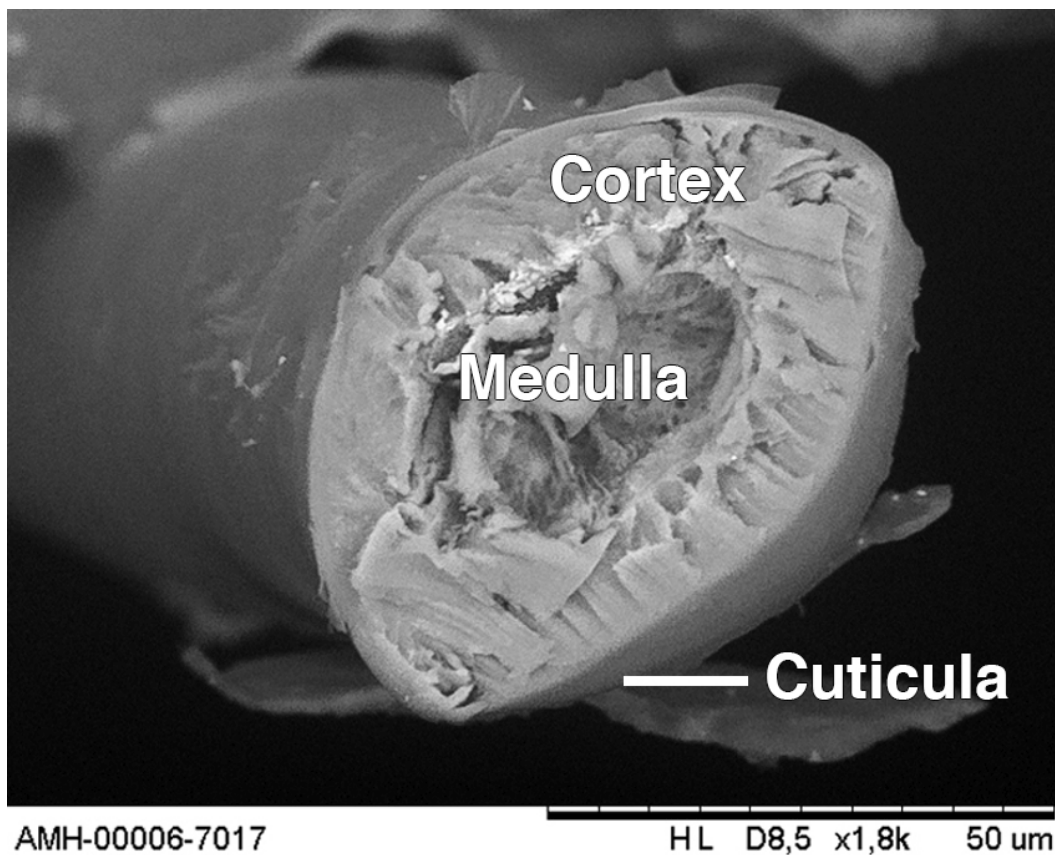
**Langhaare** (Abbildung 9, RHA-00137)

Die Langhaare sind eine Sonderform der Haare, welche besonders lang wachsen wie z.B. Schwanzhaare von Pferden (Schweif).



**Abbildung 9: Schwanzhaar vom Pferd**

Für die intendierte Analyse der Haare eignen sich hauptsächlich die Deckhaare, welche tierartspezifisch in unterschiedlichen Haarformen vorliegen.



**Abbildung 10: Querschnitt des Deckhaares eines Rotfuches (15 kV x1300)**

Der Haarschaft ist im Wesentlichen in drei Schichten aufgebaut. In der Mitte befindet sich das Haarmark - die Medulla. Danach kommt die Rindenschicht, welche als Cortex (eingedeutscht: Kortex) bezeichnet wird. Die nach außen abschließenden Zellränder der Rindenschicht bilden die Cuticula. In Abbildung 10 (AMH-00006) werden die Schichten anhand des Haarquerschnitts eines Rotfuchses dargestellt.

Die Cuticula und die Medulla sind bei den einzelnen Tierarten unterschiedlich aufgebaut und eignen sich daher sehr gut zur Tierartbestimmung. So lassen sich beispielsweise anhand der Haardicke und der Ausprägung des Cortex bei Reh- und Damwild das Sommer- und Winterhaar unterscheiden.

#### **2.4 Forensische Bestimmung der Tierart aus der Analyse von Tierhaaren**

Die Bestimmung der Tierart aus Haaren wird in allen in der eigenen Tätigkeit bekanntgewordenen Gutachten über die Lichtmikroskopie geführt.

Für die Zuordnung der Tierart steht Literatur mit gezeichneten Tierhaaren zur Verfügung (Litterscheid und Lambardt 1921; Lochte 1938; Garn 1951; Hicks 1977; Teerink 1991; Anderson 2001; Chernova 2002; Herrmann und Saturnus 2007; Davis 2010; Felix et al. 2014).

Auch für die Bestimmung der Haare im Rasterelektronenmikroskop (REM) gibt es Untersuchungen. In diesen werden Abschnitte von Tierhaaren gezeigt (Wyatt und Riggott 1977; Riggott und Wyatt 1980; Federal Bureau of Investigation 1985; Kijewski 1997; Meyer et al. 2002; Dahiya und Yadav 2012; Brown und Swift 2012; Taru et al. 2013).

Ebenfalls aus Gutachten anderer Sachverständiger bekannt, werden bei der Untersuchung für die Tierartbestimmung die im Haar vorkommenden Elemente qualitativ bestimmt.

Eine Betrachtung der durch Tiere verursachten Schadenbilder am Fahrzeug wird nur in wenigen Einzelfällen durchgeführt. Für Wildunfallversuche werden aus Kunststoff oder aus Holzgestellen mit Ummantelungen tierähnliche Körper geformt. Die daraus resultierenden Schadenbilder weichen mitunter erheblich von den aus tatsächlichen Wildkollisionen verursachten Schadenbildern ab (Lindenkämper et al. 2010).

Die Wörter Sachverständiger oder Gutachter sind keine geschützten Bezeichnungen und können von jedem verwendet werden. Vorschriften oder Richtlinien zu Standardabläufen bei der Untersuchung von Wildverkehrsunfällen und Haaranalysen gibt es nicht. Die Qualität der Gutachten hängt von den Erfahrungen des Einzelnen ab, da es keine spezielle Ausbildung gibt. Die

vollständige Aufklärung des Wildunfalls kann aber nur mit Wissen zu biologischen Spuren und der Crashanalyse erfolgen. Bisher erfolgt vornehmlich eine Teilbetrachtung. So werden Haare untersucht, und bei gelungener Bestimmung einer Tierart wird von einer Tierkollision ausgegangen. Eine Betrachtung zum Reaktionsverhalten des Fahrzeugführers und der Spurenbilder am Fahrzeug erfolgt nur in Ausnahmen.

### **2.4.1 Haarspuren**

Für die Untersuchung von Haaren gibt es verschiedene Methoden. Die einfachste und meist verwendete erste Analyse ist die Betrachtung unter dem Lichtmikroskop. Ein möglichst vollständiges Haar wird ausgesucht und bei grober Verschmutzung mit destilliertem Wasser gereinigt. Dann erfolgt die Lagerung auf einem durchsichtigen Probenträger. Darauf werden destilliertes Wasser und ein Deckglas gegeben. Die Betrachtung erfolgt mit verschiedenen Vergrößerungen. Anhand der Form des Haarmarkes, welches sich im Haarinneren befindet, lässt sich dann mitunter die Tierart eingrenzen oder sogar sicher bestimmen. In den Fällen, bei denen keine sichere Bestimmung unter dem Lichtmikroskop möglich ist, sollte die Untersuchung im REM weitergeführt werden. Anhand der Cuticulazeichnung und der vorab erkannten Merkmale lässt sich in den meisten Fällen die Tierart bestimmen.

In den Fällen, in denen das Haar nicht vollständig vorliegt, wenn beispielsweise die apikalen (spitzennahen) oder basalen (wurzelnahen) Bereiche fehlen, oder nur kurze Fragmente vorhanden sind, ist es ratsam, die Probe weiter zu untersuchen. Dabei werden die Konzentrationen chemischer Elemente an mehreren Stellen ortsaufgelöst bestimmt, um Aussagen zu den Bestandteilen des Haares machen zu können. Die Analyse erfolgt dabei im Rasterelektronenmikroskop durch die Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDRS, EDS, EDX) zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung.

Wenn genügend Haarmaterial oder nur Blut am Fahrzeug verblieben ist, kann die Untersuchung der Desoxyribonukleinsäure, besser bekannt als DNS- bzw. DNA-Analyse, erfolgen. Damit lässt sich die Tierart exakt bestimmen, was aber heute noch instrumentell aufwendig und damit stark kostensteigernd ist.

### **2.4.2 Methoden der Haaranalyse**

Die Zuordnung von Haaren zu einer Tierart hängt zum einen von den zur Verfügung stehenden Untersuchungsgeräten und zum anderen von den Erfahrungen des Untersuchenden ab.

In der Literatur gibt es nur wenige aktuelle Quellen, die Informationen zum Aufbau und zur Bestimmung von Haaren verschiedener Tierarten geben (Lochte 1938; Teerink 1991). Die beschriebenen Untersuchungen erfolgten vornehmlich mit dem Lichtmikroskop, wobei die Lichtbildtechnik zum Zeitpunkt der Studien deutlich geringere Möglichkeiten als heute bot. Gerne als Referenz benutzte Zeichnungen zur Markstruktur und *Cuticula* von Haaren befinden sich im „Atlas der menschlichen und tierischen Haare“, welcher 1938 erschienen ist (Lochte 1938).

Im „REM-Atlas zur Haarcuticulastruktur mitteleuropäischer Säugetiere“ (Meyer et al. 2002) wird die *Cuticula* von Haaren sowie deren Formen in jeweils drei Haarabschnitten dargestellt. Eine vollständige Sammlung und Dokumentierung des Haarinneren und Haaräußeren von der Wurzel bis zur Haarspitze ist nicht bekannt.

Da sich Tierhaare an den verschiedenen Körperstellen in Färbung, Länge, Dicke und Aufbau stark unterscheiden und je nach Jahreszeit variieren, stützt sich die Tierartbestimmung bisher auf die Heranziehung von Vergleichshaaren und ein hohes Maß an Erfahrung.

Es konnte keine Sammlung und Auswertung der EDX-Analysen von Tierhaaren gefunden werden. Da aber dieses Analyseverfahren zur Interpretation angewendet wird, liegt es bisher offensichtlich allein am Untersuchenden, welche Schlussfolgerungen aus den Messungen gezogen werden.



### **3 Konkretisierte Zielstellung**

Für die hier erstellte Arbeit sollen Haarproben von bekannten Tierarten untersucht werden, um diese mit den am Fahrzeug gefundenen Haaren vergleichen zu können. Die Ergebnisse sollen in einer Datenbank zusammengefasst werden, um die Möglichkeit eines selektiven Abgleiches zu bieten.

Hierfür soll untersucht werden, ob sich mit der Kombination morphologischer Analyse auf verschiedenen Skalenebenen und ortsauflösender Messungen der Konzentration chemischer Elemente Haarproben eindeutig einer Tierart zuordnen lassen, und ob eine Abgrenzung zu manipulierten Haarspuren möglich ist. Dazu ist zu untersuchen, ob sich mit den bekannten Methoden zur Haaranalyse die Tierart sicher bestimmen lässt.

Zur Feststellung, ob eine Manipulation vorliegt, sind an Abschnitten nativer und definierter präparierter Haare vergleichende Messungen der Verteilung der chemischen Elemente durchzuführen. Anhand der Spezifität der EDX soll beurteilt werden, ob eine einzige Messung genügt, um ein signifikantes Ergebnis zu erhalten.

Es soll eine Sammlung von Tierhaaren, (zur Identifizierung möglicher Confounder möglichst aus unterschiedlichen Jahreszeiten) untersucht werden, um zu prüfen, ob anhand dieser eine eindeutige Bestimmung der Tierart möglich ist. Ziel ist es, eine umfängliche, gut dokumentierte Sammlung von Haaren jener Tierarten, welche am häufigsten mit Fahrzeugen kollidieren, zu erstellen. Dabei soll das Haar makroskopisch und mikroskopisch, sowie die Cuticula so dargestellt werden, dass mit Unterstützung einer Datenbank ein schneller und sicherer Abgleich möglich ist. Da zur Prüfung von Haaren auf Manipulation häufig eine EDX-Analyse durchgeführt wird, soll durch Messungen von außen und am Haarinneren untersucht werden, ob diese Methode zielführend ist und zu verwertbaren Ergebnissen führt. Vice versa sollen in einer weiteren Datenbank Vergleichsfälle zu Kollisionen von Tieren mit Fahrzeugen gesammelt werden, um die zu erwartenden Verformungen und Schadenbilder am Fahrzeug aufzuzeigen. Mit Hilfe von Versuchen soll diese Sammlung ergänzt, und der Unfallhergang besser beschrieben werden.

Neben der Auswertung der Haar-, Blut- oder sonstigen Spuren und deren Zuordnung zu einer Tierart soll das Schadenbild am Fahrzeug überprüft werden. Dabei gilt es u.a. zu klären, ob das Schadenbild am Fahrzeug der ermittelten Tierart zugeordnet werden kann.

Die theoretische Betrachtung zum Wildunfall muss experimentell überprüft werden, um eine belastbare Grundlage für eine weitergehende Interpretation der Haaranalysen zu schaffen.



## 4 Material und Methode: Tierhaare

### 4.1 Untersuchte Tierarten






Für die Einteilung der Tierarten gilt in der wissenschaftlichen Literatur die zoologische Taxonomie als verbindliche Bezugsgrundlage (Mayr 1975; Kraus 2000). In dieser Arbeit werden einige ausgewählte Tierarten betrachtet:

Reh [*Capreolus capreolus*], Damwild [*Dama dama*], Wildschwein [*Sus scrofa*], Dachs [*Meles meles*] und Fuchs [*Vulpes vulpes*]. Als *Vulpes* werden alle echten Füchse bezeichnet. Zu dieser Gattung zählen zwölf Arten. In Deutschland ist nur der Rotfuchs [*Vulpes vulpes*] heimisch, weshalb hier auch nur diese Fuchsart Beachtung findet.

In einigen Literaturen wird die Tiermasse in Wildbretmasse (aufgebrochenes Wild), bei anderen in Lebendmasse angegeben. Da bei der weiteren Betrachtung nur die Lebendmasse des Tieres von Interesse ist, wird nachfolgend nur diese als „Tiermasse“ angegeben.

Bei der Länge handelt es sich um die Tierlänge ohne Schwanz (Scheitel-Steiß-Länge, SSL), und bei der Höhe um die Widerristhöhe.

**Tabelle 1: Morphometrische Kenndaten der untersuchten Tiere**

Tierart	Icon	Masse [kg]	Länge [m]	Höhe [m]	n
Reh ( <i>Capreolus capreolus</i> )		20,4 ± 3,9	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	23
Damhirsch ( <i>Dama dama</i> )		28,6 ± 19,5	1,1 ± 0,3	0,7 ± 0,1	9
Dachs ( <i>Meles meles</i> )		11,4 ± 3,3	0,8 ± 0,1	0,3 ± 0,0	3
Rotfuchs ( <i>Vulpes vulpes</i> )		5,5 ± 0,3	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1	4
Wildschwein ( <i>Sus scrofa</i> )		48,1 ± 20,8	1,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1	12

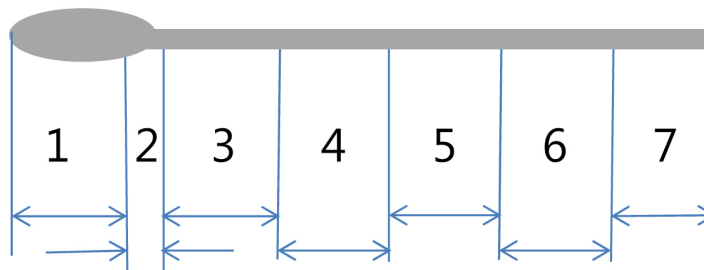
Die Angaben zu Masse, Länge und Höhe beruhen auf eigenen Messungen. In der Literatur gibt es abweichende Angaben. Abweichungen zu den aufgeführten Werten sind daher möglich.

## Methoden zur Untersuchung der Spuren

Vornehmlich handelt es sich bei den sichergestellten Spuren um Haare. Es können aber auch Blut- oder andere Spuren des Tierkörpers sein.

Die Einteilung von Haaren erfolgt in der Literatur nach freien Festlegungen (Quist et al. 2013; Voges et al. 2012; Summarell et al. 2015).

Für die Untersuchung wird das vollständige Haar von der Wurzel bis zur Spitze in sieben imaginäre Abschnitte unterteilt. Es geht dabei im Wesentlichen um die Untersuchung des Haares in den Abschnitten 3 bis 6, da sich dort die entscheidenden charakteristischen Merkmale befinden.



**Abbildung 11: Haaraufteilung**

Der Bereich 1 zeigt die Wurzel, und der Bereich 2 den Übergang von der Wurzel zum Haarschaft. Die Bereiche 3 bis 6 liegen im mittleren Haarabschnitt. Im Bereich 7 wird die Spitze des Haares dargestellt. Abbildung 11 zeigt die Aufteilung vom Haar.

**Tabelle 2: Haarentnahmestellen**

K	Kopf
H	Hals
F	Flanke
B	Bauch
R	Rücken
L	Lauf
S	Schwanz
N	nicht zugeordnet

Die Buchstaben für die Haarentnahmestellen werden zur Bildbeschriftung im Rasterelektronenmikroskop benötigt.

Für die Zuordnung der Haare wurden die Tierhaarproben nach der Entnahmestelle am Tier unterschieden. Tabelle 2 dokumentiert die Kennzeichnung dieser Körperstellen („Regionen“). Bei der Entnahmestelle „N“ wurden Haare durch bloßes Überstreichen am Tier entnommen oder Haarbüschel

im Tiergehege gesichert, weshalb sie keiner genauen Position am Tier zugeordnet werden können.

#### **4.1.1 Makroskopische Untersuchung**

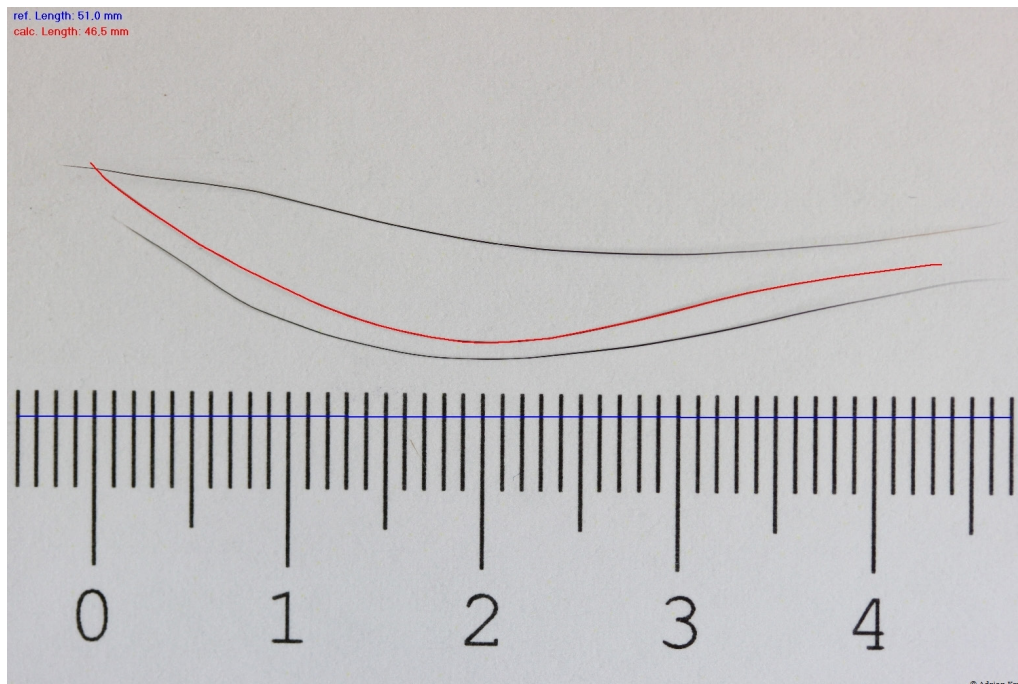
Für die Betrachtung der Haare wurden möglichst die Deckhaare ausgewählt. Beschrieben werden die Haarlänge (gestreckt), Besonderheiten im Farbverlauf und die Haarformen (gerade, gebogen, gewellt). Es wurde abgesichert, dass die Deckhaare die typischen Charakteristika der einzelnen Tierarten aufwiesen.

##### **Hilfsmittel für die makroskopische Untersuchung**

Die makroskopische Dokumentation der Haare erfolgte mit einer Digital-Kamera (Canon EOS 500D), die Bildauflösung beträgt 4.752 x 3.168 Bildpunkten<sup>2</sup>, die Bildarchivierung erfolgte im JPG-Format. Für die Aufnahme wurde das Makroobjektiv Canon EF-S 60/2.8 USM Makro mit fester Brennweite von 50 mm verwendet. Die Aufnahme wurde unter Nutzung des Reproduktionsgerätes RS-1 RTP der Firma Kaiser erstellt. Damit waren standardisierte, gleichmäßig senkrechte Aufnahmen ermöglicht. Die Ausleuchtung erfolgte mit der Kaiser-Beleuchtungseinrichtung RB-5000 bei einer Farbtemperatur 5.400 K, welche zur standardisierten und optimierten Farbdarstellung erforderlich ist. Zur Realisierung einer Maßverkörperung wurde das Haar auf ein mit Maßstab versehenes Papier gelegt.

##### **Beschreibung und Dokumentation des Haares**

Die augenscheinlich zu erkennenden Merkmale wurden beschrieben. Die Original-Lichtbilder wurden unter Verwendung einer Referenznummer gespeichert. Mit Unterstützung des Programms MeasureMaster in der Version V12.062 (main view) wurde die Haarlänge gemessen (Abbildung 12). Zuerst wurde eine Referenzlänge erzeugt und danach in kleinen Zwischenschritten die Haarlänge ausgemessen (Sekantenverfahren zur Messung der Bogenlänge als Integral der Laufkoordinate). Das Ergebnis wurde im Foto oben links mit Referenzmaß als Maßverkörperung und gemessener Länge abgelegt. In der Abbildung 12 ist das Haar vom Feldhasen (*Lepus europaeus*) aus der Sammlung von Referenzhaaren mit der Datennummer RHA-00130-3-2 dargestellt.



**Abbildung 12: Messung der Haarlänge**

### **Betrachtung unter der Lupe**

Nach der makroskopischen Betrachtung wurde das Haar unter der Lupe auf Vollständigkeit und Abgrenzbarkeit von Wurzel und Haarspitze betrachtet. Die Vergrößerung betrug je nach eingesetzter Lupe das 1,7 bis 2,2-fache.

Auf eine bildliche Darstellung der Haare mit der Lupe wird verzichtet, da das Haar makroskopisch und dann unter dem Lichtmikroskop ausreichend dokumentiert wurde.

### **4.1.2 Mikroskopische Untersuchung**

Mit Hilfe des Mikroskops wurden die Markstrukturen und das Mark-Rindenverhältnis im Haarinneren zur Feststellung der Tierart betrachtet. Die in den Bildunterschriften angegebene Vergrößerung gelten bei einer Seitengröße von 21,0 cm x 29,7 cm DIN A4.

### **Hilfsmittel für die mikroskopische Untersuchung**

Die mikroskopische Untersuchung erfolgte wahlweise mit dem Durchlichtmikroskop Axiostar plus oder dem Auf- und Durchlichtmikroskop Stemi 508 (Carl Zeiss Optik).

Mit dem Stemi 508 lässt sich eine 50fache Vergrößerung, und beim Axiostar plus eine bis zu 600fache Vergrößerung erreichen.

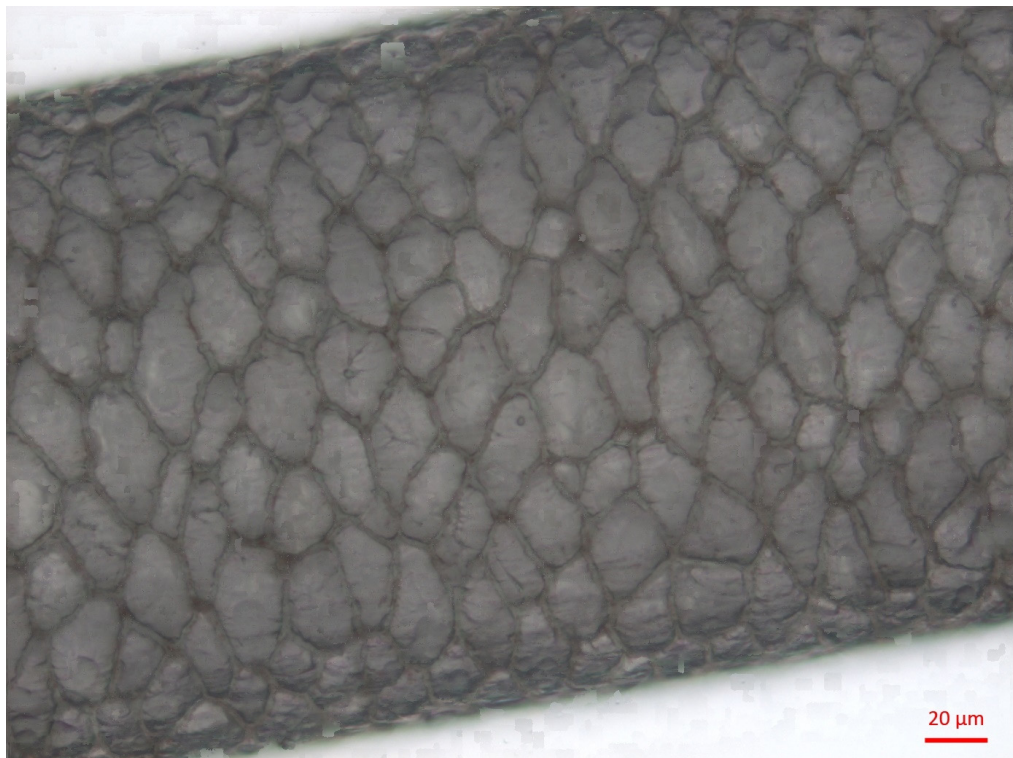
Zur lichtbildtechnischen Dokumentierung werden verschiedene Kameras eingesetzt. Bei der Axiostar wird die digitale Mikroskopie-Kamera AxioCam ICc1 Rev.4 (Zeiss), welche eine maximale Auflösung von 1.388 x 1.038 Bildpunkten<sup>2</sup> erreicht, eingesetzt. Beim Stemi 508 wird die Axicam 105 color (Zeiss) mit 2.560 x 1.920 Bildpunkten<sup>2</sup> verwendet.

Wegen des röhrenförmigen Aufbaus der Haare konnten bei ersten Dokumentationen oftmals nur Teilabschnitte scharf dargestellt werden.

Nach einem Upgrade der Software wurde es möglich Stapelbilder zu verarbeiten, und damit den tiefer- und höher gelegenen Bereich bzw. Rand und Haarmitte gleichzeitig scharf darzustellen.

### **Beschreibung und Dokumentation des Haares**

Die unter dem Durchlichtmikroskop ersichtlichen Strukturen von *Medulla* und *Cortex* werden in den vorher definierten Teilbereichen dokumentiert (vgl. Abbildung 13). Die vorhandenen spezifischen Darstellungen im Haar werden als Lichtbild mit Maßstab gespeichert. Sichtbar wird unter dem Lichtmikroskop deren zellige Struktur.



**Abbildung 13: Medulla eines Damhirschhaares Lichtmikroskop (x440)**

### 4.1.3 Rasterelektronenmikroskopie

#### **Beschreibung des Rasterelektronenmikroskops**

Für die Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop wurde ein TM-3000 (Hitachi®) verwendet. Die ausführlichen Gerätedaten sind in Anhang 4 aufgeführt. Das Bild entsteht bekanntlich dadurch, dass der Elektronenstrahl in einem Raster zeilenweise über die Probe geführt wird. In einer Ablenkspule, welche als Linse fungiert, werden in einem Magnetfeld die zurück gestreuten Elektronen (engl. backscattered electrons, BSE) aufgefangen und auf einen Sensor gelenkt. Aus den Sensordaten wurde bei dem hier verwendeten Gerät ein Bild erzeugt, welches im TIF-Format mit einer Auflösung von 640 x 550 Bildpunkten<sup>2</sup> gespeichert wurde. Bei der herkömmlichen Untersuchung von Haaren im Rasterelektronenmikroskop müssen diese in der Regel präpariert werden, um eine Aufladung zu vermeiden. Dazu werden die Haare mit Gold oder Kohlenstoff bedampft („Sputtern“). Diese Vorbereitung ist bei dem hier verwendeten Gerät nicht erforderlich. Die aufwändige Vorbehandlung entfällt, was zu einer nicht unerheblichen Zeitersparnis führt. Das Gerät verfügt über zwei Betrachtungsmodi. Der Standardmodus eignet sich gut für die Untersuchung von Metallen. Im „Reduction-Mode“ mit Niedrigvakuum können wasserreiche organische Materialien wie Organismen und Haare ohne signifikante Aufladung durch den Elektronenstrahl betrachtet werden. Die Haare wurden auf ein beidseitig klebendes Leitpad gelegt und konnten ohne weitere Probenvorbereitung untersucht werden.

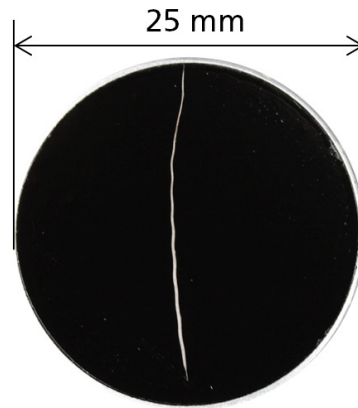
#### **Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop**

Um die Cuticulastruktur deutlich herauszuarbeiten, wurde das Haar im Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht. Mit dem Rasterelektronenmikroskop wird generell eine höhere Schärfentiefe als unter dem Lichtmikroskop erreicht. Dabei wurde das Haar von der Wurzel bis zur Spitze vollständig betrachtet und abschnittsweise dokumentiert, was zur Beurteilung der Proben und Zuordnung der Tierart hilfreich ist. Die Dokumentierung in Bildern erfolgte von den Haarwurzeln bis zur Haarspitze, im Bild von unten nach oben zu betrachten.

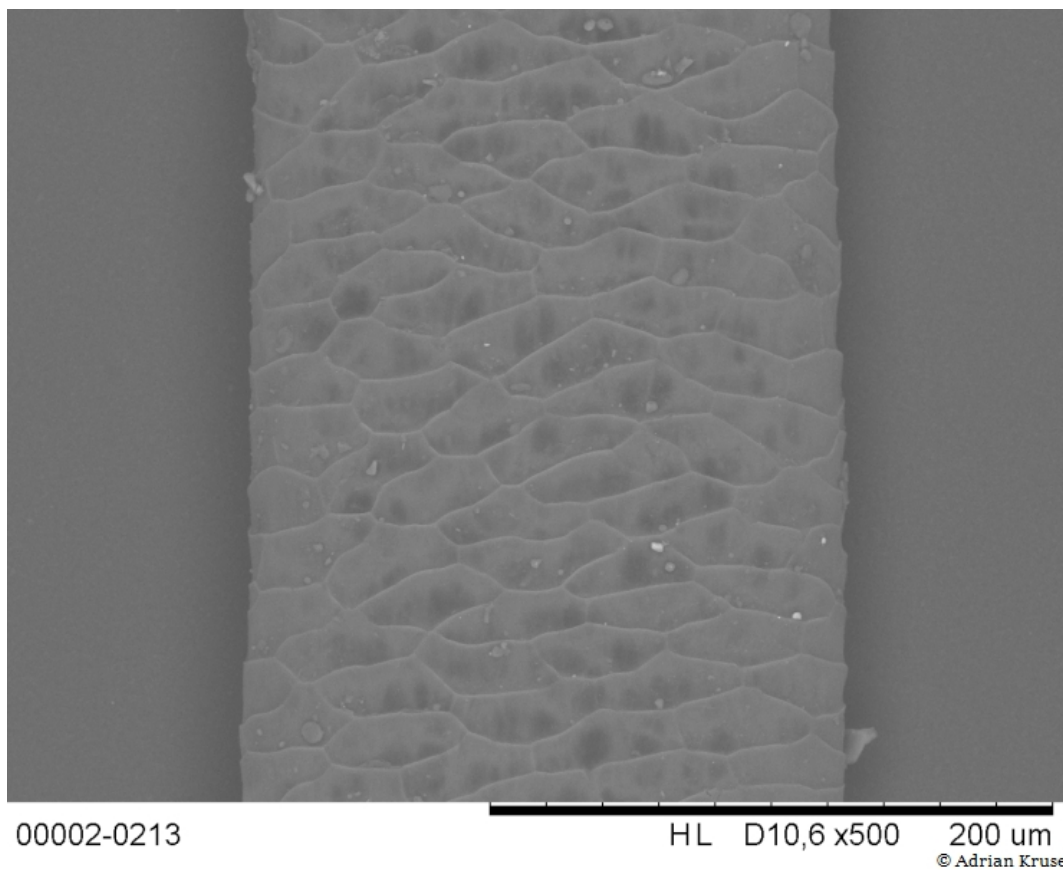
Dazu wurden die Haare auf Leit-Tabs befestigt. Es handelt sich bei den Leit-Tabs um beidseitig klebende und elektrisch gut leitende Folien.

Untersucht wurden die Haare außen wie in der Abbildung 15 und innen wie in der Abbildung 17. Um eine größere Anzahl von untersuchten Haaren darstellen und

mit anderen Proben abgleichen zu können, wurden die Untersuchungsergebnisse in einer Datenbank gespeichert (vgl. Kapitel 5.3).



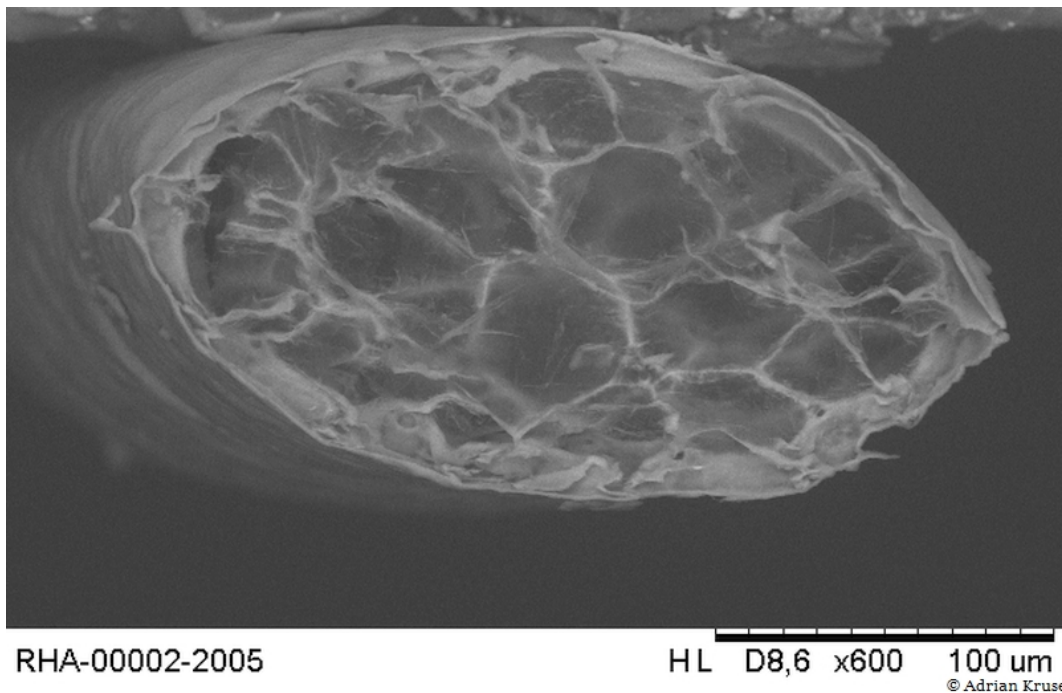
**Abbildung 14: Rehhaar auf Spurenlager mit Leit-Tab**



**Abbildung 15: Cuticula eines Rehhaares elektronenmikroskopisch (15 kV x370)**



**Abbildung 16: Rehhaare auf Leit-Streifen zur Betrachtung vom Haarquerschnitt (Skalierung in mm)**



**Abbildung 17: Medulla vom Rehhaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x450)**

#### **4.1.4 Energiedispersive Röntgenspektroskopie**

Die Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDRS bzw. EDX) wird im Rasterelektronenmikroskop zum Nachweis und zur Bestimmung von Lokalisation und Konzentration chemischer Elemente verwendet.



### **Beschreibung der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie**

Verwendet wird das System Quantax 70 (Bruker Nano). Der jeweilige Softwarestand ist zu jeder Untersuchung dokumentiert. Das System kommt ohne flüssigen Stickstoff aus. Es verfügt über einen thermoelektrisch auf  $-25^{\circ}\text{C}$  gekühlten XFlash<sup>®</sup> Detektor, welcher den Betrieb bei 220 V ermöglicht (Bruker Nano GmbH 2011).

Die Sekundärelektronen, welche bei der Abtastung im Rasterelektronenmikroskop entstehen, provozieren charakteristische Röntgenstrahlen, welche mit dem Detektor aufgefangen und hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Probe ausgewertet werden.

### **Untersuchungsablauf der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie**

Die ermittelten chemischen Elemente sind alle dem Haar zuzuordnen, da eine Vorbehandlung des Haares nicht erfolgte.

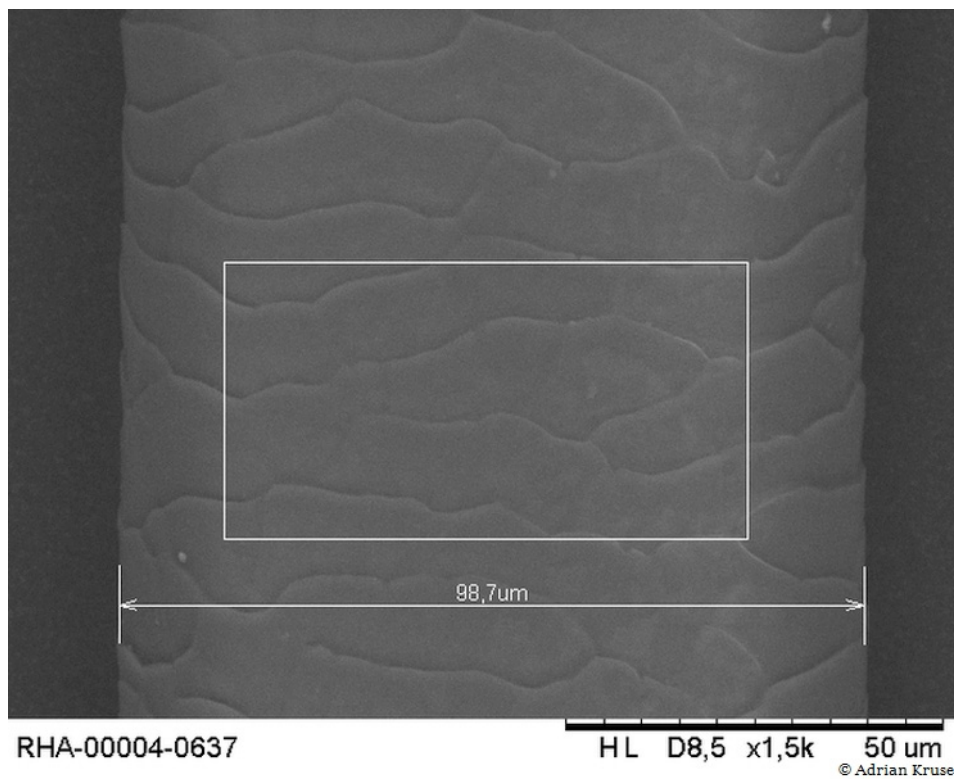
Das Haar ist inhomogen, weshalb die Elementanalyse an verschiedenen Stellen des Haares durchzuführen ist. In Anhaftungen am Haar werden auch Elemente festgestellt, welche nicht direkt zum Haar gehören. Aus diesem Grund ist es bei Auffälligkeiten erforderlich, dass ein zu untersuchendes Haar quer aufgetrennt wird und mindestens zwei Messungen im Querschnitt erfolgen.

In der Abbildung 18 wird an einem Beispiel der Messbereich an einem Haar dargestellt. In der Abbildung 19 wird der Messbereich an einem Rehhaar im Querschnitt gezeigt. Nur dieser Ausschnitt wurde für die EDX-Analyse ausgewertet. Der Ausschnitt wurde frei ausgesucht und im REM vergrößert. Danach wird der Bereich durch die Analysesoftware vermessen.

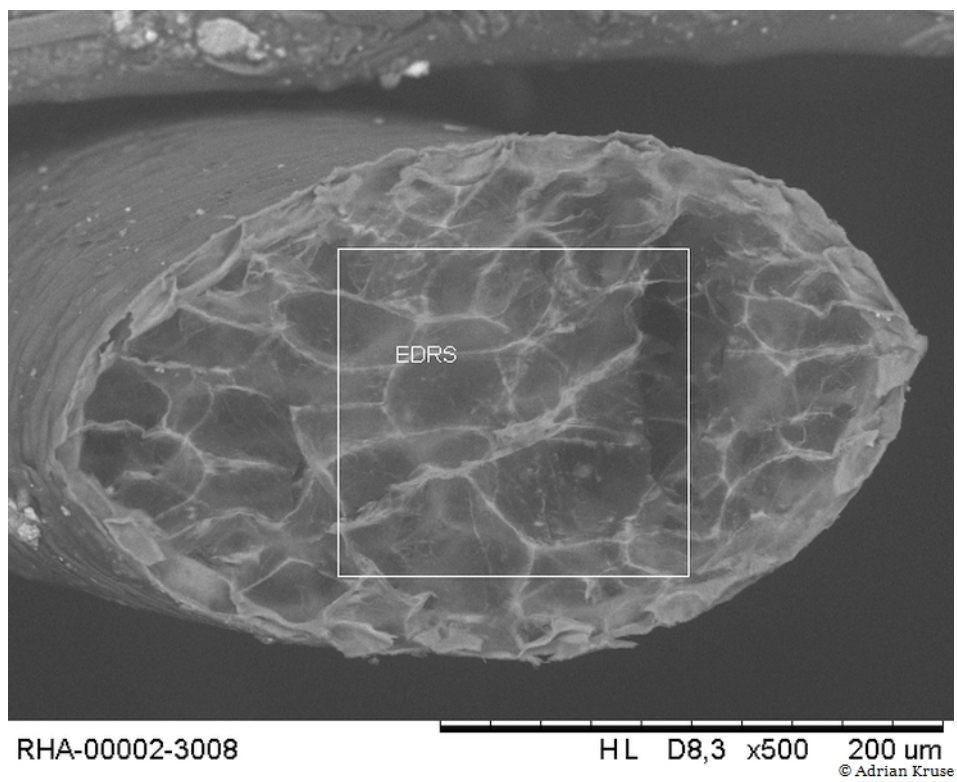
Der XFlash<sup>®</sup>-Detektor wird mit einem sehr hohen Impulsdurchsatz betrieben, welcher bei optimierter Energieauflösung arbeitet. Für die Betrachtung wurde ein Analysemodus mit 15 kV gewählt. Neben der Impulsrate ist auch die Dauer der Aufnahme des gemessenen Spektrums maßgebend.

Mehrere Vorversuche zeigten, dass es nach 60 Sekunden zu keiner Veränderung der gemessenen Elementkonzentrationen mehr kommt. Daher wurden alle Haare über diesen Zeitraum vermessen.

In der Abbildung 18 ist der EDX-Messbereich an einem Rehhaar (RHA-0004) lateral (außen) am Lauf im Bereich 6, und in der Abbildung 19 ein Haar von der Flanke im Bereich 4 im Querschnitt dargestellt.

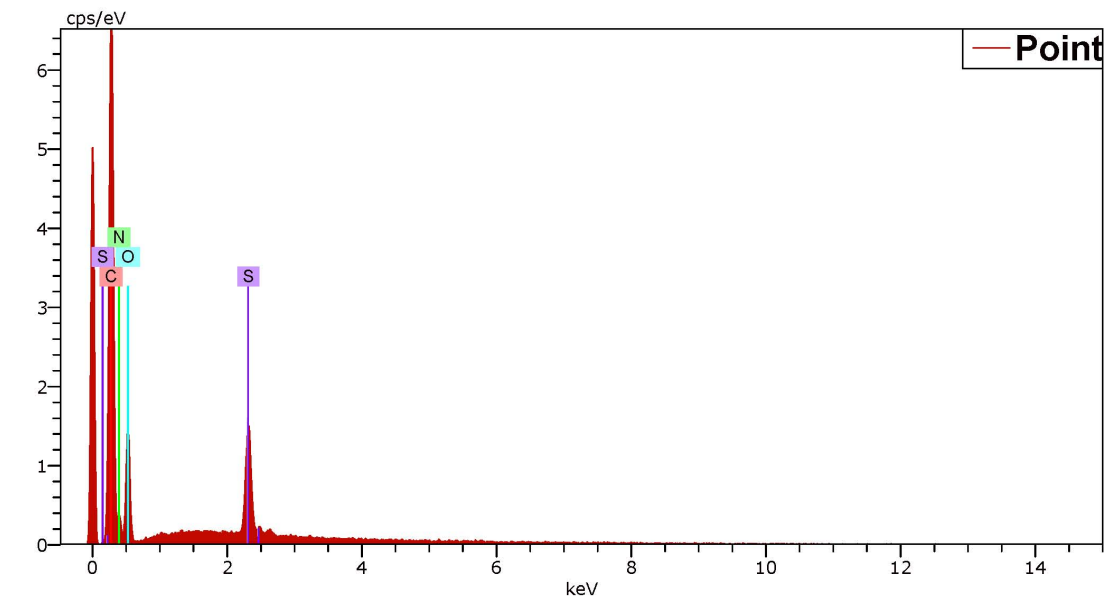


**Abbildung 18: EDX-Messbereich eines Haares außen (15 kV x1300)**



**Abbildung 19: EDX-Messbereich im Haarquerschnitt (15 kV x420)**

Mit der Bestimmung der Elementkonzentration und -verteilung am Haaraußenbereich und im Querschnitt ist zu erkennen, ob das Haar manipuliert wurde. Als manipulierte Haare sind Haare aus gegerbten bzw. behandelten Fellen, Haare aus Präparaten (Jagdtrophäen, Pelzen, Dekorationsdecken) - oder aus anderen Fellsammlungen anzusehen. Es wurden Untersuchungen zu Referenzhaaren und manipulierten Haaren durchgeführt. Die Ergebnisse wurden für jede Tierart ausgewertet. Die Auswertung erfolgte nur in den zuvor beschriebenen Haarbereichen 2 bis 7, da bei manipulierten Haaren meist keine Haarwurzeln vorliegen, und sich in der Haarwurzel Elemente finden lassen, welche im Haarschaft nicht vorkommen. Die Abbildung 20 zeigt eine Auswertung aus der Referenz-Haar-Analyse vom Vergleichsfall 00004 mit Flankenhaar vom Reh im Abschnitt 4.



Spektrum: Point

Element	OZ	Serie	unn. C [Gew. %]	Fehler [%]
Kohlenstoff	6	K-Serie	55,40	6,2
Sauerstoff	8	K-Serie	24,73	3,2
Stickstoff	7	K-Serie	16,26	2,5
Schwefel	16	K-Serie	3,60	0,2
Summe:			100,00	

**Abbildung 20: Beispiel Ergebnis EDX: Konzentration von vier Elementen**

In den Haaren wurden die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff, welche nach einigen Voruntersuchungen mit einem hohen Anteil vertreten sind, gemessen. Eine wesentlich geringere Konzentration weist Schwefel auf, der über

die Aminosäure Cystein die formbeständigen Disulfid-Brückenbindungen im Keratin bildet. Das sind alle Elemente, welche sich mit EDX-Messgeräten der definierten Qualität an nicht manipulierten Haaren feststellen lassen.

Es gibt verschiedene Gerbverfahren, die der Konservierung der Tierhäute dienen, und damit auch die anhaftenden Haare mit einbeziehen, um deren Zerstörung zu verhindern. Daher lassen sich in manipulierten Haaren aus Fellen oder Präparaten häufig Chrom-, Aluminium- oder Chlorsalze nachweisen (Gnamm 1949; Ottiger und Reeb 2004).

#### 4.1.5 Untersuchung der Desoxyribonukleinsäure

Die Untersuchung der Desoxyribonukleinsäure (DNS, engl. *deoxyribonucleic acid*, DNA) wird dann angewendet, wenn durch das Mikroskopieren der Haare die Tierart nicht eindeutig bestimmt werden kann, oder wenn nur Blut oder Speichel vorhanden sind. Für die DNA-Analyse aus Haaren werden für die zur Verfügung stehende Methode vier oder mehr möglichst vollständige Haare benötigt.

Im Haar befindet sich die mitochondriale DNA, welche kurz als mtDNA bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um eine doppelsträngige DNA in den Mitochondrien, die nur vom mütterlichen Organismus stammt.

Das Haar entsteht aus einer Wurzel und schiebt sich aus der Haut (*Dermis*) durch die Epidermis nach außen. Dadurch enthält die Wurzel noch zelluläre Bestandteile, die Erbsubstanz aufweisen.

Verwendet wurde für die Analysen das „Analysekit“ der Firma Analytik Jena®. Dem Analysekit ist eine Anleitung zur Vorgehensweise beigelegt (Anhang 5).

Zu Beginn wurde das Haar aufgetrennt. Dazu wurden Haare mit der Schere möglichst klein geschnitten und in ein Reaktionsgefäß mit einem Volumen von 1,5 ml gegeben. Anschließend wurden 400 µl „Lysis Solution TLS“ (welche das Haar auflöst, um die DNA freisetzen zu können), 25 µl „Proteinase K“ (zur Zerstörung der Eiweiße), sowie 30 µl „DTT“ (welches das Haar so aufschließt, dass die anderen Chemikalien ins Haar eingreifen können) hinzugegeben. Das Substrat wurde gut durchmischt und dann im Thermomixer bei 42 °C aufgelöst.

Danach wurde das gewonnene Substrat zentrifugiert und der Überstand in ein separates Reaktionsgefäß gegeben. Dazu kamen 400 µl „Binding Solution TBS“, welche der DNA das Wasser entzieht und sie unlöslich macht (Präzipitation). Das Gemisch wurde in ein neues Reaktionsgefäß mit Filter gegeben. Der Rückstand in diesem Filter ist die DNA. Mit der Zugabe von 500 µl „Washing Solution HS“ und 750 µl „Washing Solution MS“ wurden Verunreinigungen wie Fette, Farbstoffe, Salze etc. heraus-gewaschen. Abschließend erhielt die DNA durch Zugabe von 30

µl „Elution Buffer“ ihre Wasserhülle zurück (Re-Hydratation). Die DNA wird durch diese Behandlung wieder löslich und trennt sich vom Filter.

Nach der Extraktion der DNA muss diese zur Identifikation der Tierart weiterbearbeitet werden. Es wurden 22,5 µl „Mastermix“ hinzugegeben. Der „Mastermix“ wurde vorher aus „Primermix“, „innuMix“ und DNA-freiem Wasser hergestellt. Er enthält Referenz-DNA-Abschnitte, welche jeweils einen Abschnitt auf dem Genom zu bestimmen erlauben, und das Enzym Polymerase, welches aus den Bausteinen (dNTP) die Vervielfältigung durchführt.

Danach erfolgt die Vervielfältigung (Amplifikation durch Polymerase-Kettenreaktion = PCR) des DNA-Gemisches in einem Thermocycler.

**Tabelle 3: Zyklen der PCR**

Schritt	Zyklen	Prozess	Temperatur	Zeit
1	1	Denaturierung	95 °C	2 Minuten
2	40	Denaturierung (Auftrennung)	95 °C	30 Sekunden
		Annealing (Vereinigung)	60 °C	30 Sekunden
		Elongation (Verlängerung)	72 °C	45 Sekunden
3	1	Finale Elongation	72 °C	8 Minuten
Standby: 18°C				
Laufzeit: ca. 1,8 Std.				

Nachdem das Programm vollständig durchlaufen wurde, sollte die DNA eine Zuordnung zur Spezies bzw. zur Tierart ermöglichen. Die Qualität der vorher abgelaufenen Reaktionen kann optisch nicht bestimmt werden. Mit nur 1 µl der vervielfältigten DNA kann aber im Fluorometer die Qualität überprüft werden.

Entscheidend ist das Ergebnis nach der Sequenzierung. Dazu wurde die DNA zusammen mit dem Primer in ein externes Sequenzierungslabor Microsynth SeqLab GmbH gegeben, wo sie aufgearbeitet, und als Ergebnis in einer Datei zur Verfügung gestellt wurde.

Je sorgfältiger gearbeitet wurde, desto längere DNA-Sequenzen werden nach der Sequenzierung ausgegeben.

Der Code in Abbildung 21 zeigt die Basenstruktur (A-Adenin, C-Cytosin, G-Guanin, T-Thymin) an. Anhand der Reihenfolge der Basenpaare kann im Abgleich mit einer Referenzdatenbank (s.u.) die Tierart bestimmt werden.

```

TTCTAGCAATACACTACACATCCGACACAATAACAGCNTTCTCCTCTGTCACTCACATCTGC
CGAGACGTTAACTATGGCTGAATTATCCGANATATACATGCAAACGGANAACCAATATTTT
CATCTGTTTATTCTACATGTAGGANGAGGCCTATATTATGGATCTTACACTTTTCTAGAGAC
ATGAAACATTGGAGTAATTCTCCTATTCACAGTAATAGCCACGGCATTGTNGGATACGTTT
TACCATGAGGACAAATATCATTCTGAGGAGCAACAGTTATTACCAATCTCCTCTCAGCAATT
CCATATATCGGTACAAACCTAGTTGAATGAATCTGAGGGGGCTTTTCAGTAGACAAAGCAAC
CCTGACCCGATTTTTCGCTTTCACCTTATTCTCCATTTATCATTGCAGCACTTGCTATAGTC
CATTTACTTTTCTCCACGAAACAGGATCAAACAACCCGACAGGAATCCCATCAAACGCGGA
CAAAATTCCATTTACCCCTACTACACCATTAAGATATCCTAGGAATTCTACTCTTAATTCT
TTCCCTAATATTACTAGTCTTATTCGCACCAGACCTGCTTGGAGACCCAGATAACTACACAC
CAGCAAATCCACTAACACACCCCTCACATTAACCAGAATGGTACTTCTTATTGTCATAC
GCAATCCTACGATCTATTCTAACAACTAGGAGGAGTACTAGCCCTAATCTTATCAATCCT
AATCTTGATCCTTATACCCCTCCTCCATACATCTAAGCAACGCAGCATAATATTCCGA

```

**Abbildung 21: Sequenz eines DNA-Fragments aus Rehhaaren**

Zur Identifikation wurden für die bereits gesammelten Tierhaare die DNA-Strukturen in eine Datenbank abgelegt.

Es ist aber auch möglich, diese über die Internationale DNA-Datenbank mit diesem Code auswerten zu lassen. Dazu müssen diese Sequenzierungsergebnisse unter

[http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastx&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LOC=blasthome](http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastx&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome)

einggegeben werden.

## 4.2 Spurensicherung und Auswertung

Die Spurensicherung am Fahrzeug wird vornehmlich durch Kfz-Sachverständige im Auftrag der Versicherungen durchgeführt. Die Qualität der Schadenaufnahme einschließlich der Spurensicherung bildet die Grundlage für weitere Untersuchungen.

Die Proben für die hier vorgelegte Studie wurden ausschließlich durch den Verfasser selbst gesichert.

Die gesicherten Asservate wurden im Verdachtsfall oder bei Zweifel zum Unfallhergang im Labor analysiert. Es ist immer wieder festzustellen, dass zwar die Asservate untersucht, dabei aber der Unfallhergang und das daraus resultierende Schadenbild nicht betrachtet werden. Zur Aufklärung eines Wildverkehrsunfalls ist aber die Kombination von Antragspuren und Schadenbild von zentraler Bedeutung.

Mit der „Wildbescheinigung“ vom Jagdpächter oder der Polizei liegt im besten Fall ein Nachweis für einen Unfall mit Datum, Uhrzeit, Ort und ggf. Hinweis auf eine Tierart vor. Auch bei vorhandenen Haarspuren am Fahrzeug ist der Wildunfall nicht nachgewiesen. Erst wenn Spuren und Schadenbild vereinbar sind, kann ein Wildunfall als nachgewiesen betrachtet werden.

Die Aufklärung zum Wildunfall beginnt bei der Besichtigung des Fahrzeuges. Damit eine Auswertung von Haarspuren erfolgen kann, bedarf es eines Abgleichs mit bekannten charakteristischen Merkmalen. Dazu wurde eine Sammlung von Vergleichsfällen in Form einer Datenbank angelegt.

#### **4.2.1 Spurensicherung**

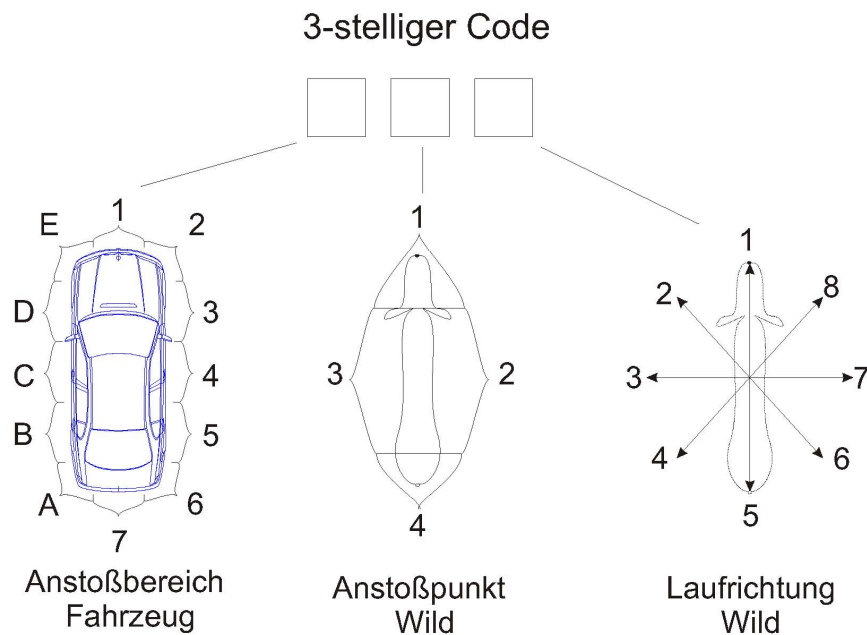
Die Dokumentation des Fahrzeugzustands dient als Nachweis dafür, welche Beschädigungen vorliegen. Dabei sind insbesondere die am Fahrzeug gefundenen Tierspuren zu dokumentieren.

Zu einer fachgerechten lichtbildtechnischen Dokumentation gehört neben Übersichtsbildern vom Fahrzeug auch, dass der Anstoßbereich als Übersicht und im Detail dokumentiert wird. Dazu sollte im Kontaktbereich auch ein Maßstab verwendet werden. Insbesondere ist der Fundort der Spuren am Fahrzeug zu dokumentieren. Bei einem Frontanstoß sollten die Übersichtsbilder die komplette Fahrzeugfront, und bei einem Seitenanstoß die komplette Fahrzeugseite mit Maßstab in orthogonaler Projektion zeigen. Zusätzliche Bilder sind bei Auswertung des Schadenbildes immer hilfreich.

Für den Abgleich von durch verschiedene Tierarten verursachten Beschädigungen an Fahrzeugen liegen bisher nur wenige Erkenntnisse vor. Damit er möglich wird, wurde eine Sammlung von Wildunfallschäden angelegt und in einer Datenbank verarbeitet. Diese beinhaltet dokumentierte Fahrzeugschäden aus drei verschiedenen Quellen: (1) aus Versuchen, (2) direkt am Unfallort aufgenommene Schäden und (3) Kollisionsbilder, bei denen die Tierart aufgrund anhaftender Spuren ermittelt wird. Die dokumentierten Schadenbilder lassen die Ursache von Verformungen an Fahrzeugen besser einschätzen und die Kollision mit Wild von der gegen ein anderes Hindernis unterscheiden.

In ISO 13232 wurden Rahmenbedingungen definiert, anhand derer die Anstoßkonfiguration zwischen Pkw und Motorrad zu klassifizieren ist, um einheitliche und vergleichbare Untersuchungen des Unfallgeschehens sowie normierte Crashtests und Simulationen durchführen zu können (International Organization for Standardization 12.2005).

In abgewandelter Form wurde dieser Standard übernommen und für die Wildkollision ausgelegt. Dazu wurde die Einteilung gemäß Abbildung 22 entwickelt.



**Abbildung 22: Anstoßkonfiguration beim Wildunfall - Klassifikationsschema**

Die Einteilung der Fahrzeugklassen ist im Anhang 2 dargestellt. Es wird zwischen Zweirädern, Quad, Lastkraftwagen und Personenkraftwagen unterschieden.

Beim Kontakt eines fahrenden Fahrzeuges mit einem Tier kommt es zu Verwirbelungen. Dabei können sich abgerissene oder im Fell befindliche lose Haare an der kompletten Karosserie ablegen. Dieses Phänomen kann besonders an nassen Fahrzeugen beobachtet werden. Sollten also im Kontaktbereich keine Haarspuren gefunden werden, so ist es erforderlich, auch die anderen Karosserieteile nach Spuren abzusuchen. Diese Suche bedingt bei von der Fahrbahn abgekommenen Fahrzeugen einen erheblichen Aufwand. Bei der Kollision mit einem Kleintier muss auf jeden Fall der Fahrzeugunterboden in Augenschein genommen werden. Dazu genügt es nicht, die Kamera auf den Unterboden zu richten. Hier muss das Fahrzeug angehoben bzw. auf eine Rampe gefahren werden.

Die Lichtbilder der Fahrzeugdokumentation sollten so abgelegt werden, dass auf die Original-Lichtbilddateien mit höchster Auflösung mindestens fünf Jahre nach der Erstellung zugegriffen werden kann. Bei in Word-Dateien oder PDF eingebetteten Lichtbildern handelt es sich nicht um Originaldateien, weshalb ein erheblicher Qualitätsverlust zu verzeichnen ist. Mit den Original-Lichtbilddateien lassen sich Details, welche bei der Besichtigung möglicherweise nicht im Focus standen, besser erkennen und hervorheben.



**Folgendes Procedere wurde so konsequent wie möglich durchgehalten:**

Nach der Dokumentierung müssen alle am Fahrzeug festgestellten Tierspuren gesichert werden. Zur Spurensicherung sollten Maßstab, Pinzette, Lupe, Probebeutel, Beschriftungswerkzeug und DNA-Spurenstäbchen immer zur Verfügung stehen.

Klebeband wie Tesafilm oder gar Kraftkleber sind zur Spurensicherung nicht geeignet, da die Haare bei der späteren Untersuchung von diesem wieder gelöst werden müssen, und in den meisten Fällen dabei reißen oder gequetscht werden. Rückstände des Klebers können die Untersuchungsergebnisse verfälschen.

Werden an verschiedenen Stellen des Fahrzeuges Haare gefunden, so sollten diese in separaten PE- oder Pergamin-Probebeuteln mit Clipverschluss gesammelt werden.

Die Sicherung von Blut sollte mit dem DNA-Spurenstäbchen erfolgen. Ist das Blut bereits angetrocknet, muss das Stäbchen vor der Spurenentnahme mit DNA-freiem Wasser angefeuchtet werden. Nach der Entnahme muss das Stäbchen im dazugehörigen verschließbaren Röhrchen gesichert werden.

Es empfiehlt sich, zusätzlich zur Dokumentierung der Spuren ein Protokoll zu fertigen. In diesem sollte vermerkt werden, wo sich die Spuren befanden und ob diese eingeklemmt waren oder lose auflagen. Weiterhin sollte das Protokoll beinhalten, durch wen die Spuren an welchem Tag gesichert wurden (Anhang 07). Bei der Weiterleitung von Spuren sollte ebenfalls, wie auch beim Empfang ein Übergabeprotokoll erstellt werden. Damit lässt sich der Verbleib nachvollziehen und eine Verwechslung der Spuren vermeiden.

Zur Überprüfung des Verhaltens der Fahrzeugenker nach einer Wildkollision wurden diese, soweit sie erreicht werden konnten und bereit waren Auskunft zu geben, zu ihren subjektiven Eindrücken der Wildkollision befragt. Dazu wurde ein Fragebogen erarbeitet, welcher ständig durch neu angeregte Fragen erweitert wird. Der Fragebogen ist im Anhang 03 mit dem Stand vom März 2012 aufgeführt.

**4.2.2 Vorgehensweise zur Spurenauswertung****Verwendetes Procedere:**

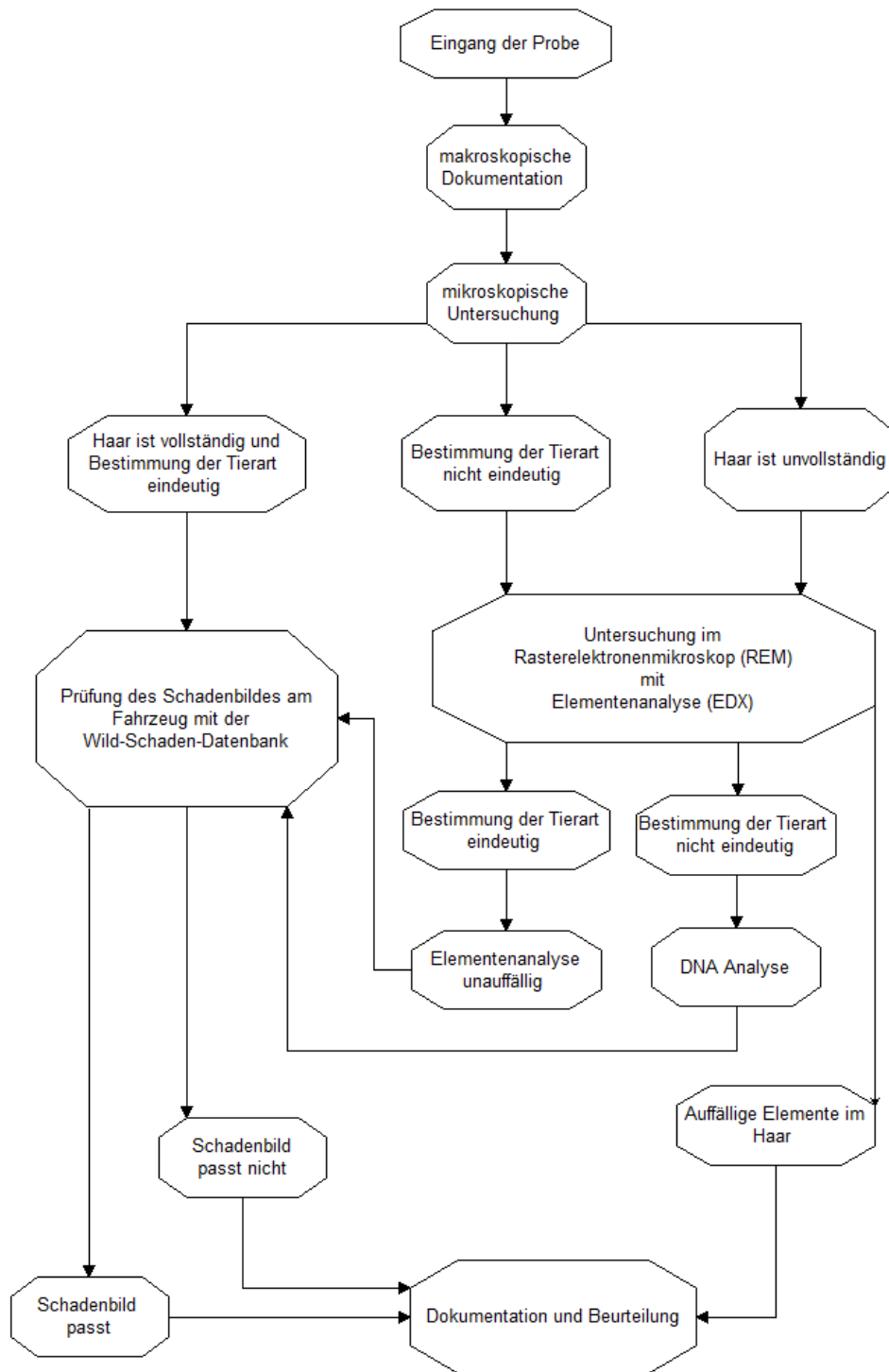
Zur Aufklärung von Wildunfällen stehen für die Untersuchung meist Spuren zur Verfügung, welche am Fahrzeug abgenommen wurden. Diese Spuren müssen zur Bestimmung der Tierart analysiert werden. Welche Verfahren dazu angewendet werden hängt im Wesentlichen von den verfügbaren Proben ab. Bei Blutspuren

kann nur mit der DNA-Analyse eine Aussage getroffen werden. In den meisten Fällen stehen Haare für die Analyse zur Verfügung. Hier ist systematisches Vorgehen angeraten. Die Zwischenergebnisse müssen zur Transparenz der Untersuchung dokumentiert werden. Dazu sollten sowohl das Verfahren der Untersuchung als auch die Ergebnisse so präsentiert werden, dass eine unbeteiligte dritte Person das Ergebnis nachvollziehen und interpretieren kann. Abbildung 23 illustriert die gewählte Vorgehensweise zur Umsetzung dieser Bedingungen.

### **4.3 Statistische Methoden**

Für den statistischen Vergleich von Messwerten an nicht manipulierten und manipulierten Haaren wurde der T-Test (Gosset - Pseudonym "Student" 1908) verwendet. Für den Test auf Normalverteiltheit fanden der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnov-Test Verwendung. Da letztere keine signifikanten Hinweise auf Nicht-Normalverteilung lieferten, wird auf deren Ergebnisse nicht eingegangen.

Alle statistischen Berechnungen erfolgten mit dem Programm von © Microsoft Corporation in Excel Version:14.0.7232.5000 (32-Bit) lizenzierte Version von Microsoft Office Professional 2010. Die Tabellen beinhalten die gemessenen Werte wie auch die statistischen Ergebnisse.



**Abbildung 23: Vorgehensweise zur Beurteilung von Wildunfällen**



## 5 Ergebnisse: Tierhaare

### 5.1 Merkmale der Tierhaare

An den Fahrzeugen werden nach einer Kollision mit Säugetieren nahezu immer Haarspuren angetragen, daher wird nachfolgend besonders auf diese eingegangen.

Grundsätzlich lassen sich die Haare der Tierarten unterscheiden. Ähnliche Merkmale finden sich bei artverwandten Tieren. Die Differenzierung ist nur mit einer ausreichenden Anzahl von Vergleichsfällen möglich.

Haarlänge, Haardicke und Färbung unterscheiden sich je nach Körperbereich des Tieres.

Reh und Damhirsch lassen eine Unterscheidung der Haare nach Sommer- und Winterfell zu. Bei anderen Tierarten ist das nicht sicher möglich. Beim Fuchs hat das Fell diverse Farbvariationen, die eine Differenzierung einzelner Haare bezüglich der Jahreszeit nicht zulassen.

Die EDX-Messung erfolgte in allen Bereichen. Da bei manipulierten Haaren meist die Wurzel fehlt, wurde die Auswertung auf die Bereiche 2 bis 7 eingegrenzt.

#### 5.1.1 Reh (*Capreolus capreolus*)



Abbildung 24: Reh im Winterfell

### Morphologische Merkmale

Haare eines Rehes beginnen mit einer kolbenförmigen Wurzel. Es folgt ein schlanker Wurzelhals mit anschließendem Haarschaft.

Das Sommerhaar beginnt wurzelseitig (basal) hellgrau bis hellgelb, gefolgt von einem langen rotbraunen Abschnitt, und endet mit einer feinen dunklen Spitze. In den Abschnitten 5 und 6 liegt eine leichte Welligkeit vor (Abbildung 25).



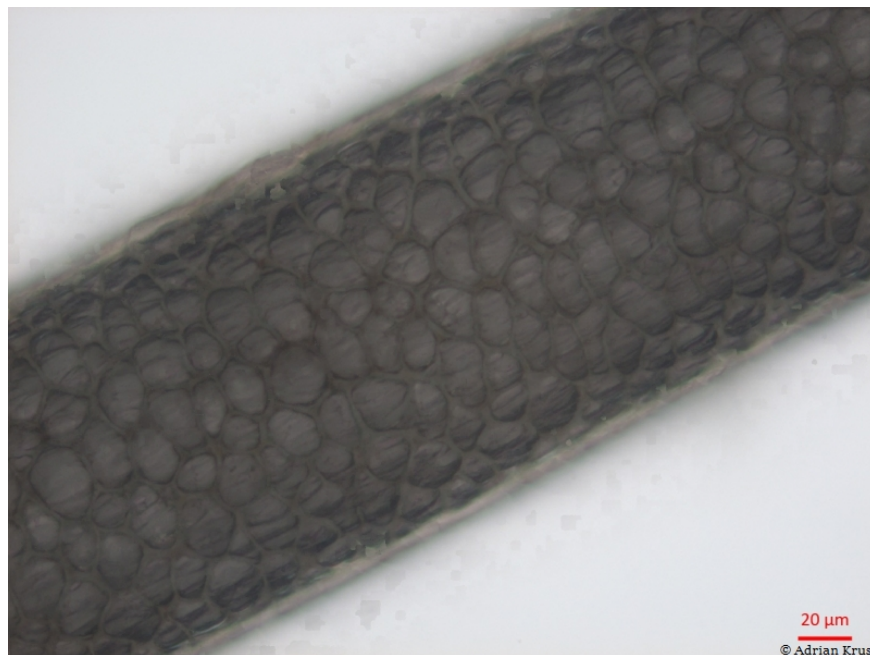
**Abbildung 25: Rehhaar Sommer makroskopisch (Skalierung 1 mm)**

Das Winterhaar wird nach dem Wurzelhals schnell dicker und ist mit vielen Luftmaschen gefüllt. Basal ist das Haar hellgrau, wird dann dunkelgrau und hat ein kurzes helles Band vor der dunklen feinen Spitze. Die Abschnitte 4 bis 6 sind gekennzeichnet durch deutlich sichtbare kurze Wellen (Abbildung 26).



**Abbildung 26: Rehhaar Winter makroskopisch (Skalierung 1 mm)**

Typisch für Rehhaar ist im Querschnitt das wabenförmige Muster mit vier- bis sechseckigen Luftmaschen. Die Rindenschicht ist im Sommer dicker und unter dem Lichtmikroskop gut erkennbar. Im Winter nimmt der Markkanal nahezu die gesamte Haarschaftbreite ein und lässt keine Rindenschicht erkennen (Abbildung 27; Abbildung 28).

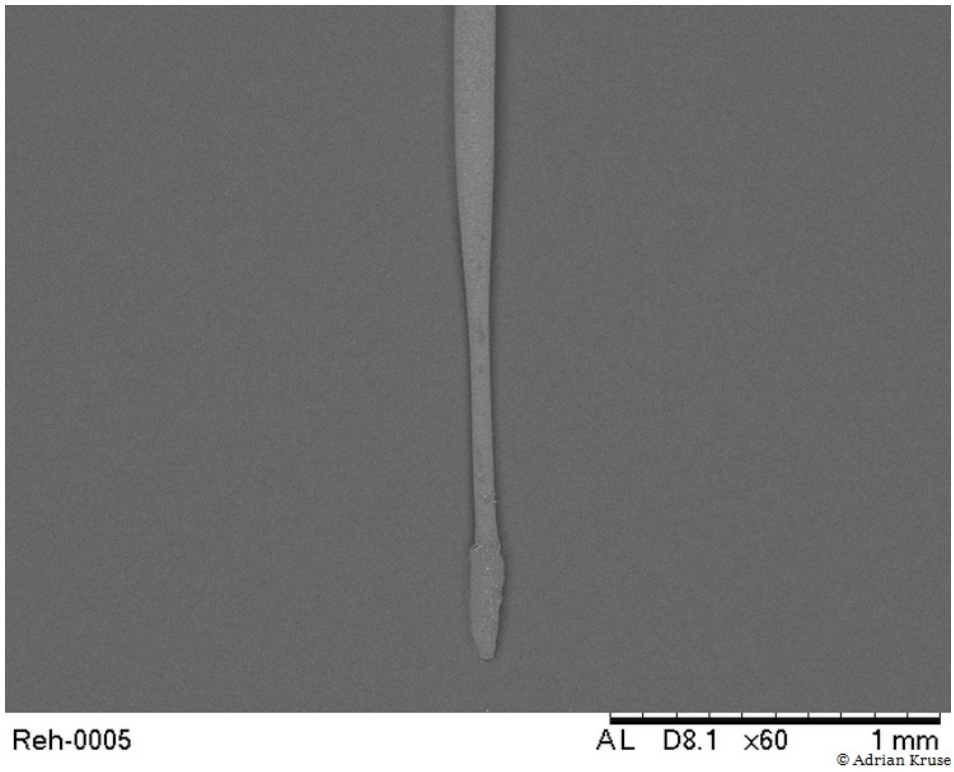


**Abbildung 27: Rehhaar Sommer mikroskopisch (x410)**

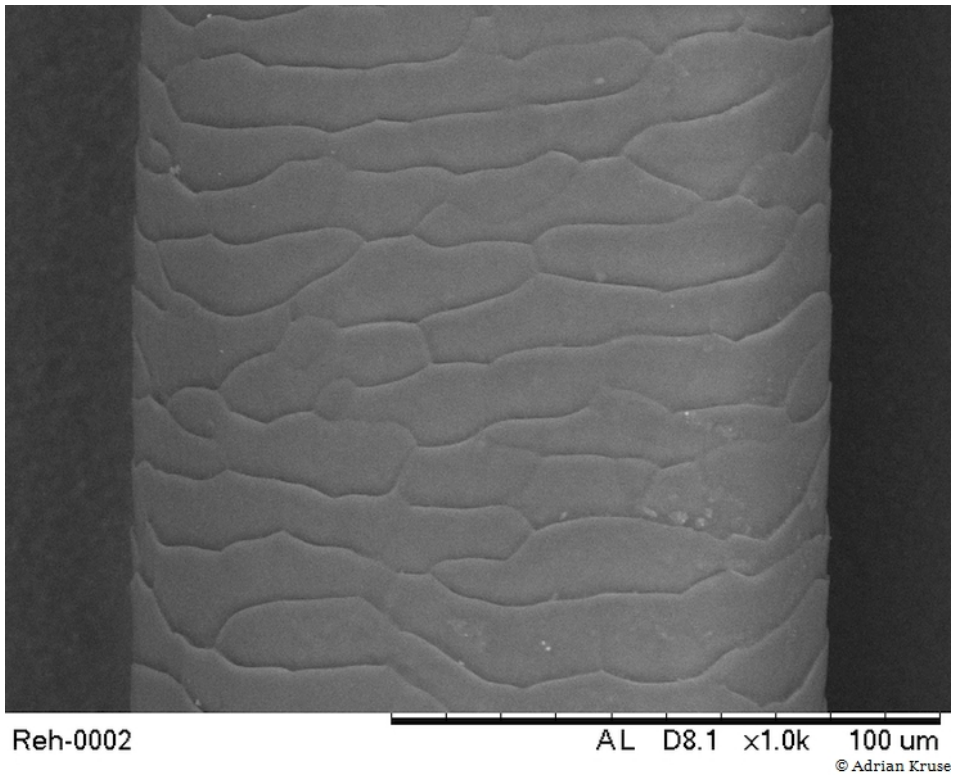


**Abbildung 28: Rehhaar Winter mikroskopisch (x170)**

Im Rasterelektronenmikroskop lassen sich die Unterschiede von Sommer- und Winterfell deutlich erkennen. Der Übergang von der Wurzel zum Haarschaft weist deutliche Unterschiede auf. Im Winter ist der Querschnitt deutlich größer gegenüber dem Sommerhaar. Der Übergang vom schlanken Wurzelhals zum Haarschaft ist deutlich ausgeprägt. Demgegenüber ist der Haarquerschnitt im Sommer wesentlich geringer.

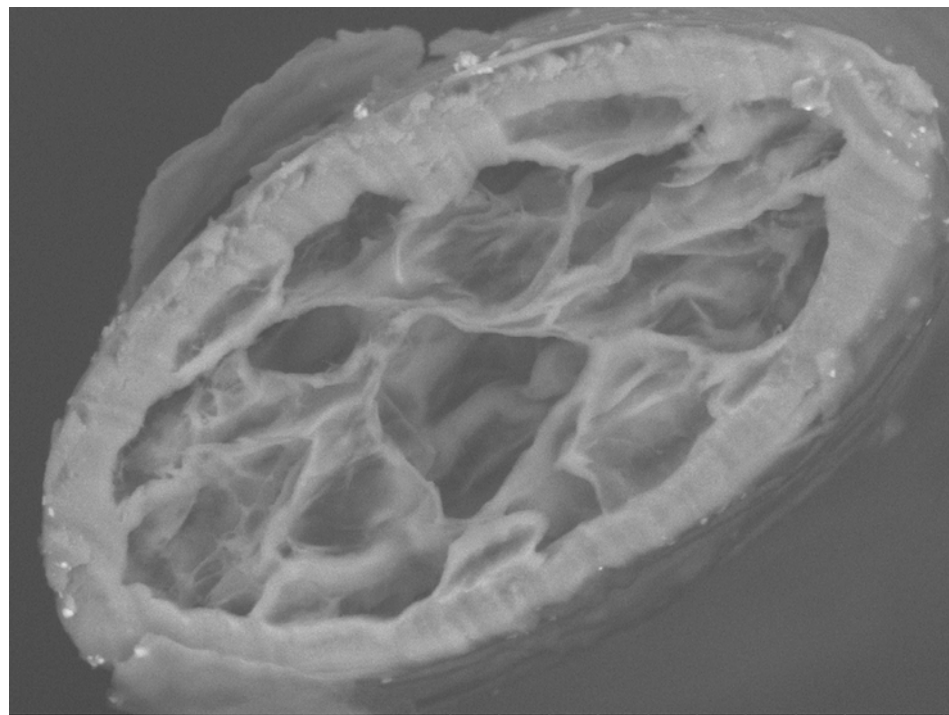


**Abbildung 29: Rehhaar Wurzel Sommer elektronenmikroskopisch (15 kV x44)**



**Abbildung 30: Rehhaar Sommer außen elektronenmikroskopisch (15 kV x720)**



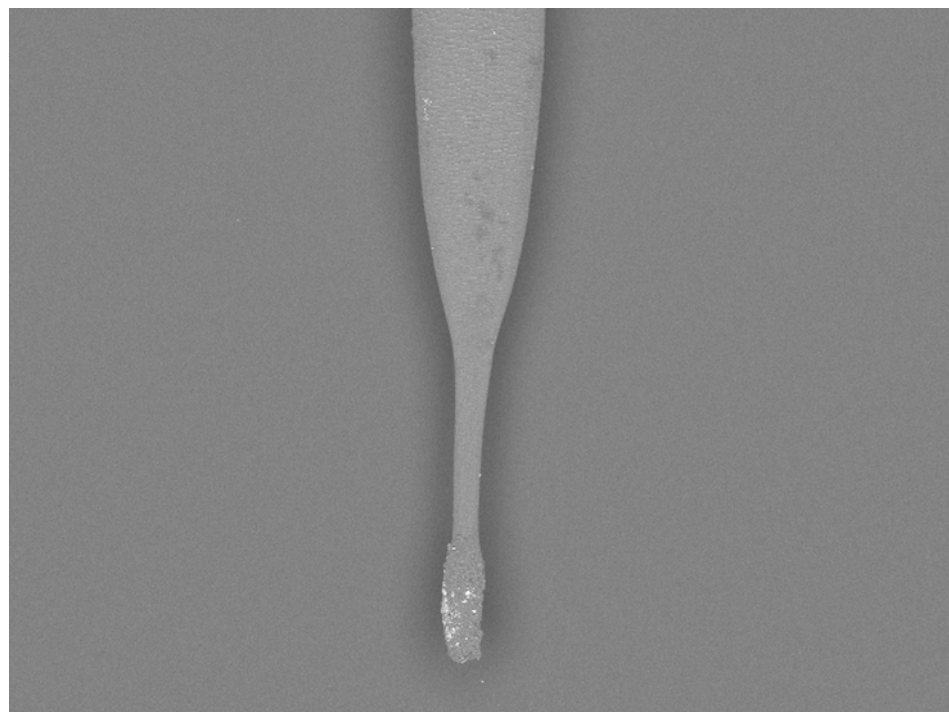


Reh-0103

AL D8.5 x1.8k 50  $\mu$ m

© Adrian Kruse

**Abbildung 31: Rehhaar Sommer Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x1300)**

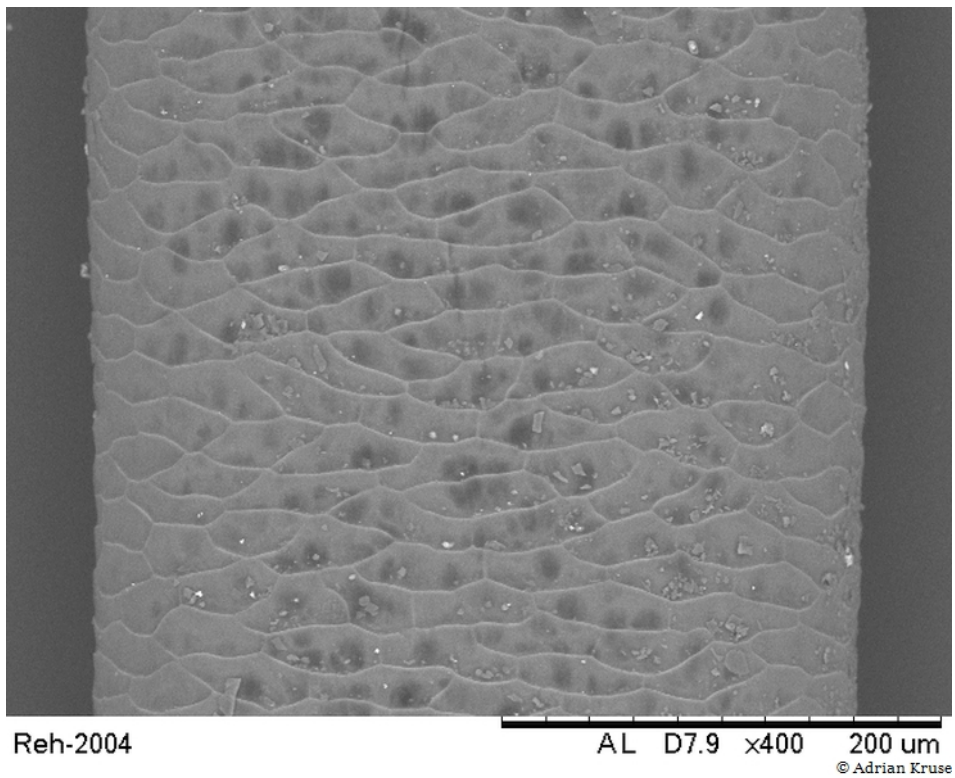


Reh-2001

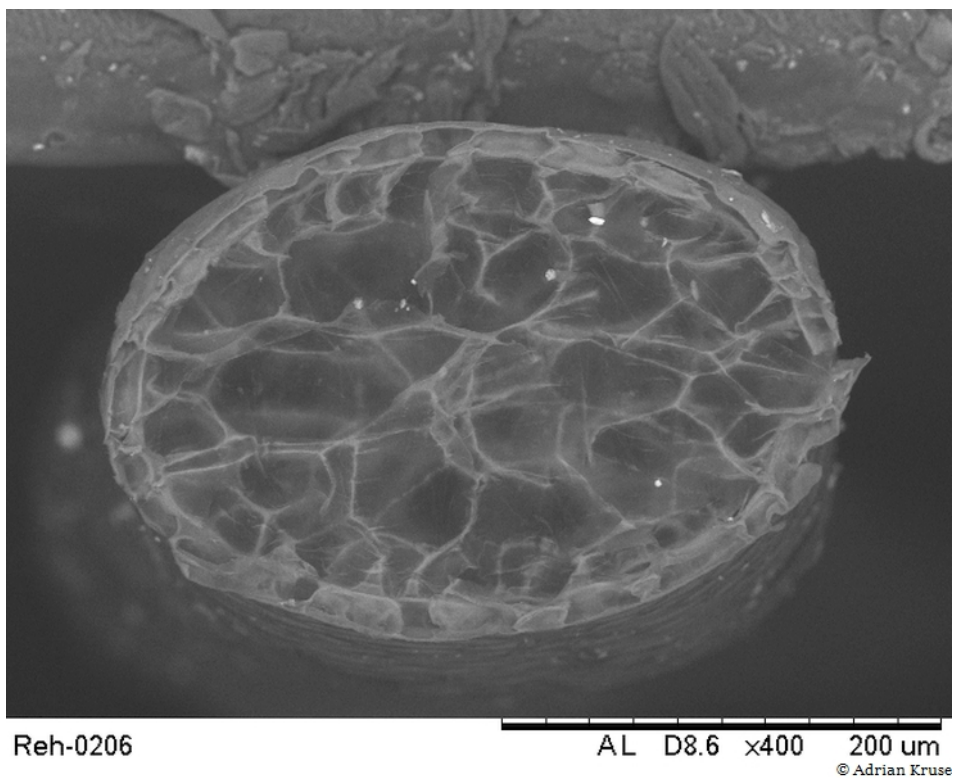
AL D8.0 x80 1 mm

© Adrian Kruse

**Abbildung 32: Rehhaar Wurzel Winter elektronenmikroskopisch (15 kV x60)**



**Abbildung 33: Rehhaar im Winter außen elektronenmikroskopisch (15 kV x300)**



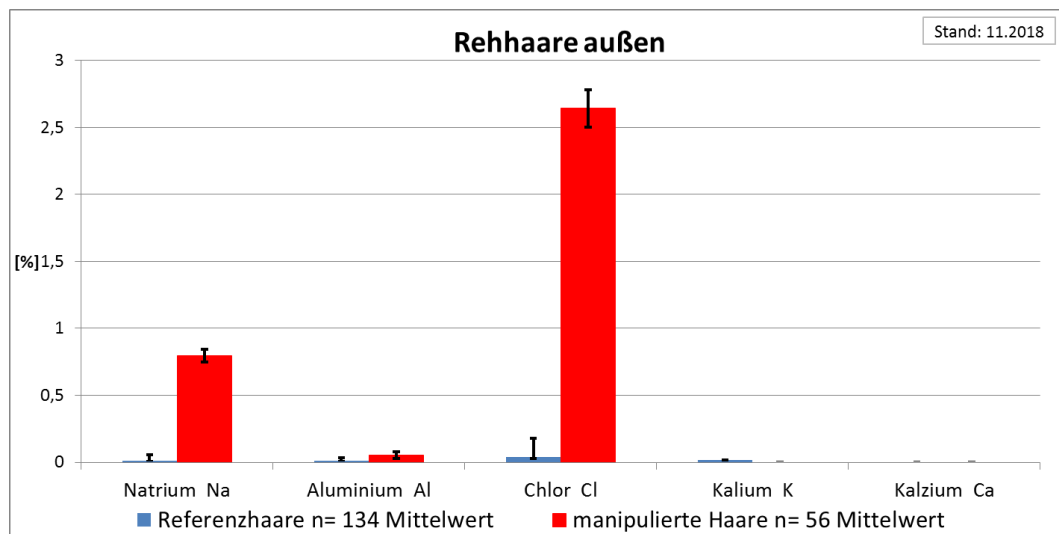
**Abbildung 34: Rehhaar Winter im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x300)**

### EDX: Elementanalyse

In den Rehhaaren ist auffällig, dass der Anteil von Natrium und Chlor bei den untersuchten manipulierten Haaren in einer signifikant ( $p < 0,00000$ ) höheren Konzentration gegenüber den nicht manipulierten Haaren gemessen wurde. Abbildung 35 und Abbildung 36. In der Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Anzahl der Messungen der Elemente zu den Gesamtmesswerten (n) aufgeführt. Gekennzeichnet sind in der Abbildung 35 und der Abbildung 36 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (T-Test).

**Tabelle 4: Anzahl der Messungen Rehhaar außen**

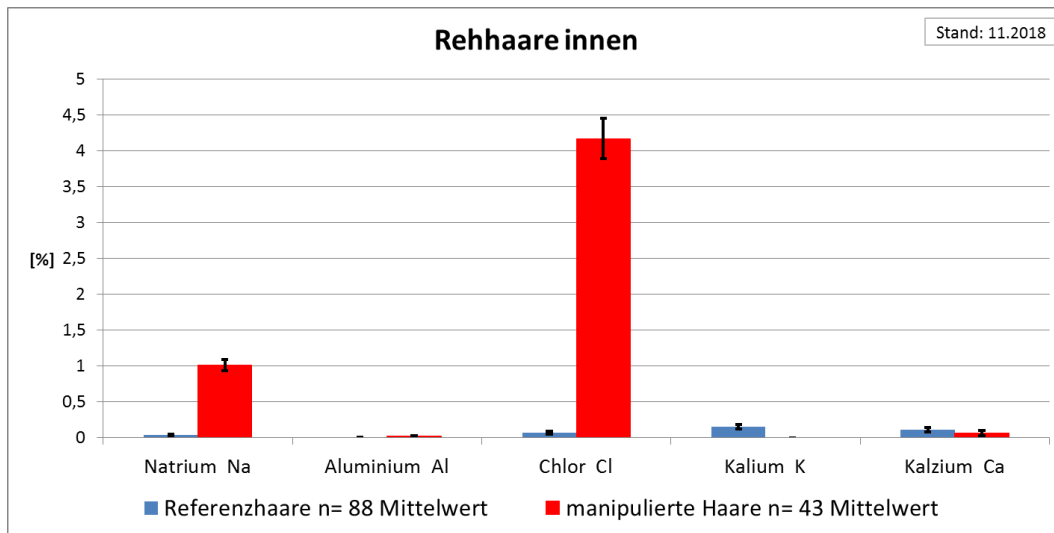
	n	Na	Al	Cl	K	Ca
RHA außen	134	15	12	15	7	0
AMH außen	56	49	6	52	0	0



**Abbildung 35: Rehhaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen**

**Tabelle 5: Anzahl der Messungen Rehhaar innen**

	n	Na	Al	Cl	K	Ca
RHA innen	88	6	1	11	21	15
AMH innen	43	41	7	43	0	3

**Abbildung 36: Rehhaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen**

### 5.1.2 Damhirsch (*Dama dama*)

**Abbildung 37: Damhirsch Sommer****Abbildung 38: Damhirsch Winter**

Die Abbildung 37 und Abbildung 38 vergleichen das makroskopische Haarbild von Damhirschen im Sommer- und Winterfell. Demgegenüber gibt es auch Abweichungen.

### Morphologische Merkmale

Das Damhirschhaar beginnt mit einer Kolbenwurzel und anschließendem schlanken Wurzelhals, welcher in den Haarschaft übergeht.

Das Sommerhaar beginnt im basalen Bereich mit einem dunklen Abschnitt, wird dann rotbraun und endet mit einer dunklen oder hellen Spitze (Abbildung 39 ff.). Die Rindenschicht ist deutlich ausgeprägt und beträgt ca. 25 % des Gesamtquerschnitts.

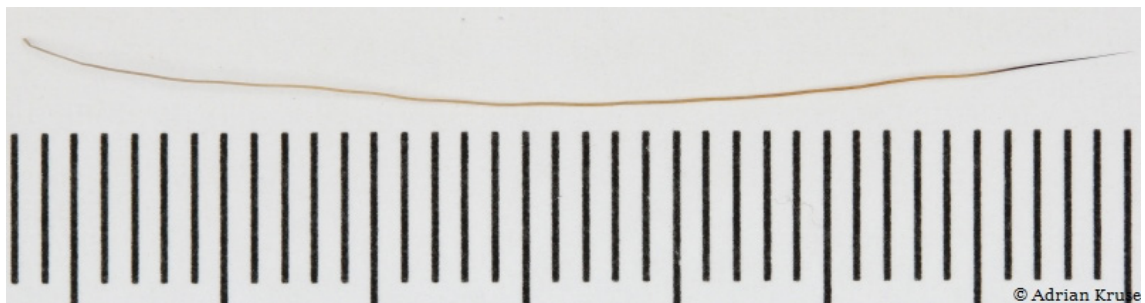


Abbildung 39: Damhirschhaar Sommer makroskopisch (Skalierung 1 mm)

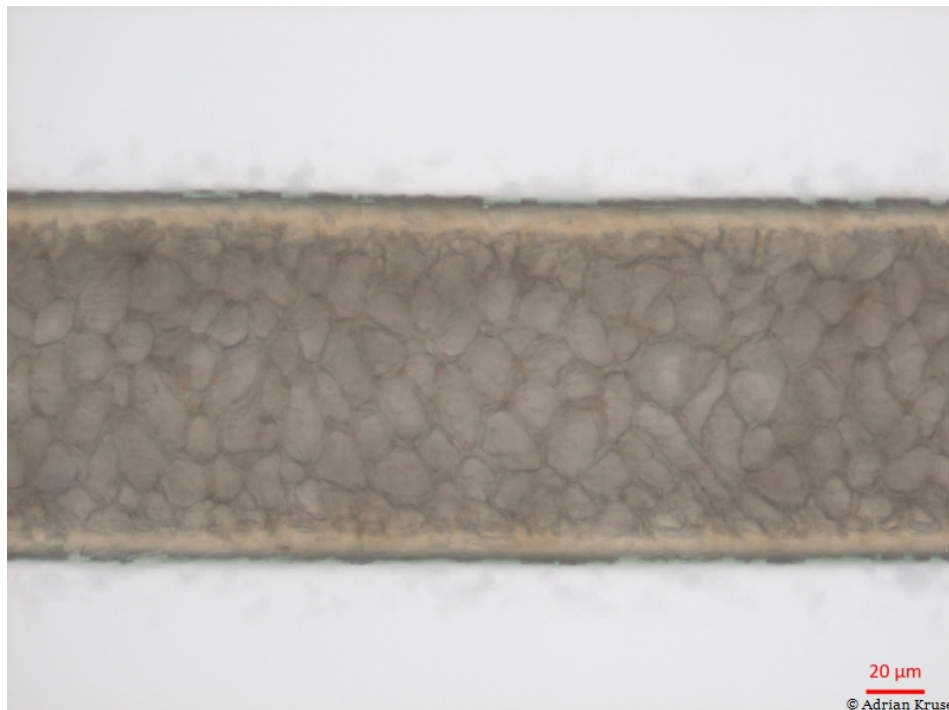
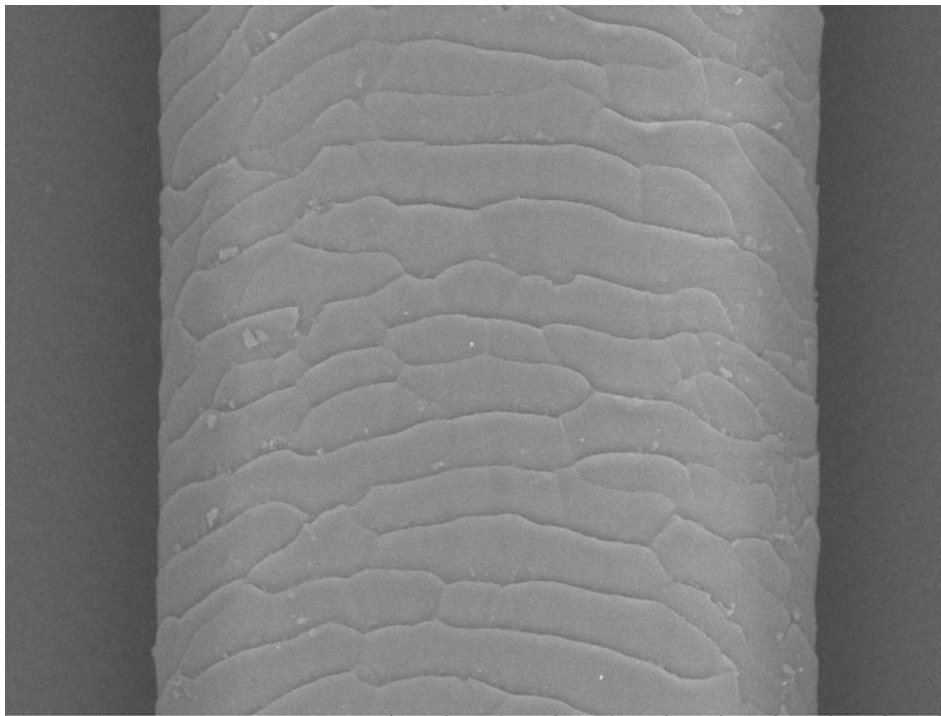


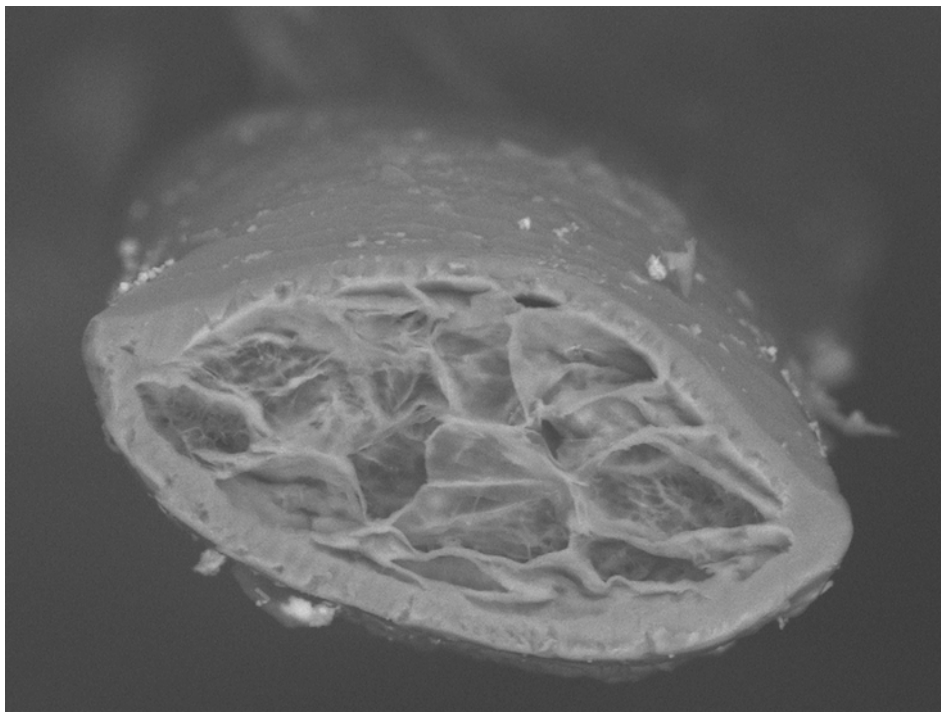
Abbildung 40: Damhirschhaar Sommer mikroskopisch (x400)



Damhirsch-1003

AL D8.1 x1.0k 100 um  
© Adrian Kruse

**Abbildung 41: Damhirschhaar Sommer außen elektronenmikroskopisch (15 kV x750)**



Damhirsch-0106

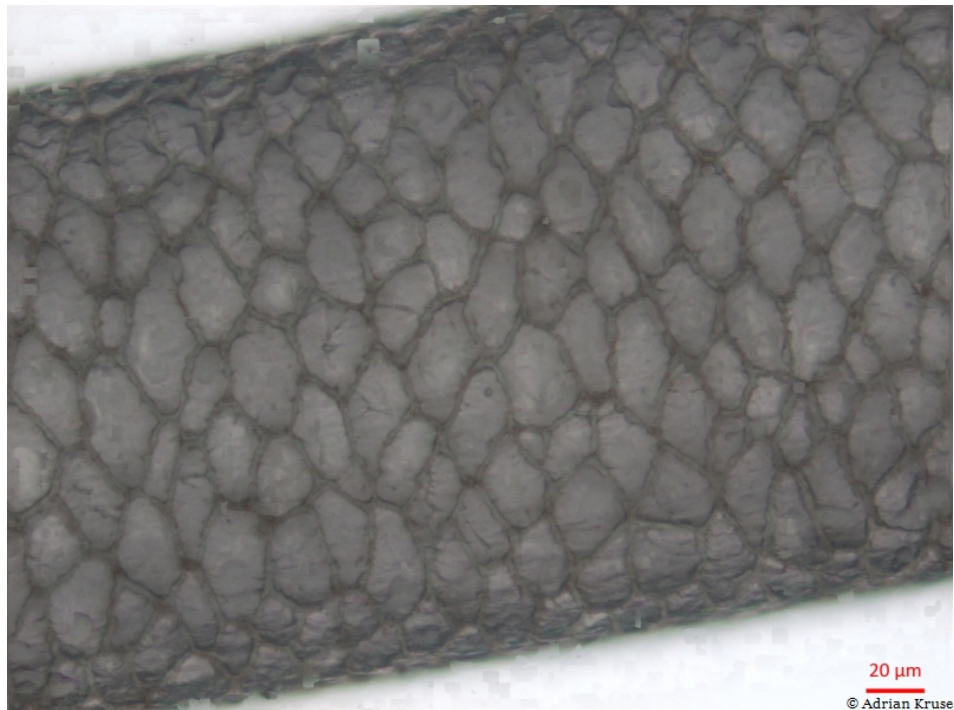
AL D8.7 x1.2k 50 um  
© Adrian Kruse

**Abbildung 42: Damhirschhaar Sommer Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x850)**

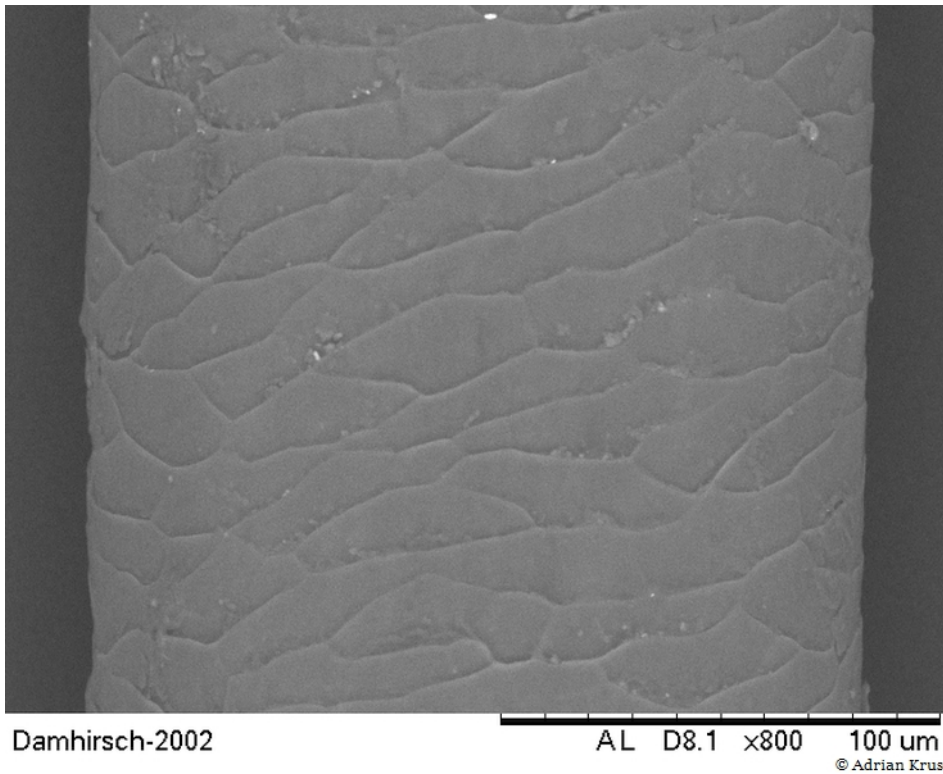
Das Winterhaar ist dicker als das Sommerhaar (Abbildung 43 ff.). Die Färbung von der Wurzel an beginnt hellgrau und wird im letzten Drittel dunkler. Eine deutliche Steifwelligkeit liegt auch hier etwa ab der Haarmitte vor.



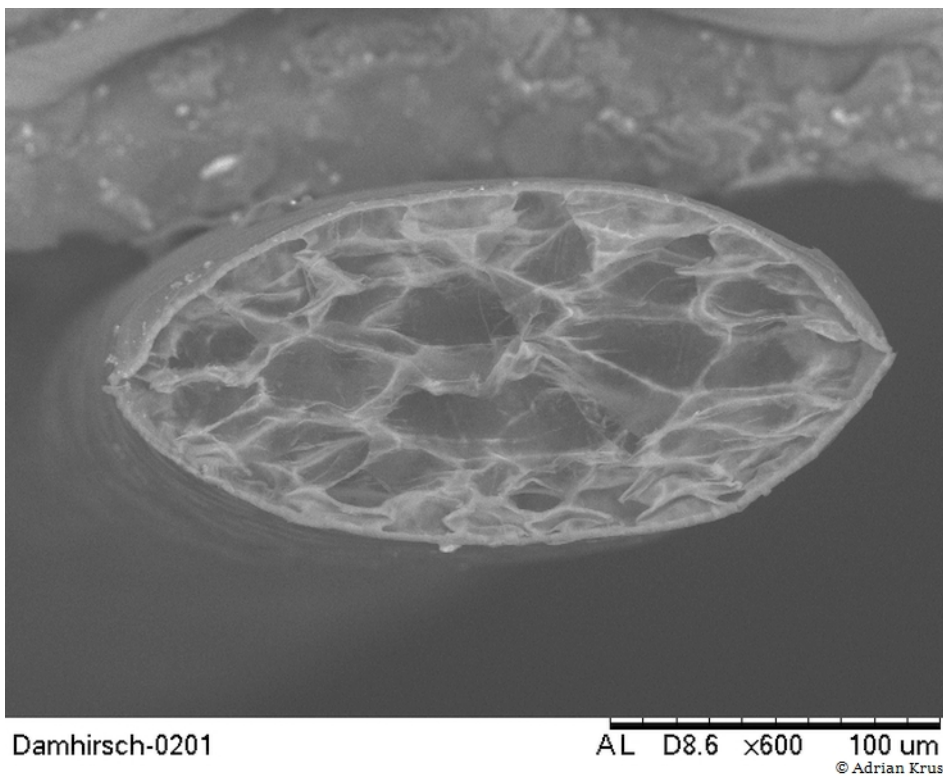
**Abbildung 43: Damhirschhaar Winter makroskopisch (Skalierung 1 mm)**



**Abbildung 44: Damhirschhaar Winter mikroskopisch (x440)**



**Abbildung 45: Damhirschhaar Winter außen elektronenmikroskopisch (15 kV x600)**



**Abbildung 46: Damhirschhaar Winter Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x450)**

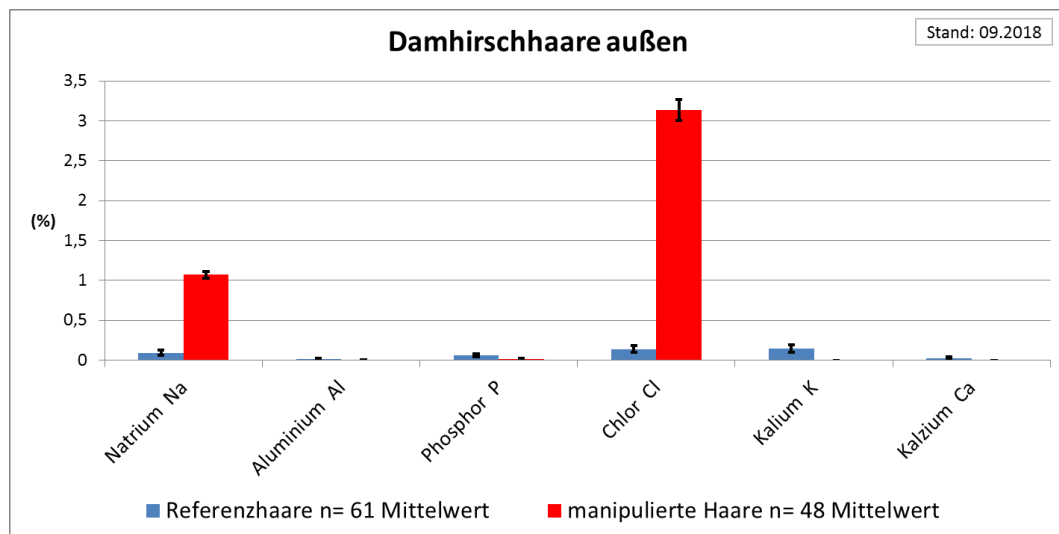


### EDX: Elementanalyse

Bei Damhirschhaaren ist außen (Abbildung 47) wie auch im Haarinneren (Abbildung 48) ein hoher Anteil von Chlor und Natrium gegenüber den Referenzhaaren zu verzeichnen, was für manipulierte Haare spricht. In der Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die Anzahl der Messungen der Elemente zu den Gesamtmesswerten (n) aufgeführt. Gekennzeichnet sind in der Abbildung 47 und der Abbildung 48 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (T-Test).

**Tabelle 6: Anzahl der Messungen Damhirschhaare außen**

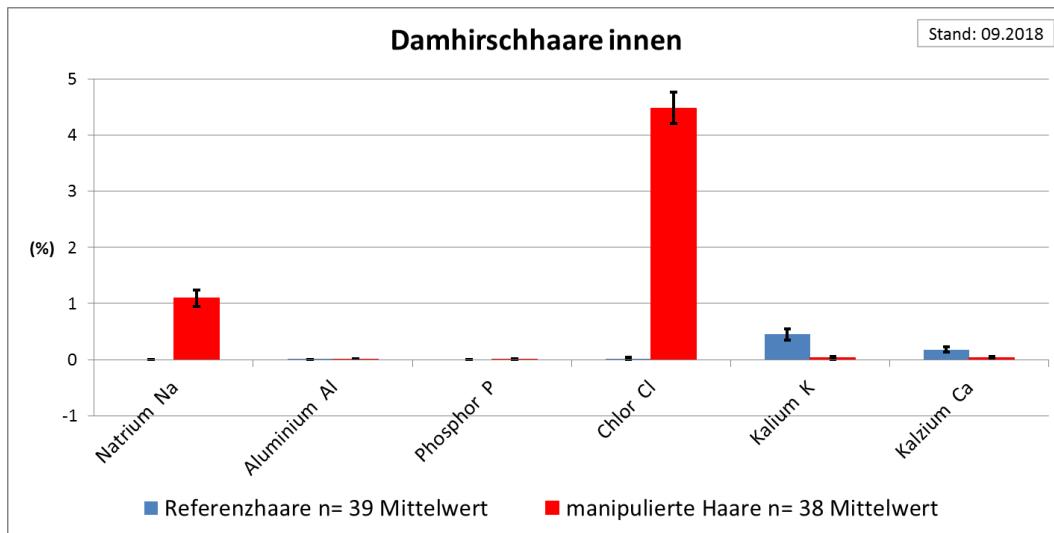
	n	Na	Al	P	Cl	K	Ca
RHA außen	61	11	4	9	17	15	4
AMH außen	48	48	2	3	48	0	0



**Abbildung 47: Damhirschhaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen**

**Tabelle 7: Anzahl der Messungen Damhirschhaare innen**

	n	Na	Al	P	Cl	K	Ca
RHA innen	39	0	1	0	1	19	13
AMH innen	38	38	7	1	38	2	2

**Abbildung 48: Damhirschhaar: ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen**

### 5.1.3 Dach (Meles meles)

**Abbildung 49: Dach**

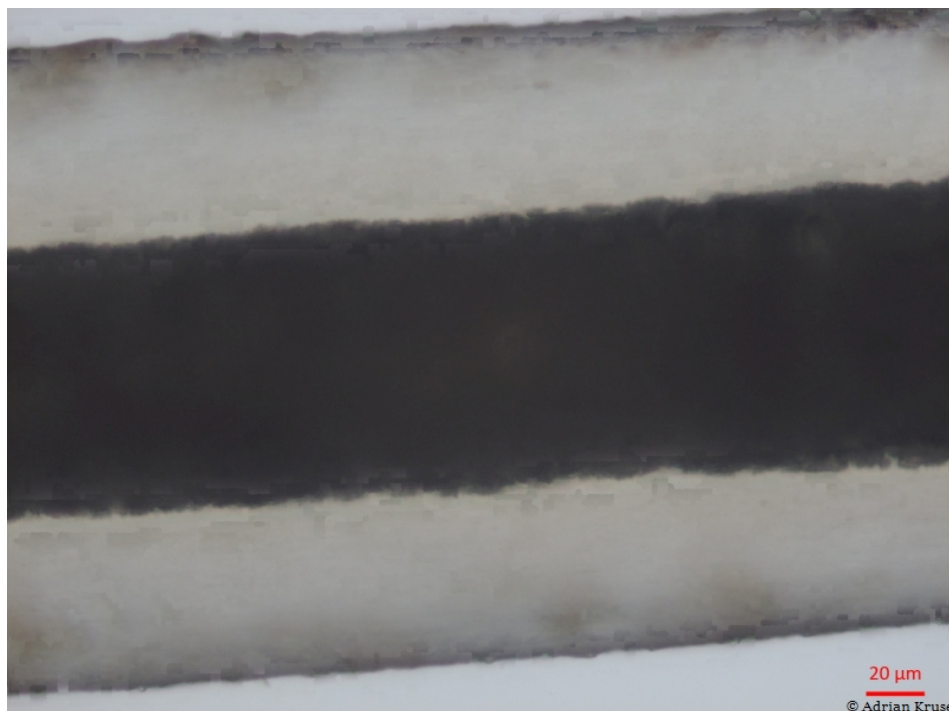
#### Morphologische Merkmale

Die Haare des Dachses sind fest und biegsam. Die Färbung ist überwiegend silbergrau. Im oberen Drittel findet sich meist eine längere dunkle Zone, der dann wieder die helle Spitze folgt. Es kommen auch komplett dunkle oder

schmutziggelbe bis hellgraue Haare vor. Die schlanke Wurzel geht fast übergangslos in den Haarschaft über, der nur langsam breiter wird. Der Haarschaft weist Dickenschwankungen auf. Die Rindenschicht macht ca. 30 % des Querschnitts aus (Abbildung 51).

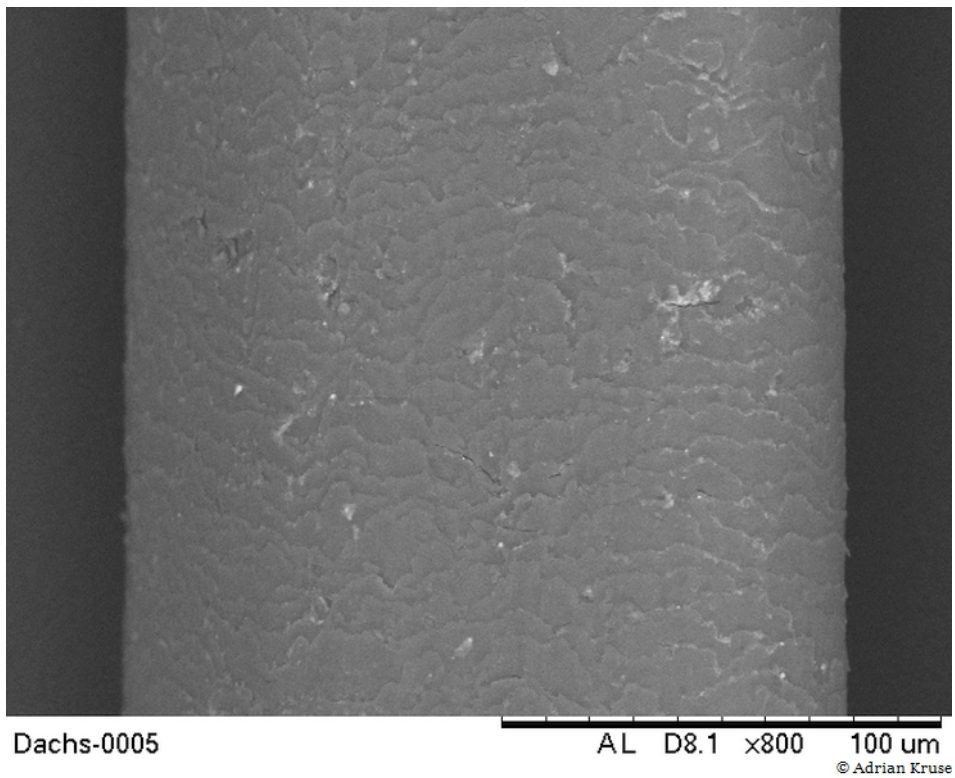


**Abbildung 50: Dachshaar makroskopisch (Skalierung 1 mm)**

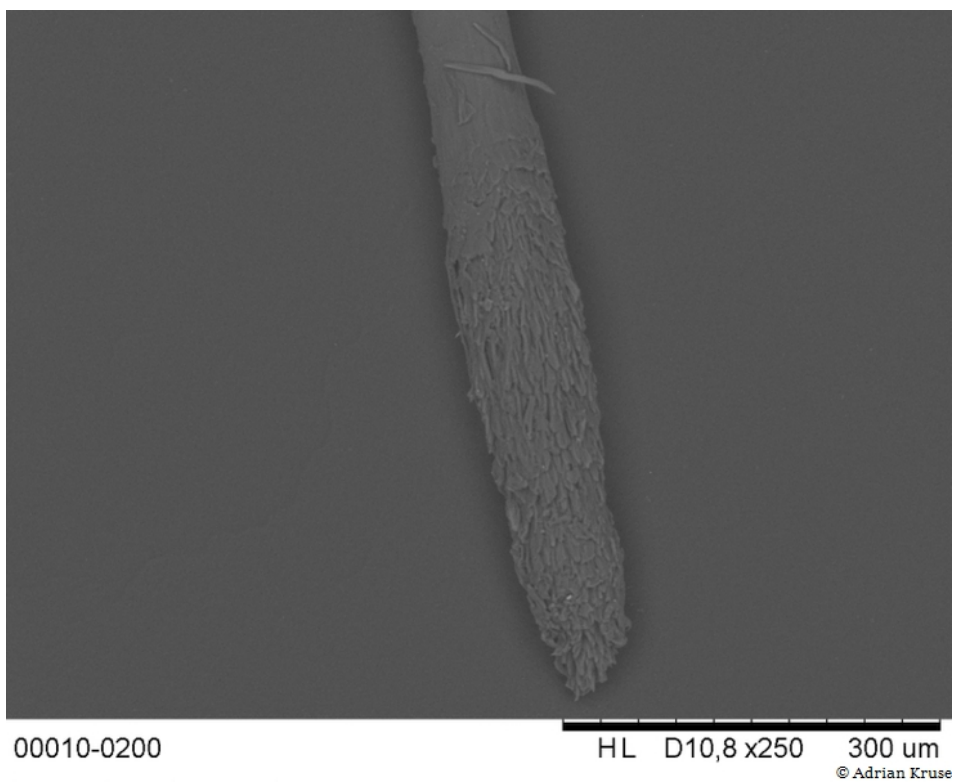


**Abbildung 51: Dachshaar mikroskopisch (x400)**

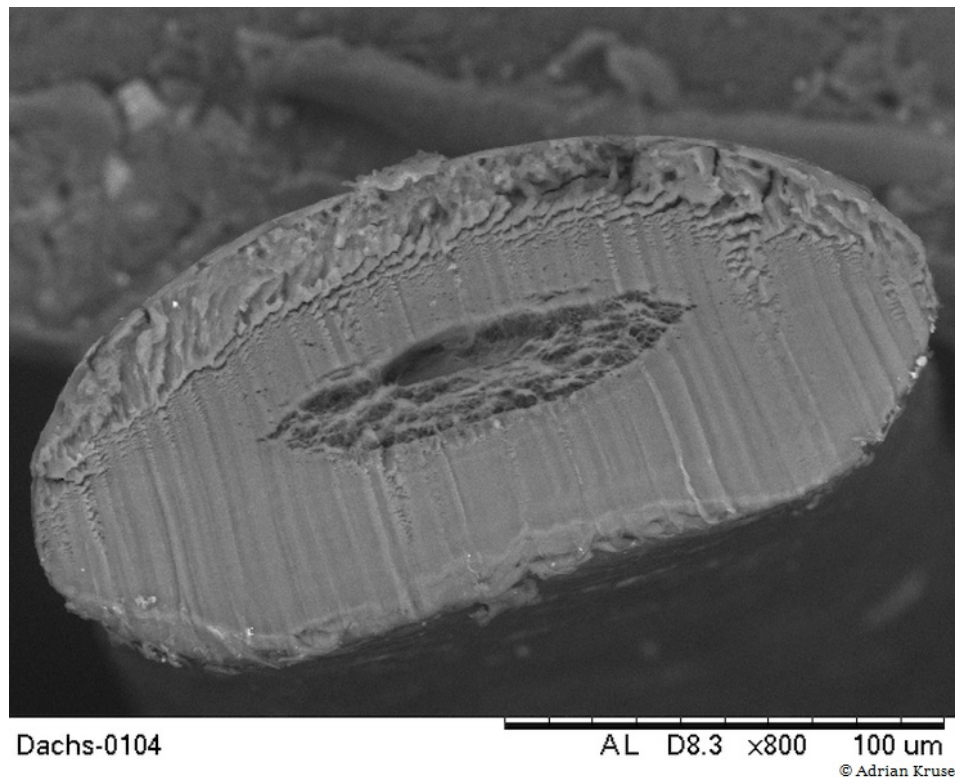
Die Cuticulazeichnung ist beim Dachshaar wellenförmig, unregelmäßig gezackt, und die Abstände der Zeichnungen sind unsystematisch dicht aufeinander folgend.



**Abbildung 52: Cuticulazeichnung des Dachshaares außen elektronenmikroskopisch (15 kV x600)**



**Abbildung 53: Wurzel eines Dachshaares elektronenmikroskopisch (15 kV x160)**



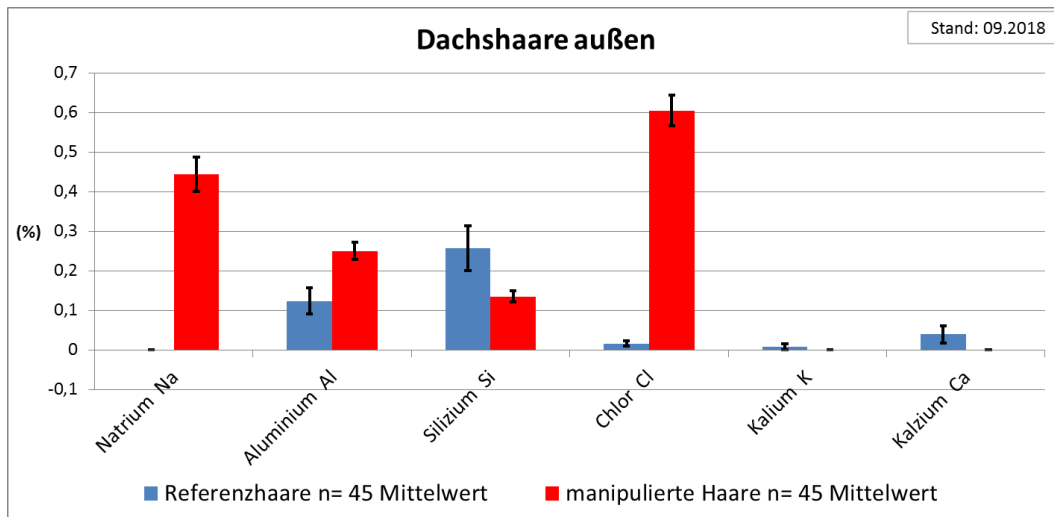
**Abbildung 54: Dachshaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x600)**

### **EDX: Elementanalyse**

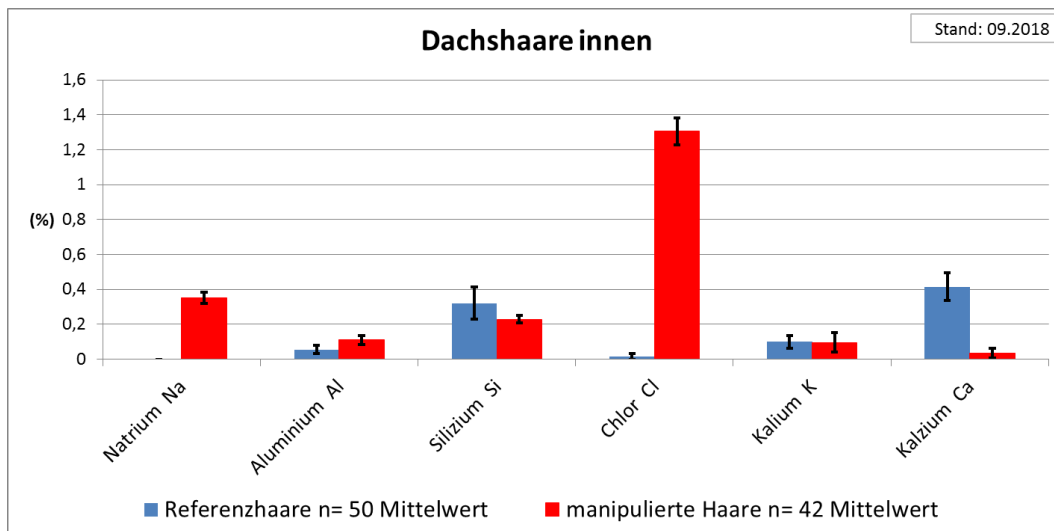
Beim nativen Dachshaar (Abbildung 55; Abbildung 56) sind die Elemente Natrium und Chlor bei manipulierten Haaren in hohem Anteil vorhanden. Das Element Natrium wurde nur bei behandelten Haaren festgestellt. Im Haarinneren ist die Differenz auf den ersten Blick nicht ganz so ausgeprägt. In der Tabelle 8 und Tabelle 9 sind die Anzahl der Messungen der Elemente zu den Gesamtmesswerten (n) aufgeführt. Gekennzeichnet sind in der Abbildung 55 und der Abbildung 56 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (T-Test).

**Tabelle 8: Anzahl der Messungen Dachshaare außen**

	n	Na	Al	Si	Cl	K	Ca
RHA außen	45	0	15	24	5	2	3
AMH außen	45	36	40	34	5	2	3

**Abbildung 55: Dachshaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen****Tabelle 9: Anzahl der Messungen Dachshaare innen**

	n	Na	Al	Si	Cl	K	Ca
RHA innen	50	0	6	18	1	8	21
AMH innen	42	39	21	39	42	5	2

**Abbildung 56: Dachshaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen**

### 5.1.4 Rotfuchs (*Vulpes vulpes*)



**Abbildung 57: Rotfuchs**

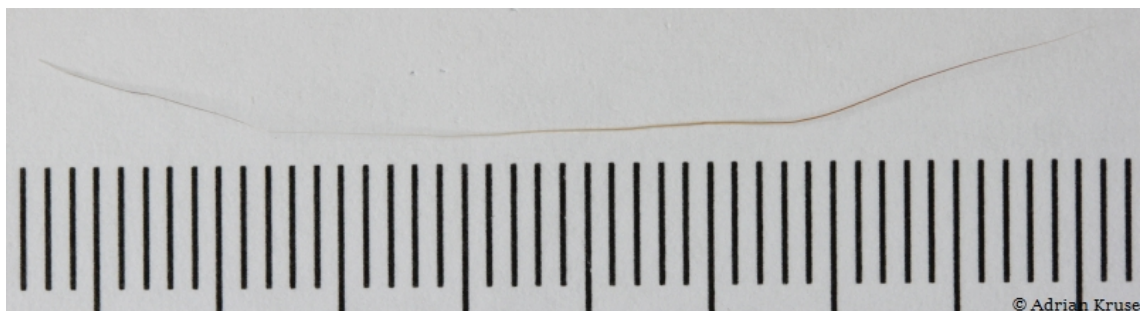
#### **Morphologische Merkmale**

Beim Fuchshaar ist nach Leithaar, Grannenhaar und Wollhaar zu unterscheiden. Bei den Grannenhaaren gibt es Unterformen.

Das Leithaar ist länger als die Grannenhaare und steht vereinzelt aus der Felloberfläche heraus. Es ist schwarz und befindet sich vornehmlich auf dem Rücken und an den Flanken.

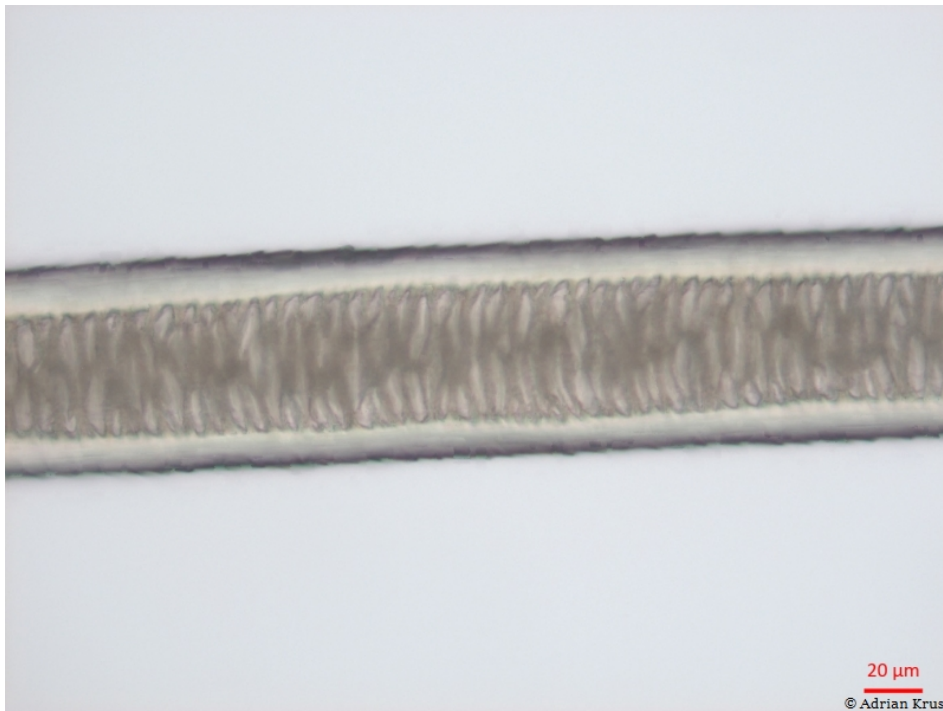
Die Grannenhaare, welche die Hauptmenge der Haare ausmachen, zeigen nach schlanker Wurzel auf langer Strecke einen dünnen Haarschaft. Der basale Abschnitt ist grau bis schwarz. Im mittleren bis oberen Abschnitt wird mit Beginn der Granne das Haar deutlich breiter. Die Färbung ist hier hellbraun bis rotbraun. Die Haarspitze ist dunkelbraun (Abbildung 58).

Die Wollhaare weisen keine charakteristischen Merkmale auf und sind für die Tierartbestimmung ungeeignet.



**Abbildung 58: Rotfuchshaar makroskopisch (Skalierung 1 mm)**

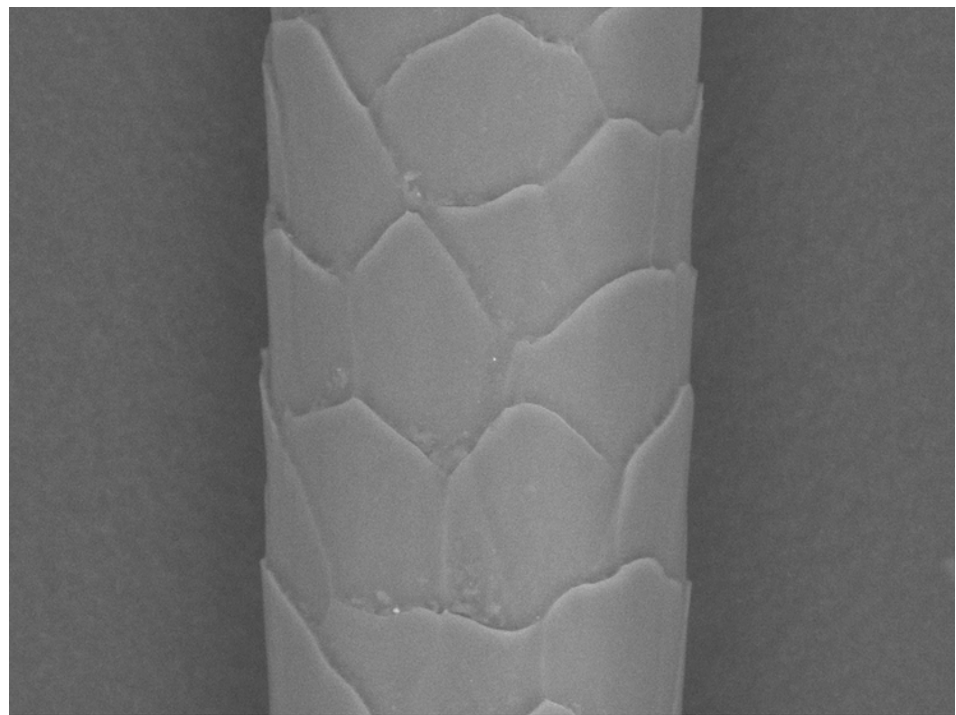
Der Markkanal setzt mit einer langen feinen Spitze ein. Die Markzellen stehen quer zur Haarlängsachse. Anfangs sind einzelne Zellen erkennbar, später wechselseitig stäbchenförmige Gebilde. Im Grannenbereich ist ein netzartiges unregelmäßiges Muster erkennbar. Der Markkanal ist deutlich zu erkennen und macht ca. 60 % des Gesamtquerschnittes aus (Abbildung 59).



**Abbildung 59: Rotfuchshaar mikroskopisch (x400)**

Die Cuticula ist basal blattförmig mit weiten Abständen, geht in Zapfenform, und im mittleren bis oberen Drittel in mitteleng stehende, kranzförmige Schuppenform über.

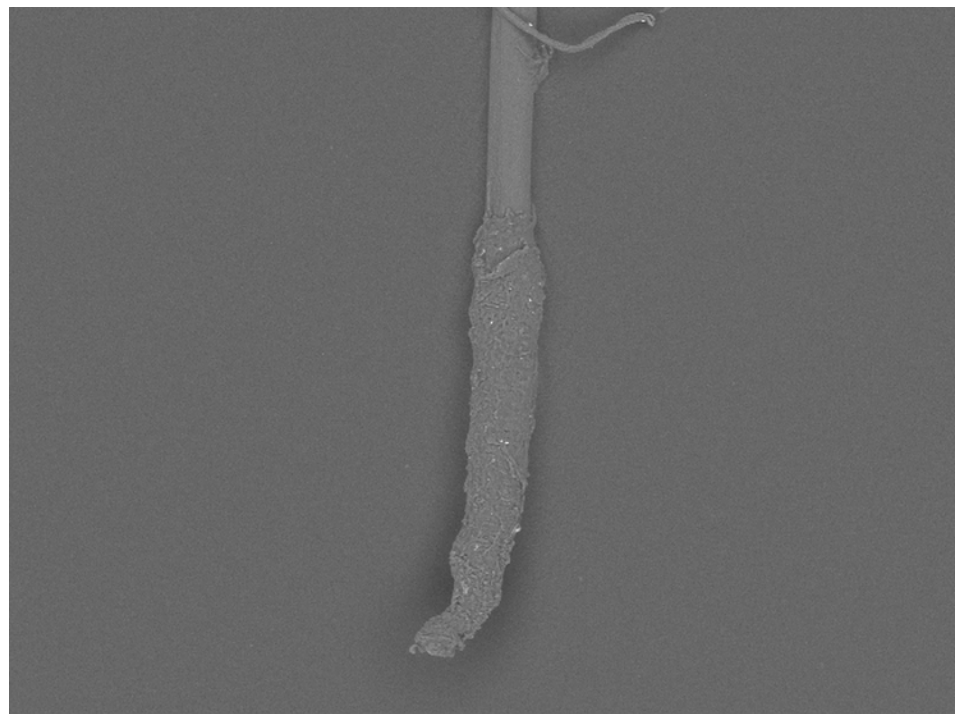




Fuchs-0002

AL D8.1 x1.5k 50 um  
© Adrian Kruse

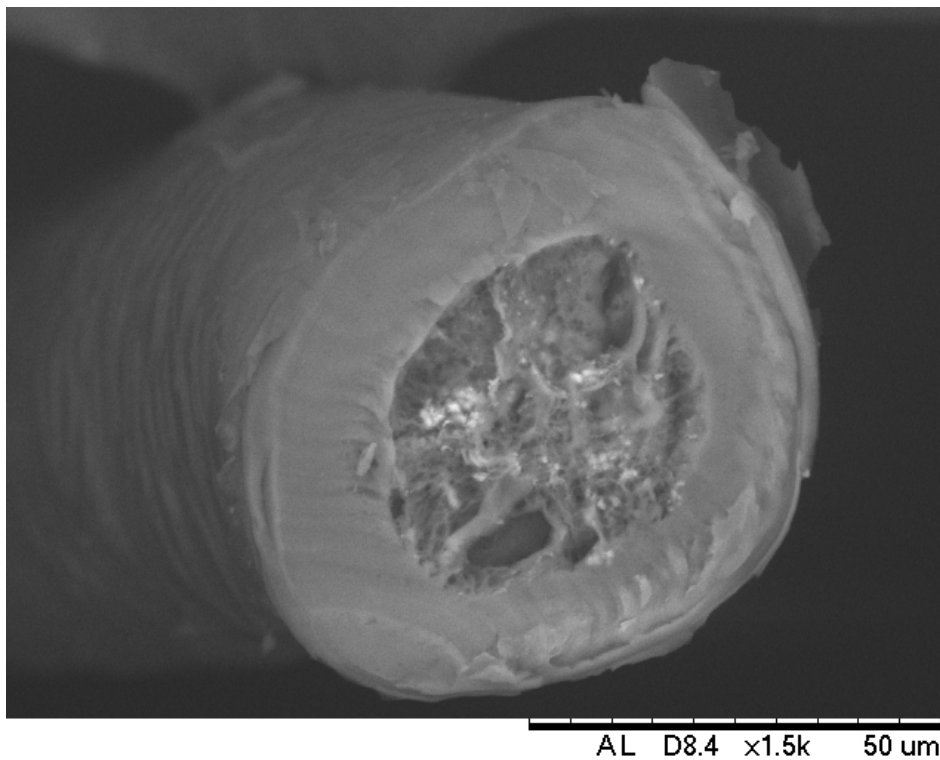
**Abbildung 60: Rotfuchshaar außen elektronenmikroskopisch (15 kV x1100)**



RHA-00020-2001

AL D8.6 x200 500 um  
© Adrian Kruse

**Abbildung 61: Rotfuchshaar Wurzel elektronmikroskopisch (15 kV x140)**



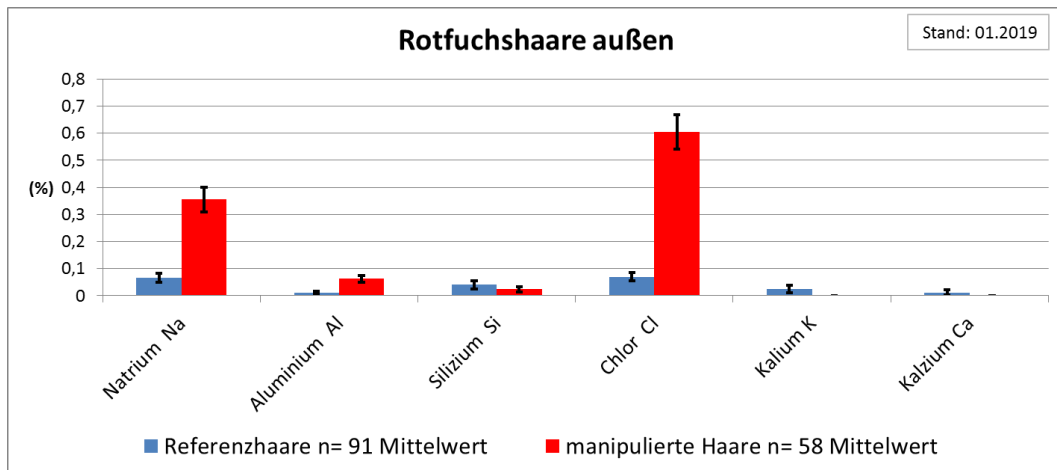
**Abbildung 62: Rotfuchshaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x1400)**

### **EDX: Elementanalyse**

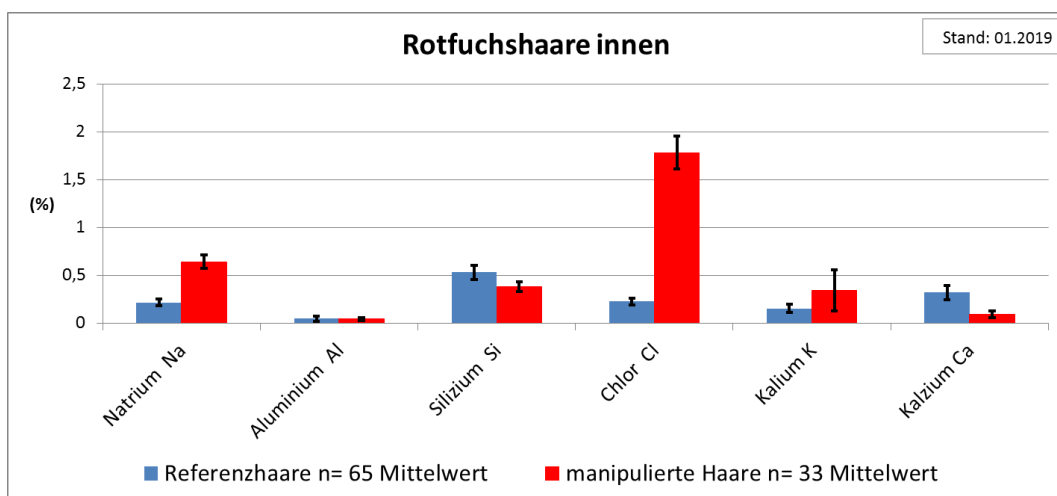
Die manipulierten Rotfuchshaare außen (Abbildung 63) und innen (Abbildung 64) zeigen bei Chlor und Natrium höhere Werte als die Referenzhaare. In der Tabelle 10 und Tabelle 11 sind die Anzahl der Messungen der Elemente zu den Gesamtmesswerten (n) aufgeführt. Gekennzeichnet sind in der Abbildung 63 und der Abbildung 64 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (T-Test).

**Tabelle 10: Anzahl der Messungen Rotfuchshaare außen**

	n	Na	Al	Si	Cl	K	Ca
RHA außen	78	16	6	9	18	4	2
AMH außen	58	36	22	7	44	0	0

**Abbildung 63: Rotfuchshaar:ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen****Tabelle 11: Anzahl der Messungen Rotfuchshaar innen**

	n	Na	Al	Si	Cl	K	Ca
RHA innen	65	31	7	58	29	13	21
AMH innen	33	29	9	30	33	8	21

**Abbildung 64: Rotfuchshaar ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen**

Beim Rotfuchs überwiegen bei manipulierten Haaren im Inneren die Elemente Chlor und Natrium.

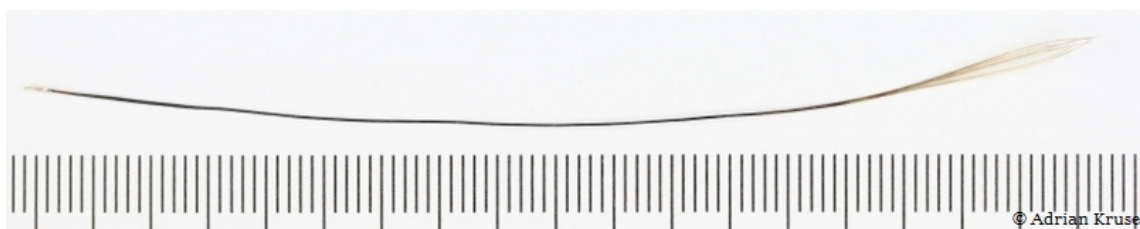
### 5.1.5 Wildschwein (*Sus scrofa*)



**Abbildung 65: Wildschwein**

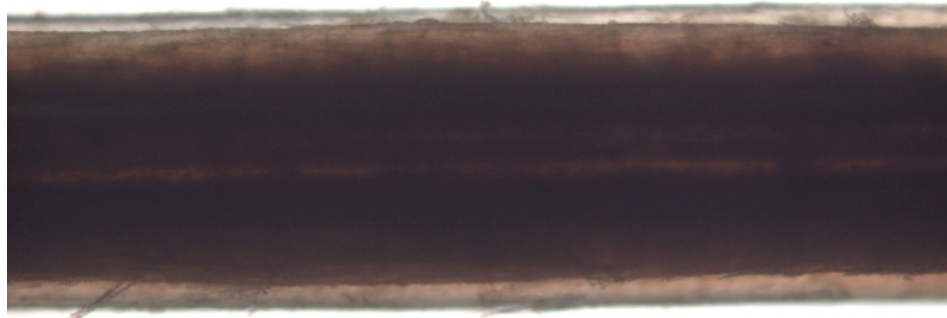
#### **Morphologische Merkmale**

Aufgrund der Haardicke, Festigkeit und Elastizität werden die Haare von Wildschweinen als Borsten bezeichnet. Nach kräftiger Kolbenwurzel beginnt der Haarschaft mit durchgehend dunkelbrauner bis schwarzer Färbung. Eine Darstellung im Durchlichtmikroskop ist daher kaum möglich. Ein Markkanal fehlt oder ist unterbrochen. Im oberen Haarschaftdrittel wird die Färbung heller. Markant ist die typische Aufspaltung der Haarspitze in mehrere Fasern (Abbildung 66).



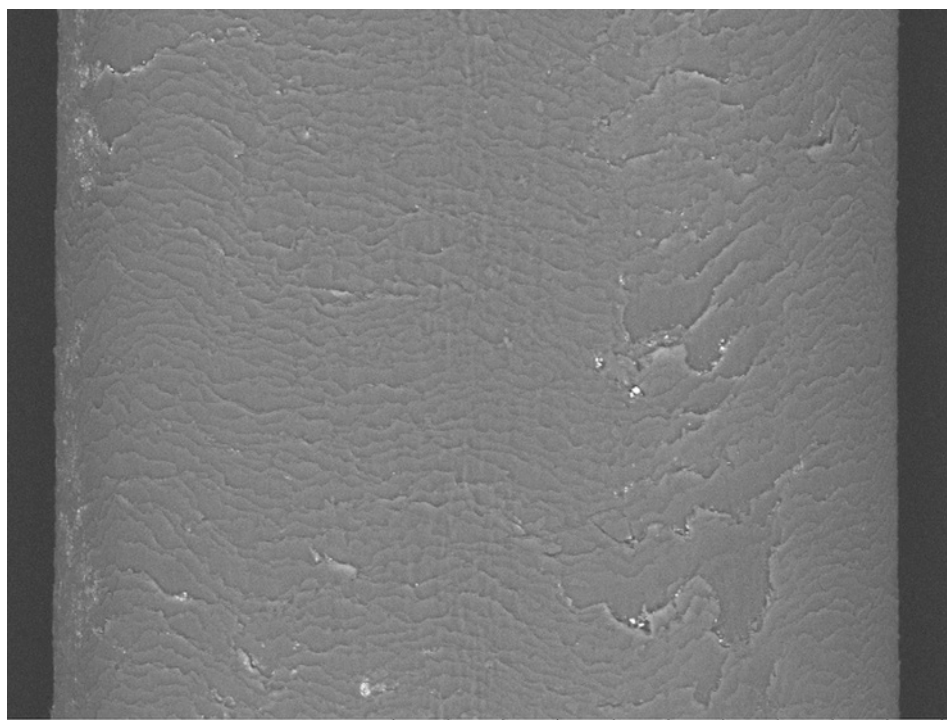
**Abbildung 66: Wildschweinhaar makroskopisch (Skalierung 1 mm)**

Die Cuticula ist unregelmäßig gewellt und eng stehend mit gezackten Schuppenrändern (Abbildung 68). Im Querschnitt ist die kompakte Rinde ohne Markkanal erkennbar (Abbildung 70).



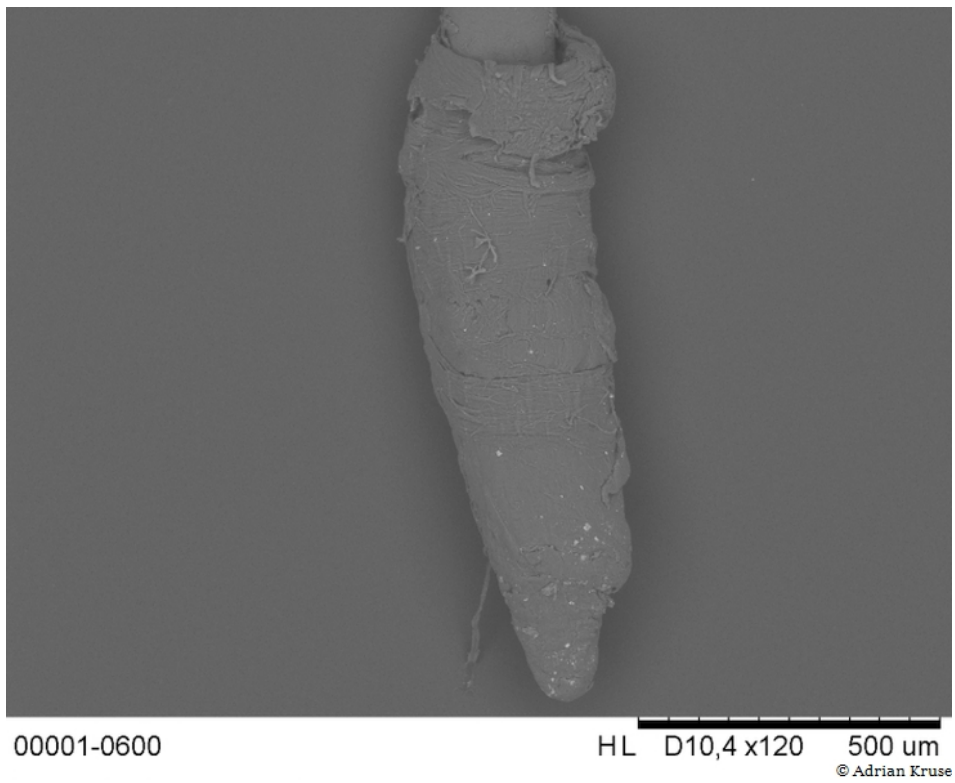
100  $\mu\text{m}$   
© Adrian Kruse

**Abbildung 67: Wildschweinhaar mikroskopisch (x100)**

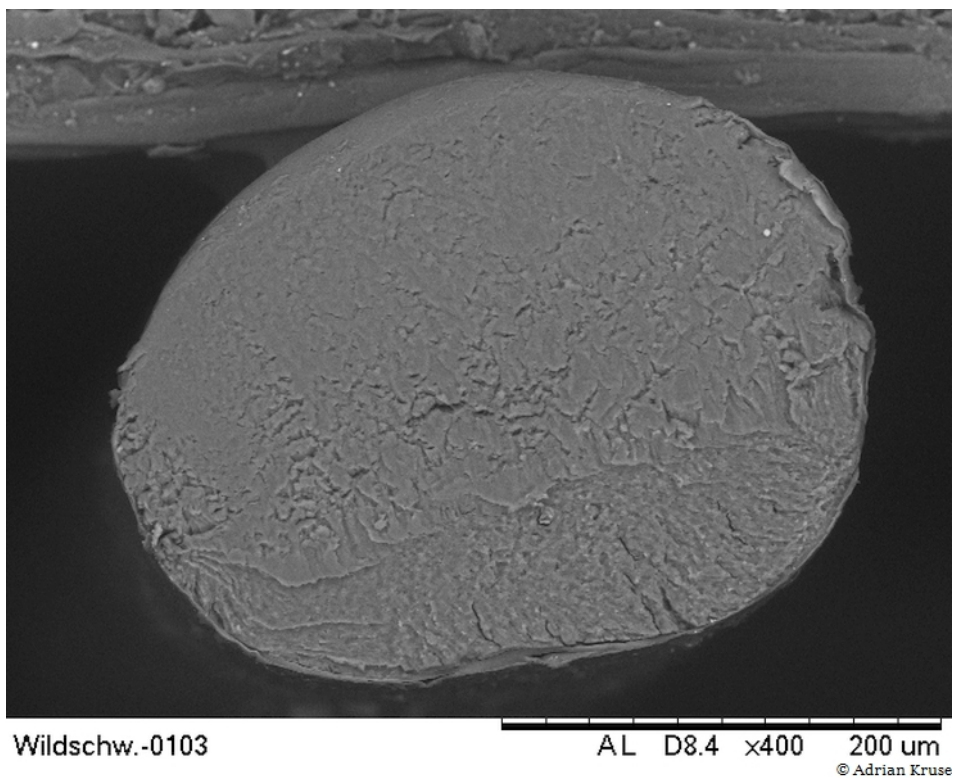


Wildschw.-0003 AL D8.0 x500 200  $\mu\text{m}$   
© Adrian Kruse

**Abbildung 68: Wildschweinhaar außen elektronenmikroskopisch (15 kV x380)**



**Abbildung 69: Wildschweinhaar Wurzel elektronenmikroskopisch (15 kV x90)**



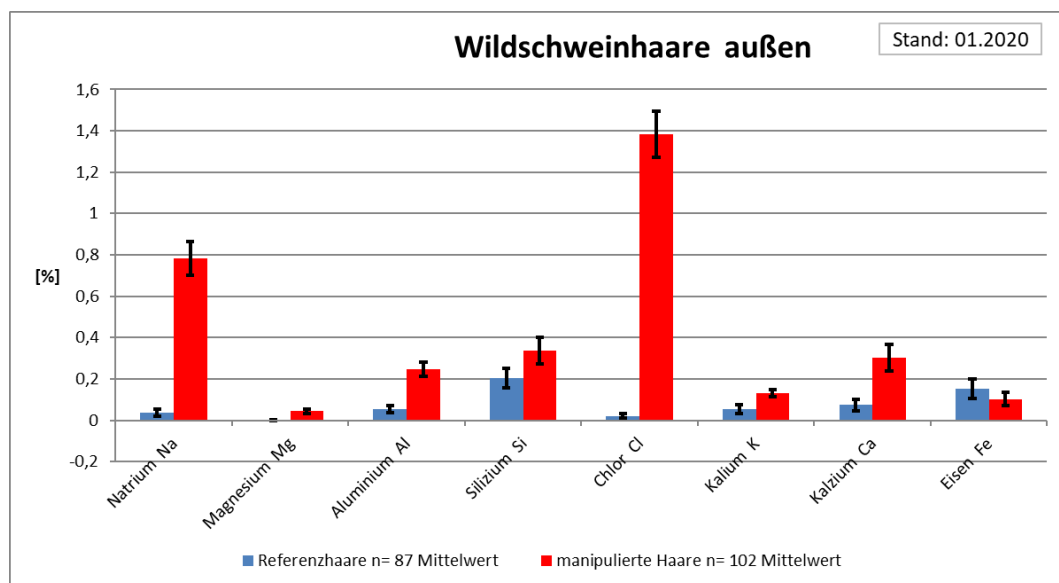
**Abbildung 70: Wildschweinhaar im Querschnitt elektronenmikroskopisch (15 kV x300)**

### EDX: Elementanalyse

In der Abbildung 71 und Abbildung 72 sind die Anzahl der Messungen der Elemente zu den Gesamtmesswerten (n) aufgeführt. Beim Wildschwein ist der Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Haaren deutlich. Schwarzwildborsten lassen die chemischen Mittel nicht so gut eindringen wie z.B. die luftgefüllten Haare des Rehs. Natrium und ein hoher Anteil von Chlor kommen bei behandelten Haaren vor. Gekennzeichnet sind in der Abbildung 71 und der Abbildung 72 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (T-Test).

**Tabelle 12: Anzahl der Messungen Wildschweinhaar außen**

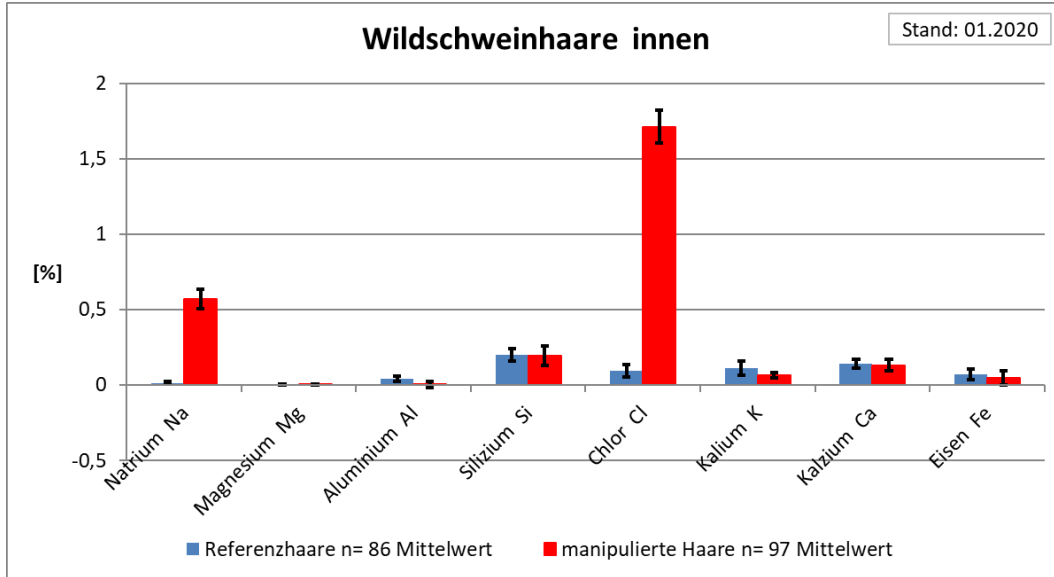
	n	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe
RHA außen	87	6	1	17	33	6	7	15	14
AMH außen	102	83	19	61	47	88	47	43	12



**Abbildung 71: Wildschweinhaar: ausgewählte Elemente außen mit Standardabweichungen**

**Tabelle 13: Anzahl der Messungen Wildschweinhaar innen**

	n	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe
RHA innen	86	4	1	14	47	14	16	33	5
AMH innen	97	84	2	34	59	86	18	20	1



**Abbildung 72: Wildschweinhaar:ausgewählte Elemente innen mit Standardabweichungen**

## 5.2 Artübergreifender Vergleich für Hinweise auf Manipulation von Haaren

**Tabelle 14: EDX-Analysen: Das Auftreten signifikanter Konzentrationsunterschiede bei den analysierten Elementen zwischen nichtmanipulierten und manipulierten Haaren**

Stichprobe Haare	Element													
	C	N	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Cr	Fe
Reh außen	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Red			
Reh innen	Red	Green	Red	Red		Red	Red		Red	Red	Red	Green		
Damhirsch außen	Red	Red	Red	Red		Green	Green	Red	Green	Red	Red	Green		
Damhirsch innen	Red	Red	Red	Red		Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	
Dachs außen	Green	Green	Red	Red		Red	Red		Green	Red	Green	Green		Green
Dachs innen	Red	Red	Red	Red		Green	Green	Green	Green	Red	Green	Red		Green
Rotfuchs außen	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green		
Rotfuchs innen	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green		Green	Red	Green	Red		
Wildschwein außen	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Green
Wildschwein innen	Red	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Green		Green



### **5.3 Tierhaar-Datenbank**

Zum Vergleich der Haare und der Zuordnung zu einer Tierart wurde eine Tierhaar-Datenbank erstellt. Diese soll möglichst alle Tierarten, mit denen eine Wildkollision in Deutschland möglich ist, abbilden. Im aktuellen Stand muss sie aufgrund noch nicht dokumentierter Tierarten stetig ergänzt werden. Auch Tierarten aus den benachbarten Ländern sollten berücksichtigt werden. Hinzu kommt bei einigen Arten eine Unterscheidung von Sommer- und Winterfell, so dass auch Haare aus unterschiedlichen Jahreszeiten untersucht werden müssen.

Bei der Weiterentwicklung sollen auch weitere sich mit diesem Thema befassende Personen oder Institutionen lesenden und schreibenden Zugriff auf die Daten und Erkenntnisse auf dieser Plattform erhalten.

Mit der Datenbank soll die Tierartzuordnung anhand untersuchter Proben ermöglicht werden.

Aufgebaut ist die Datenbank nach der Reihenfolge der Probenbearbeitung. Es finden sich auch Tierarten wieder, die nicht ursprünglich in Deutschland vorkommen und aus zoologischen Gärten, Wildtiergehegen oder anderen Orten stammen.



## 6 Ergänzende Studie: Datensammlung und Versuche zur Mechanik der Tierkollision

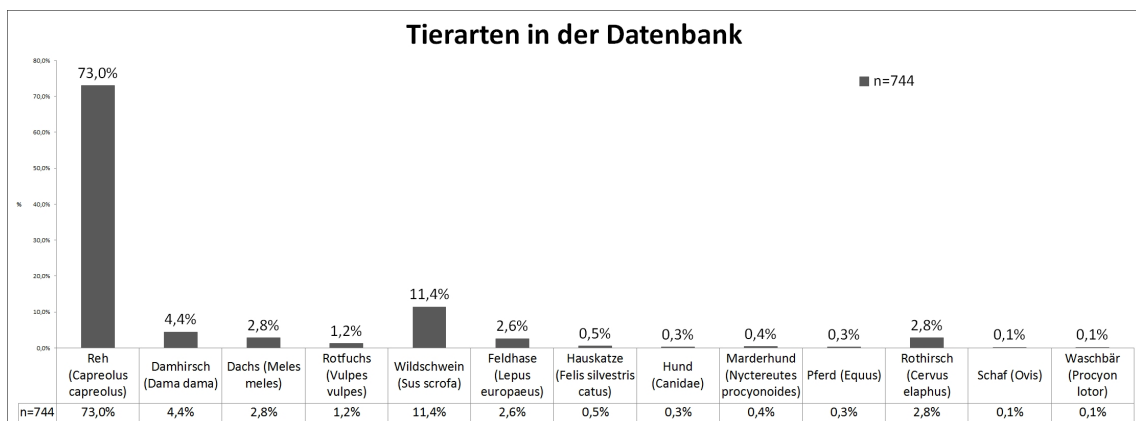
Für die Beurteilung zu Schäden am Fahrzeug werden als Referenz sowohl (1) gut dokumentierte Wildverkehrsunfälle als auch (2) Ergebnisse standardisierter Versuche benötigt.

### 6.1 Dokumentation von Wildverkehrsunfällen: Wild-Schaden-Datenbank

Die Kollision zwischen einem Fahrzeug und einem Tier kann in unterschiedlichen Konstellationen erfolgen. Für die Beurteilung, ob das Schadenbild am Fahrzeug durch ein Tier verursacht wurde, ist eine Sammlung von nachgewiesenen Tierkollisionen, aufgenommenen Wildunfällen am Unfallort und Versuchsergebnissen entstanden, welche als Wild-Schaden-Datenbank online zur Verfügung steht.

Die Sammlung enthält nur Vergleichsfälle, bei denen es keinen wesentlichen Fremdkontakt mit Hindernissen wie z.B. Leitplanke gegeben hat, und in denen vom Tier stammende Spuren am Fahrzeug vorhanden waren. Beschädigungen außerhalb des Kontaktbereiches, die nicht vom Tier stammen, wurden gekennzeichnet.

**Tabelle 15: In der Wild-Schaden-Datenbank dokumentierte Tierarten**



Mit Hilfe von Suchroutinen lässt sich ein Vergleichsfall schnell und einfach finden. Mit Stand März 2019 dokumentiert die Datenbank 744 Vergleichsfälle. Für weitergehende Untersuchungen lassen sich ausgewählte Daten in das Excel-Format exportieren und weiter auswerten. Die Daten des identifizierten Vergleichsfalls können in ein PDF-Dokument gedruckt werden. Ab 2019 wird die

Datenbank offline weitergeführt. Die Vergleichsfälle lassen sich in Excel sortieren und sind mit den PDF's verknüpft.

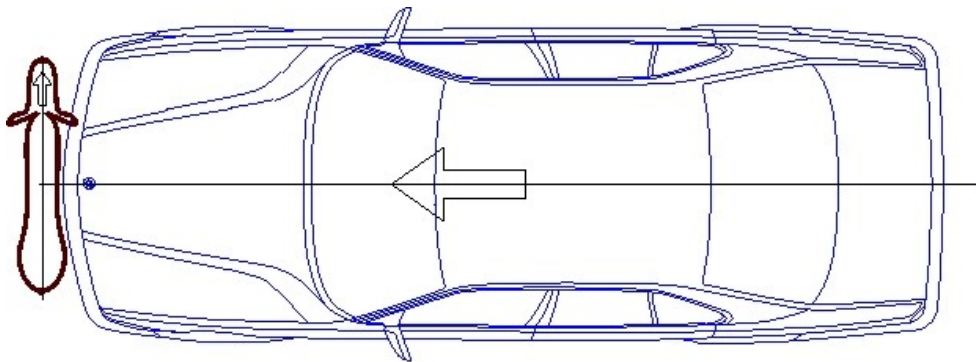
In der Datenbank befinden sich Daten von Unfällen mit 13 Tierarten (Tabelle 15).

Die meisten Kollisionen erfolgten mit Rehen, gefolgt von Wildschweinen.

Um eine schnelle Eingrenzung zu erhalten wurden Stoßarten definiert.

### **Vollanstoß**

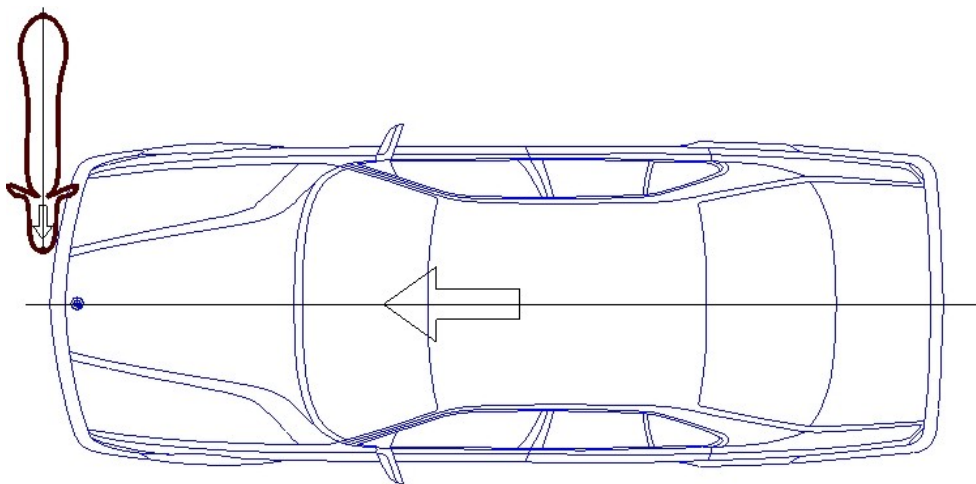
Bei einem Vollanstoß erfolgte die Kollision zwischen Fahrzeug und Tier im Frontbereich über die komplette Tierlänge (Abbildung 73).



**Abbildung 73: Vollanstoß Fahrzeug-Tier**

### **Teilanstoß**

Beim Teilanstoß wurde das Tier mit der Fahrzeugfront erfasst, jedoch nicht über die komplette Tierlänge. In Folge dessen kann es zum Umschlagen des Tieres gegen die Fahrzeugseite kommen (Abbildung 74).



**Abbildung 74: Teilanstoß Fahrzeug-Tier**

### Seitenanstoß

Beim Seitenanstoß bewegt sich das Tier mit dem Kopfteil gegen die Fahrzeugseite. Das kann gerade oder auch schräg erfolgen (Abbildung 75).

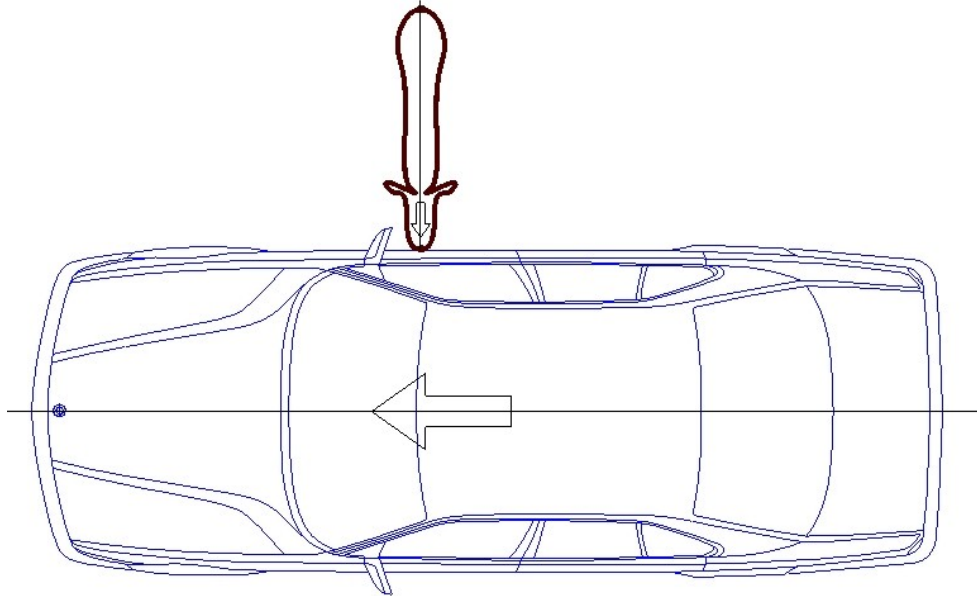


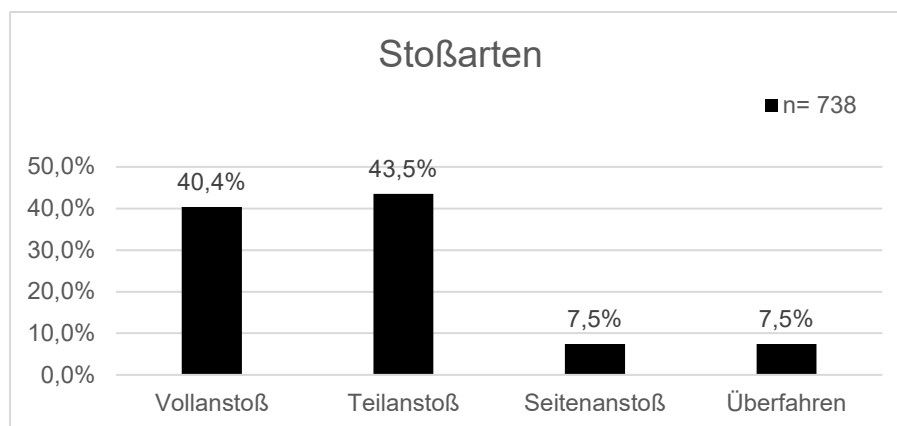
Abbildung 75: Seitenanstoß Tier-Fahrzeug

### Überfahren

Wenn die Kollision im unteren Bereich des Fahrzeuges erfolgt, kann es zum Überfahren des Tieres kommen. Das passiert am häufigsten mit Tieren, deren Wiederrist nur bis zum unteren Bereich des vorderen Stoßfängers reicht.

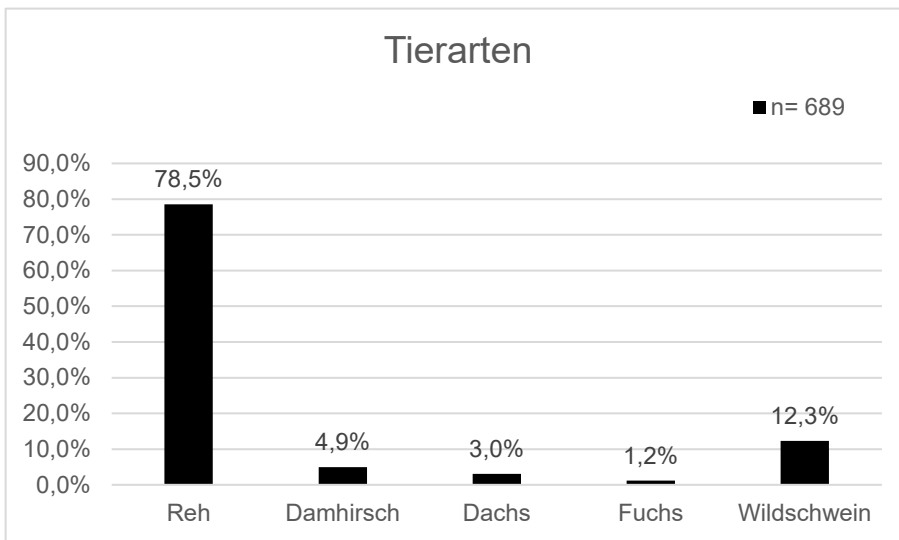
Die Unterteilung aller Vergleichsfälle nach Stoßarten zeigt, dass die meisten Kollisionen mit Wild mit Voll- und Teilanstoß erfolgen.

Tabelle 16: Unterteilung der Wildkollisionen nach Stoßart



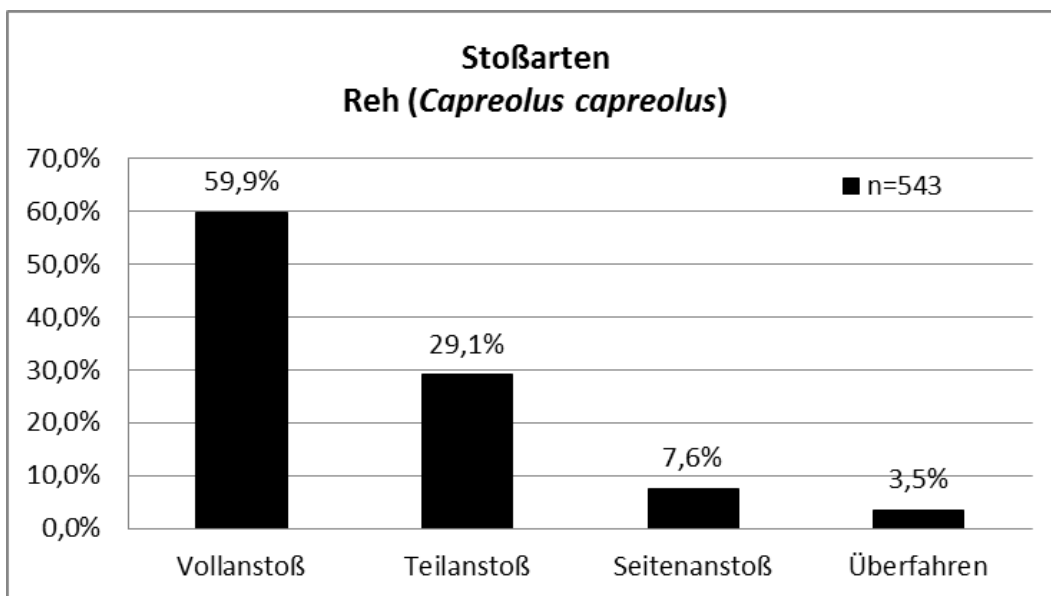
Bei den untersuchten Tierarten kommen Unfälle mit Rehen am häufigsten vor. Dann folgen Wildschweinkollisionen.

**Tabelle 17: Anteil der ausgewerteten Tierarten**



Die Differenzierung der Anstoßarten nach den Tierarten ist in den folgenden Diagrammen aufgeführt. In der Datenbank befinden sich noch weitere Tierarten, die hier nicht näher untersucht wurden, weshalb in der Auswertung eine geringere Anzahl aufgeführt ist.

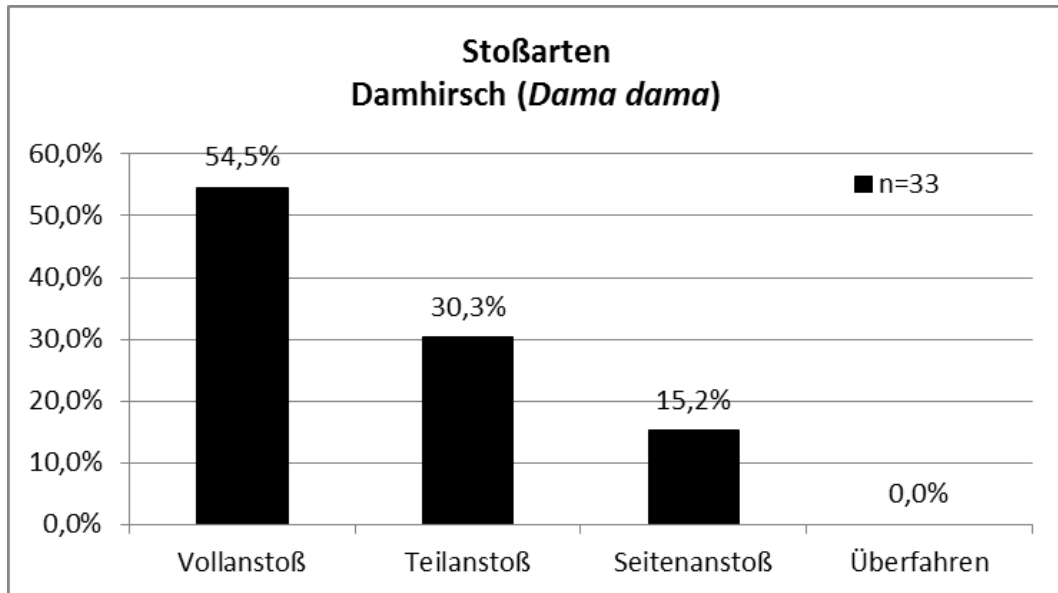
**Tabelle 18: Anstoßkollision mit Reh**



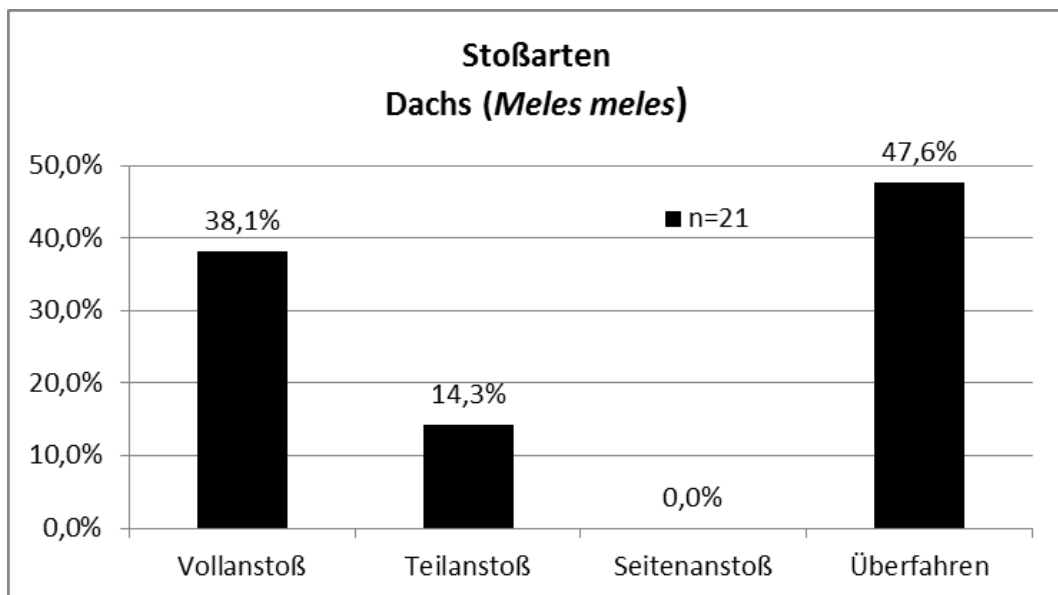
Die Kollision mit Rehen erfolgte überwiegend durch einen Vollanstoß. Bei der Auswertung der Schadenbilder konnte beim Seitenanstoß durch Rehe beobachtet werden, dass es einen Primär- und einen Sekundärkontakt gibt. Sofern aber der Primäranstoß hinter der Fahrer- oder Beifahrertür erfolgt, lässt sich, in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit, die Sekundärkollision am Fahrzeug

nicht mehr erkennen. Der Abstand zwischen den Kontaktstellen bei einem Seitenanstoß hängt im Wesentlichen von der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs ab.

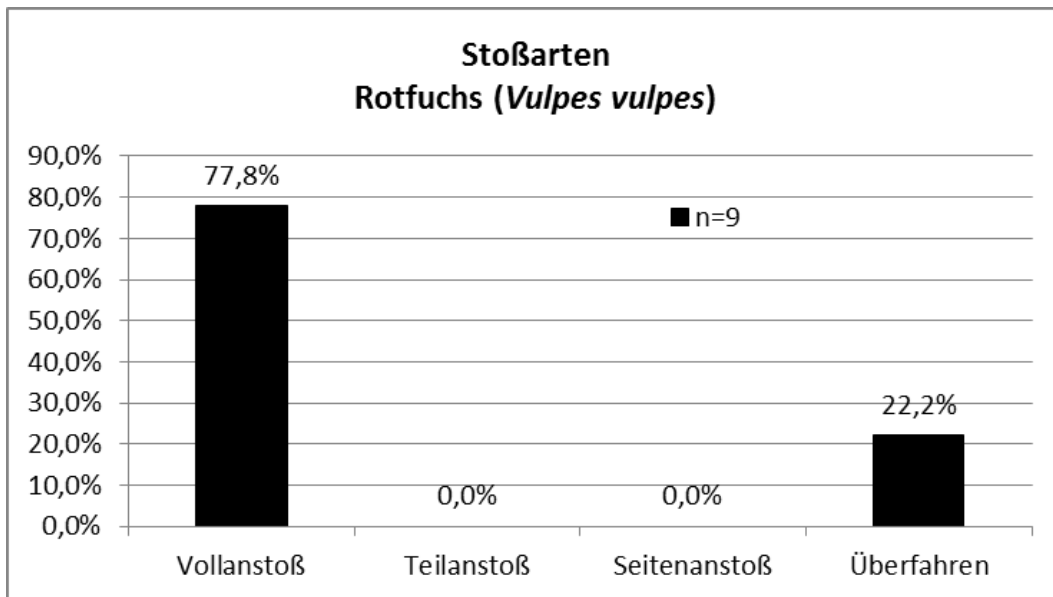
**Tabelle 19: Anstoßkollision mit Damhirsch**



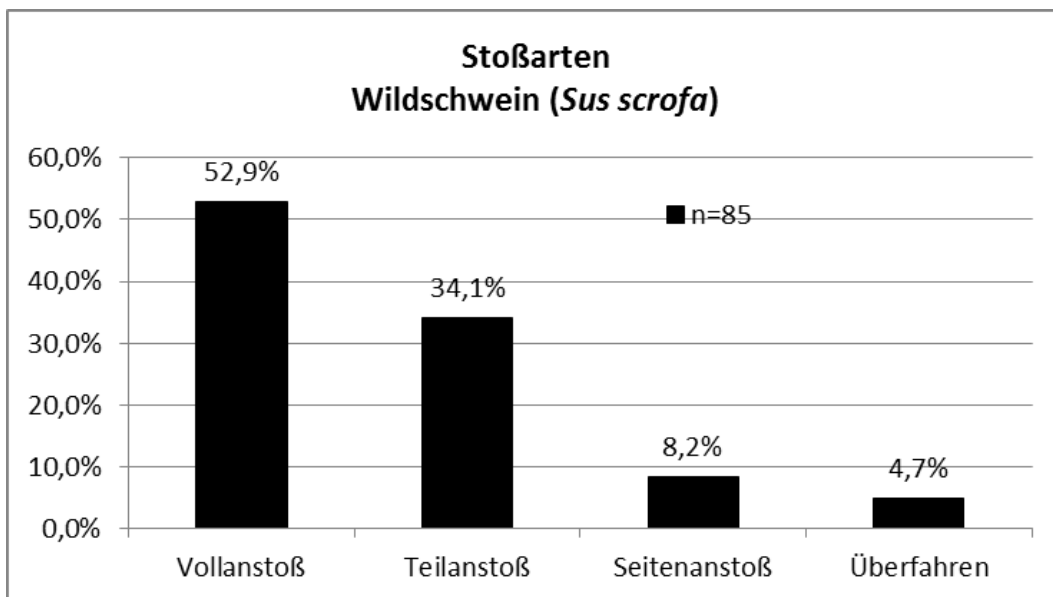
**Tabelle 20: Anstoßkollision mit Dach**



**Tabelle 21: Anstoßkollision mit Rotfuchs**



**Tabelle 22: Anstoßkollision mit Wildschwein**



Am häufigsten stellt sich die Frage, ob das Schadenbild am Fahrzeug einer Wildkollision zuzuordnen ist.

Besonders ist der Anstoß gegen die Fahrzeugseite, da diese Kollisionsart weitaus seltener zu verzeichnen ist als der Vollanstoß. Zur Prüfung dieser Fälle sind die Vergleichsfälle in der Wild-Schaden-Datenbank hilfreich.

Da sich die Karosserieformen der einzelnen Fahrzeugmarken unterscheiden und damit auch die Schadenbilder variieren, ist jeder zusätzliche, gut dokumentierte Vergleichsfall für die Spureninterpretation hilfreich.



## 6.2 Wild-Unfall-Versuche

Da nach einem Wildunfall meist nur wenige Daten und Angaben zum Tier aufgenommen werden und auch sonst keine Informationen zum Unfallhergang zur Verfügung stehen, wurden eigene Versuche durchgeführt. Verwendet wurden dazu Tiere, die entweder durch einen Unfall oder eines natürlichen Todes gestorben sind. Es wurden für diese Versuche keine Tiere getötet.

Die Versuche fanden auf abgesperrtem Gelände statt, teilweise mit Fachbeobachtern.

Für die Durchführung der Versuche wurde eine Vorrichtung verwendet, welche im Rahmen einer Diplomarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden von Volker Barfels konstruiert wurde. Diese Vorrichtung erlaubt Kollisionen mit den Tieren auch unter einem von  $90^\circ$  zur Fahrtrichtung abweichenden Winkel.



**Abbildung 76: Vorrichtung für Crash-Versuche**

Zur einfachen De- und Montage sowie Lagerung wurden Leitern als Ständer verwendet. Auf diesen befindet sich eine Trageplatte mit steckbaren Profileisen. Zusätzlich wurde eine drehbare Plattform angebracht, die sich beliebig zusammensetzen lässt, womit der Winkel von Fahrzeug und Tier variierbar ist (Abbildung 76). Das Tier wird mit Bindfäden befestigt, die sich bei der Kollision leicht von den an der Vorrichtung angebrachten Haken lösen. Zum Versuch wurden Pylonen in Abständen von 1 Meter und zusätzlich eine Messlatte aufgestellt. Mit der Highspeedkamera, die im rechten Winkel zur Kollision aufgestellt wurde, ließen

sich nach dem Versuch die Geschwindigkeit vom Fahrzeug und die Kontaktzeit ermitteln. Einige Versuche sind in den Anhängen 8–14 dokumentiert.

### **6.3 Wild-Überfahr-Versuche**

Zur Untersuchung, wie sich das Fahrzeug gegenüber einem auf der Fahrbahn liegenden Tier verhält, wurde bisher ein Versuch durchgeführt. Dazu wurde ein Wildschwein quer zur Fahrtrichtung auf die Fahrbahn gelegt und dann mit einem Pkw mit einer Geschwindigkeit von 93 km/h mit den Rädern der linken Fahrzeugseite überfahren.

Der Versuch wurde auf Video dokumentiert. Die Bewegung des Fahrzeuges lässt sich dadurch gut erkennen. Die Räder auf der linken Seite haben durch den Rampeneffekt kurz an Bodenhaftung verloren. Die Fahrspur konnte gehalten werden.

## **7 Diskussion**

### **7.1 Fehlerdiskussion**

#### **Schwachstellen des Grundkonzeptes**

Die Proben wurden ungereinigt untersucht, um nachträgliche Verunreinigungen durch Chemikalien auszuschließen. Aus diesem Grund befanden sich mitunter Antragungen von außen an den Haaren, die zwangsläufig in die Messungen mit einfließen und Elemente zur Anzeige brachten, die von außen angelagert waren. Es wurde jedoch Augenmerk auf saubere Abschnitte für die Messungen gelegt.

In Folge dieser Erkenntnis wurden Messungen im Haarquerschnitt vorgenommen, um auch Werte aus dem Haarinneren erhalten zu können. Da nicht im Reinraum gearbeitet wurde kam es jedoch auch hier zu gelegentlichem Ansatz von Staubpartikeln, selbst wenn die Probe unmittelbar nach dem Schnitt abgedeckt wurde. Dies konnte im Rasterelektronenmikroskop dann deutlich erkannt werden. Messungen mit nachweislichen Fremdantragungen im Querschnitt fanden bei der Auswertung keine Berücksichtigung. Zur Bestimmung der Elemente in den Haaren wurde eine im Rasterelektronenmikroskop angeschlossene Mikroanalyse angewendet. Vor der Messung erfolgte täglich eine Justierung des Systems.

Grundsätzlich erfolgte die Entnahme der Proben so, dass nachvollziehbar ist, von welchem Tier und an welcher Stelle die Haare entnommen wurden. Die Spurenlage wurde dazu vor der Abnahme der Probe dokumentiert und das Spurenmaterial gleich nach der Abnahme beschriftet, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten. Ausgewertet wurden nur Proben, welche selbst entnommen wurden.

Nach gleichem Prinzip erfolgte auch die Probenentnahme am Fahrzeug.

Vor der Besichtigung von Fahrzeugen nach einem Wildunfall kommt es nicht selten vor, dass diese bei bestehender Betriebs- und Verkehrssicherheit weiter genutzt werden. Bei der weiteren Nutzung des Fahrzeuges können witterungsbedingt Spuren unwiederbringlich verloren gehen. Aber auch die Kontaminierung der Spuren mit Fremdpartikeln kann erfolgen. Empfehlenswert ist, dass das Fahrzeug vor der Besichtigung durch den Sachverständigen nicht gewaschen und genutzt wird, um Antragspuren und auch die Beweismittel nicht zu beseitigen. Bei der Weiternutzung von verkehrssicheren Fahrzeugen sollten die Spuren durch die Mitarbeiter der Polizei oder einen Sachverständigen gesichert, und an die Versicherungen weitergegeben werden.

Nicht immer erfolgt die Besichtigung des Fahrzeugs durch den Sachverständigen in einer Werkstatt. Sollte ein Tier überfahren worden sein, ist es dann nicht möglich, den Unterboden des Fahrzeuges in Augenschein zu nehmen, um dort Spuren erkennen und sichern zu können.

Bei der Spurensicherung sollte keine Klebefolie verwendet werden. Die Haare gehen eine Verbindung mit dem Kleber ein, je länger das Haar in diesem eingebettet ist. Die Messergebnisse der Elemente im Haar werden dadurch verfälscht. Zur Bestimmung der Tierart müssen die Haare von der Klebefolie abgelöst werden, was oft das Zerreißen des Haares zur Folge hat. Die abgenommene Spur vom Fahrzeug sollte mittels Laufzettels bis zur Untersuchung zweifelsfrei dokumentiert sein. Ein Vertauschen mit anderen Proben kann dadurch ausgeschlossen werden.

### **Messtechnische Fehler**

Beim Einsatz von Messgeräten treten grundsätzlich Messabweichungen auf. Daher wurden die eingesetzten Geräte entsprechend gewartet und justiert. Da es den eindeutig richtigen Wert nur theoretisch gibt, werden Messwerte mit der entsprechenden Toleranz angegeben.

Zufällig auftretende Abweichungen wurden durch zeitlich versetzte Wiederholungsmessungen und durch die Bildung von Mittelwerten ausgeglichen. Um systematische Abweichungen zu finden, wurden in Abständen Messungen wiederholt. Da es sich bei Haaren um inhomogene Proben handelt, welche nie die gleichen Werte liefern, wurden die Messungen in zeitlichen Abständen stichpunktartig überprüft. Gelegentlich wurden die Messungen auch mit anderen Geräten getestet, um eine qualitative Bestätigung der Messergebnisse zu erhalten. Vor Beginn der Messungen erfolgten Vorversuche, um zu ermitteln, mit welchen Einstellungen qualitative Messergebnisse zu erzielen sind. Es wurde festgestellt, dass im Niedervakuum mit einer Messzeit von einer Minute die besten Ergebnisse zu erzielen sind. Der Arbeitsabstand von der Probe zum Detektor liegt bei 0,5 mm bis 1,5 mm (Hitachi High-Technologies Corporation).

Im Referenzhandbuch zur EDX-Messung (Bruker Nano GmbH 2011) wird angegeben, dass der Elektronenstrahl ca. 0,5  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$  in das Material eindringt. Haare können nur einen sehr geringen Widerstand entgegenbringen, weshalb der Elektronenstrahl durch das Haar geht. Da dieses auf einem Kohlenstoffplättchen aufgebracht ist, können die Werte vom Kohlenstoff nicht als wahre Werte angesehen werden. Kohlenstoff befindet sich, wie auch Sauerstoff und Schwefel, in allen Messungen.

In der Abbildung 20 wird eine EDX-Messung an einer Stelle des Haares mit den Messergebnissen und den Fehlern angegeben. Angezeigt werden das Element, die Ordnungszahl, die Röntgenserie, das Masse-Prozent sowie die Messunsicherheit (Messfehler).

Die Messabweichung wird bei diesem System für jedes Element als unnormierter absoluter Fehler in Gewichtsprozent angegeben. Der relative Fehler errechnet sich mit dem Dreisatz:

z.B. Kohlenstoff unn. [Gewichts %] 55,40 und ein Fehler von 6,2 [%] ergibt:  
55,40 [unnormierte Gewichts %]  $\pm$  6,2 [unnormierte Gewichts %]

$$\frac{55,40}{6,2} = \frac{100}{x}$$

Der relative Fehler beträgt dann  $x = 11,19 \%$ .

Da sich der Messwert positiv wie auch negativ verändern kann, wurde für die Auswertung der Mittelwert genommen.

## 7.2 Statistische Überprüfung zur Aussagekraft der Messwerte

Bei kleinen Stichproben, wie es hier der Fall ist, stehen nur wenige Daten für Schlussfolgerungen zur Verfügung. Die hier aufgezeigten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die ausgewerteten Daten.

Überprüft wurden die einzelnen Elemente in den untersuchten Tierhaaren, um aussagen zu können, ob Unterschiede bei den Referenzhaaren (RHA) zu den manipulierten Haaren (AMH) außen wie auch im Querschnitt der Haare vorhanden sind. Da die Stichproben nicht gepaart und unterschiedliche Streuungen aufweisen, wurde zur statistischen Überprüfung der Hypothesentest angewendet. Dabei wird untersucht, ob die Werte von manipulierten Haaren zu den nicht manipulierten Haaren signifikante Unterschiede oder keine Unterschiede aufzeigen.

Angewendet wurde ein zweiseitiger Hypothesentest mit einer Fehlertoleranz von 5%. Mit dem p-Wert wird gezeigt, ob Unterschiede der Werte der Stichproben signifikant sind oder nicht. Ein p-Wert kleiner 0,05 spricht für ein signifikantes Ergebnis, das dann farblich hervorgehoben ist. Weiterhin wurde das Konfidenzintervall, in dem die zu erwartenden Messwerte liegen, berechnet.

Ausgewertet wurden die Messungen nach Tierart und danach, ob die Messung außen am Haar oder im Querschnitt erfolgte.

Bestimmte Elemente kommen nur sehr selten vor oder wurden nur einmal an einer Stelle gemessen. Die Untersuchung dazu, warum diese Elemente gemessen wurden, ist nicht Bestandteil dieser Arbeit. Hier geht es darum festzustellen, ob es

signifikante Unterschiede zu manipulierten Haaren gibt, und in welchem Konfidenzintervall sich diese befinden. Die Ergebnisse dazu sind in Tabelle 23 ff. aufgeführt.

**Tabelle 23: statistische Werte Rehhaare außen**

Rehhaare Elemente	df : 206 p-Wert	RHA außen		AMH außen	
		Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,52742	52,73	53,78	52,20	55,20
Stickstoff	0,00010	17,37	17,95	13,68	16,43
Sauerstoff	0,00060	25,72	26,38	24,15	25,52
Natrium	0,00000	0,02	0,07	0,69	0,90
Magnesium	0,31891	0,00	0,00		
Aluminium	0,20508	0,01	0,04	0,00	0,11
Silizium	0,60182	0,00	0,02	0,00	0,01
Phosphor	0,00090	0,01	0,07	0,00	0,00
Schwefel	0,47681	2,65	3,02	2,73	3,11
Chlor	0,00000	0,02	0,06	2,32	2,96
Kalium	0,02333	0,00	0,09		
Kalzium					
Chrom					
Eisen					
Kupfer					

**Tabelle 24: statistische Werte Rehhaare innen**

Rehhaare Elemente	df : 131 p-Wert	RHA innen		AMH innen	
		Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,04611	54,80	57,67	52,97	55,84
Stickstoff	0,88253	14,37	17,76	14,27	17,54
Sauerstoff	0,00000	24,99	25,84	21,01	22,94
Natrium	0,00000	0,00	0,07	0,83	1,19
Magnesium					
Aluminium	0,02331	0,00	0,01	0,00	0,04
Silizium	0,00072	0,02	0,08	0,10	0,25
Phosphor					
Schwefel	0,01120	1,65	2,07	1,99	2,55
Chlor	0,00000	0,02	0,12	3,53	4,80
Kalium	0,00001	0,08	0,22		
Kalzium	0,32781	0,05	0,18	-0,02	0,16
Chrom					
Eisen					
Kupfer					

**Tabelle 25: statistische Werte Damhirschhaare außen**

Stand: 09.2018

Damhirschhaare	df : 107	RHA außen		AMH außen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,00000	55,14	58,75	51,82	53,49
Stickstoff	0,02286	12,02	15,98	15,61	16,62
Sauerstoff	0,00003	25,14	26,66	23,59	24,62
Natrium	0,00000	0,02	0,16	0,98	1,16
Magnesium	0,15901	0,00	0,01	0,00	0,00
Aluminium	0,19008	0,00	0,04	0,00	0,01
Silizium	0,81356	-0,01	0,02	0,00	0,01
Phosphor	0,01737	0,02	0,11	-0,01	0,03
Schwefel	0,12898	2,32	3,00	2,66	3,12
Chlor	0,00000	0,04	0,23	2,84	3,44
Kalium	0,00180	0,05	0,24	0,00	0,00
Kalzium	0,05292	0,00	0,06		
Chrom					
Eisen					
Kupfer					

**Tabelle 26: statistische Werte Damhirschhaare innen**

Stand: 09.2018

Damhirschhaare	df : 75	RHA innen		AMH innen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,00002	57,29	62,74	52,28	55,09
Stickstoff	0,01308	7,47	14,32	13,56	17,00
Sauerstoff	0,00000	25,69	27,52	22,53	24,38
Natrium	0,00000	0,00	0,00	0,77	1,42
Magnesium	0,32364	-0,01	0,02	0,00	0,00
Aluminium	0,10777	0,00	0,01	0,00	0,02
Silizium	0,30535	0,04	0,21	0,02	0,42
Phosphor	0,32381	0,00	0,00	-0,01	0,02
Schwefel	0,77336	1,39	2,02	1,50	2,02
Chlor	0,00000	-0,02	0,06	3,86	5,11
Kalium	0,00045	0,21	0,68	-0,03	0,09
Kalzium	0,00819	0,08	0,28	-0,02	0,09
Chrom	0,32381	0,00	0,00	-0,02	0,05
Eisen					
Kupfer					

**Tabelle 27: statistische Werte Dachshaare außen**

Stand: 09.2018

Dachshaare	df : 88	RHA außen		AMH außen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,65864	49,50	52,52	50,14	52,29
Stickstoff	0,20620	13,68	16,61	15,25	16,47
Sauerstoff	0,02809	27,42	29,88	26,58	27,99
Natrium	0,00000			0,35	0,54
Magnesium					
Aluminium	0,00036	0,05	0,20	0,20	0,30
Silizium	0,00973	0,13	0,38	0,10	0,17
Phosphor					
Schwefel	0,68918	4,18	5,22	3,82	4,58
Chlor	0,00000	0,00	0,03	0,52	0,69
Kalium	0,17023	-0,01	0,02		
Kalzium	0,08795	-0,01	0,09		
Chrom					
Eisen	0,12827	-0,02	0,13		
Kupfer					

**Tabelle 28: statistische Werte Dachshaare innen**

Stand: 09.2018

Dachshaare	df : 90	RHA innen		AMH innen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,00000	56,19	60,61	51,16	54,40
Stickstoff	0,00000	8,00	13,39	14,73	18,10
Sauerstoff	0,01061	25,31	27,04	23,99	25,28
Natrium	0,00000			0,28	0,42
Magnesium				0,00	0,01
Aluminium	0,17600	0,00	0,11	0,06	0,17
Silizium	0,35836	0,12	0,52	0,18	0,28
Phosphor	0,32203	-0,01	0,03		
Schwefel	0,21167	3,33	4,23	3,64	4,42
Chlor	0,00000	-0,02	0,05	1,13	1,48
Kalium	0,38495	0,02	0,18	-0,03	0,22
Kalzium	0,00000	0,24	0,59	-0,03	0,10
Chrom					
Eisen	0,17771	-0,02	0,09		
Kupfer					



**Tabelle 29: statistische Werte Rotfuchshaare außen**

Stand: 01.2019

Rotfuchshaare	df : 147	RHA außen		AMH außen	
Elemente	p-Test	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,11883	52,20	54,02	51,19	53,08
Stickstoff	0,69572	16,79	18,17	16,52	18,15
Sauerstoff	0,35464	25,57	26,43	25,69	26,85
Natrium	0,00000	0,03	0,10	0,25	0,46
Magnesium	0,31999	0,00	0,00		
Aluminium	0,00031	0,00	0,02	0,03	0,09
Silizium	0,42320	0,00	0,07	0,00	0,04
Phosphor	0,06241	0,01	0,06		
Schwefel	0,88034	2,88	3,43	3,02	3,41
Chlor	0,00000	0,03	0,10	0,46	0,75
Kalium	0,07795	-0,01	0,05		
Kalzium	0,16447	-0,01	0,03		
Chrom					
Eisen					
Kupfer					

**Tabelle 30: statistische Werte Rotfuchshaare innen**

Stand: 01.2019

Rotfuchshaare	df : 96	RHA innen		AMH innen	
Elemente	p-Test	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,26087	55,66	59,60	52,94	58,76
Stickstoff	0,81461	10,24	14,88	8,84	15,43
Sauerstoff	0,71532	24,85	26,23	24,70	26,79
Natrium	0,00000	0,14	0,29	0,48	0,80
Magnesium	0,15910	-0,01	0,03	0,00	0,00
Aluminium	0,90667	-0,01	0,11	0,01	0,08
Silizium	0,11966	0,36	0,70	0,27	0,50
Phosphor		0,00	0,00	0,00	0,00
Schwefel	0,47344	2,35	3,18	2,48	3,47
Chlor	0,00000	0,14	0,31	1,39	2,17
Kalium	0,39140	0,06	0,25	-0,14	0,82
Kalzium	0,00845	0,15	0,49	0,02	0,18
Chrom		0,00	0,00	0,00	0,00
Eisen		0,00	0,00	0,00	0,00
Kupfer		0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabelle 31: statistische Werte Wildschweinhaare außen**

Stand: 01.2019

Wildschweinhaare df : 180		RHA außen		AMH außen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,09345	52,08	55,29	51,16	53,30
Stickstoff	0,01721	11,43	14,94	9,14	12,22
Sauerstoff	0,02236	28,36	29,83	29,39	31,21
Natrium	0,00000	0,00	0,08	0,60	0,96
Magnesium	0,00029	0,00	0,01	0,02	0,07
Aluminium	0,00000	0,01	0,09	0,17	0,33
Silizium	0,06256	0,09	0,29	0,19	0,48
Phosphor	0,06135	0,00	0,05	0,00	0,02
Schwefel	0,92784	3,01	3,84	3,14	3,76
Chlor	0,00000	0,00	0,05	1,13	1,63
Kalium	0,01656	0,01	0,11	0,09	0,17
Kalzium	0,00102	0,01	0,13	0,16	0,45
Chrom	0,31970			-0,01	0,02
Eisen	0,39037	0,04	0,26	0,03	0,17
Kupfer					

**Tabelle 32: statistische Werte Wildschweinhaare innen**

Stand: 01.2019

Wildschweinhaare df : 175		RHA innen		AMH innen	
Elemente	p-Wert	Konfidenzintervall		Konfidenzintervall	
Kohlenstoff	0,00000	55,42	58,42	51,64	53,96
Stickstoff	0,04398	10,54	14,46	13,27	16,12
Sauerstoff	0,69054	25,89	27,14	26,14	27,18
Natrium	0,00000	0,00	0,03	0,43	0,72
Magnesium	0,97544	0,00	0,01	0,00	0,01
Aluminium	0,11290	0,00	0,08	0,04	0,13
Silizium	0,88748	0,11	0,30	0,05	0,34
Phosphor	0,17682	-0,01	0,04	0,00	0,01
Schwefel	0,03865	3,07	3,60	2,82	3,23
Chlor	0,00000	0,00	0,20	1,47	1,95
Kalium	0,31608	0,00	0,24	0,02	0,10
Kalzium	0,64494	0,08	0,23	0,04	0,22
Chrom					
Eisen	0,59747	0,00	0,16	-0,06	0,15
Kupfer					

### 7.3 Ergebnisdiskussion

Für die Bestimmung der Tierart werden möglichst vollständige Haare mit Wurzel und Spitze benötigt. Damit können der Farbverlauf der Haare erkannt und die Haarlänge bestimmt werden. Die Tierartbestimmung ist auch am unvollständigen Haar möglich, wenn von dem Haar ein Teil vom Haarschaft vorhanden ist, der tierartspezifische Merkmale erkennen lässt. Nur Haarspitzen oder Haare aus dem Unterfell sind für die Tierartbestimmung nicht ausreichend.

Mit der Betrachtung von Haaren unter dem Mikroskop lassen sich Unterschiede des Haaraufbaus und der Medulla erkennen. Zur Beurteilung der *Cuticula* ist die Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop empfehlenswert. Mit hochwertigen Auflichtmikroskopen lässt sich die *Cuticula* ebenfalls gut darstellen.

Wenn ausgeschlossen werden soll, dass es sich um manipulierte Haare handelt, dann sollte weitergehend eine Messung der Konzentrationen der Elemente erfolgen. Die Messergebnisse sind tierartspezifisch zu beurteilen. Bei den untersuchten Haarproben konnten Unterschiede zwischen Referenzhaaren und manipulierten Haaren festgestellt werden. Nicht ausreichend ist nur eine Messung an einer Stelle des Haares. Da es sich bei Haaren um inhomogenes Material handelt, ist die Messung an mindestens drei Abschnitten am Haar erforderlich. Bei Feststellung von signifikanten Unterschieden, die im Verzeichnis 7.2 aufgeführt sind, sollten mindestens noch zwei weitere Messungen im Querschnitt des Haares erfolgen um auszuschließen, dass es sich um Antragspuren handelt.

Sollte Blut vorhanden sein, ist es empfehlenswert auch dieses zu sichern. Aus dem Blut lässt sich die DNA ermitteln und damit auch die Tierart.

Auch aus Haaren lässt sich die DNA ermitteln, jedoch werden diese dabei vernichtet, weshalb die Methode erst zuletzt angewendet werden sollte, wenn bis dahin eine Bestimmung der Tierart nicht möglich war. Das DNA-Ergebnis lässt sich bei wenig vorhandenem Probenmaterial, das aber vollständig zur Gewinnung benötigt wird, nicht nochmalig überprüfen.

Einige Untersuchungsergebnisse mit Angaben zum Tier, Fundort, Masse, Haardokumentation sowie den gemessenen Elementen sind in der Tierhaardatenbank verfügbar. Die Datensammlung dient zur schnellen Identifizierung der Tierart und als Vergleichssammlung. Eine Erweiterung der Tierarten und spezifischere Auswertung wird angestrebt.

Nach erfolgreicher Bestimmung der Tierart sollte im Anschluss daran auch das Schadenbild am Fahrzeug betrachtet werden. Dazu ist es erforderlich, dass das Fahrzeug sowie die Spuren am Fahrzeug entsprechend dokumentiert sind.

Anhand vom Fundort der Haare und deren Auffindungscharakteristik lässt sich der Anstoßort bestimmen. Eingeklemmte Haare im Material zeigen den Anstoßort am Fahrzeug. Lose aufliegende Haare können durch Verwirbelung dahin gelangt sein.

Für die Auswertung der durch Tierkollision an Fahrzeugen entstandenen Schadenbilder steht eine Datensammlung zur Verfügung. Damit lassen sich mit Wissen zur Tierart und der Anstoßkonstellation ähnliche Wildkollisionen finden um zu beurteilen, ob das Schadenbild zu der festgestellten Tierart passt.

## Literaturverzeichnis

- Aitken, C. G. G. (1986): Statistical Discriminant Analysis in Forensic Science. In: Journal of the Forensic Science Society 26 (4), S. 237–247. DOI: 10.1016/S0015-7368(86)72490-0.
- Akkermans, R. L. C.; Warren, P. B. (2004): Multiscale modelling of human hair. In: Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 362 (1821), S. 1783–1793. DOI: 10.1098/rsta.2004.1395.
- Alexander, P. (1951): Changes in the physical properties of wool fibres produced by breaking hydrogen bonds with lithium bromide solutions. In: Ann N Y Acad Sci. 53 (3), S. 653–673. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1951.tb31966.x.
- Alphey, L. (1998): DNA-Sequenzierung. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl. (Labor im Fokus).
- Amman, B. R.; Owen, R. D.; Bradley, R. D. (2002): Utility of hair structure for taxonomic discrimination in bats, with an example from the bats of Colorado. In: Museum of Texas Tech University 216, S. 1–14.
- Anderson, M. J. (2001): The use of hair morphology in the classification of galagos (Primates, subfamily Galagoninae). In: Primates 42 (2), S. 113–121.
- Anke, M.; Müller, R. (2011): Das Widerspiegelungsvermögen des Mengen-, Spuren- und Ultrapurenelementstatus durch Hautderivate bei Mensch und Tier in Abhängigkeit von Unterversorgung bzw. Intoxikation. Ilmenau, Ilmenau: Univ.-Bibliothek; Univ.-Verl. Ilmenau (Berichte aus der Biomechatronik, 7).
- Appel, H.; Krabbel, G.; Vetter, D. (Hg.) (2002): Unfallforschung, Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion. 2. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Barfels, V. (2005): Bedeutsamkeit, Charakteristik und Schadensausmaß bei Wildunfällen. Diplomarbeit. Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden. Fahrzeugtechnik.
- Bartos, B.; Peters, B. (1999): Die Welt im Mikroskop. Ein Praxisbuch für Einsteiger. 3. Aufl. Würzburg: Arena-Verl.
- Bergelt, S. (2006): Morphologische und DNA-analytische Untersuchungen am Spurenmaterial Haar. Dissertation. Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg, Würzburg. Medizinischen Fakultät, Institut für Rechtsmedizin.
- Berkerde, D. de; Sinclair, R. D. (2001): The hair shaft: normality, abnormality, and genetics. In: Clinics in Dermatology 19 (2), S. 129–134.
- Blochowicz, T.; Laeri, F. (2011): Messdatenanalyse für das Physikalische Grundpraktikum. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.

- Bochow, T. (2004): Der Wildunfall. Statistik, fachliche Betrachtung, Massnahmen ; Hausarbeit. Hausarbeit. Fachhochschule für Öffentliche Verwaltung, Hamburg.
- BRADBURY, J. H.; Leeder, J. D. (1970): KERATIN FIBRES. IV. Structure of cuticle. In: Australian Journal of Biological Sciences 23 (4), S. 843–854.
- Braess, H.-H.; Seiffert, U. (2001): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. 2., verbesserte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag (ATZ / MTZ-Fachbuch).
- Brecht, M.; Naumann, R.; Anjum, F.; Wolfe, J.; Munz, M.; Mende, C.; Roth-Alpermann, C. (2011): The neurobiology of Etruscan shrew active touch. In: Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 366 (1581), S. 3026–3036. DOI: 10.1098/rstb.2011.0160.
- Brown, A. C.; Swift, J. A. (1975): Hair breakage: the scanning electron microscope as a diagnostic tool. In: Journal of Society of Cosmetic Chemists 26 (6), S. 289–297.
- Brown, A. C.; Swift, J. A. (2012): Identification of hairs and fibres in Great Lakes objects from the eighteenth and nineteenth centuries using variable pressure scanning electron microscopy. In: The British Museum Technical Bulletin 6, S. 71–81.
- Brown, T. A.; Vogel, S. (2011): Gentechnologie für Einsteiger. 6. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- Bruker Nano GmbH (Hg.) (2011): Einführung in die EDS-Analyse. Referenzhandbuch 2011 (DOC-M82-DXX053). Berlin: Bruker Nano GmbH.
- Bucherer, R.; Steib, R. (1993): Polizeiliche Verkehrsunfallaufnahme. Tatbestandsaufnahme. 2., überarb. Aufl. Stuttgart: Boorberg (Verkehr).
- Burg, H. (1982): Approximation von Trägheitsmomenten bei Personenkraftwagen. In: Der Verkehrsunfall (20), S. 61–63.
- Burg, H.; Moser, A. (2007): Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. Unfallaufnahme - Fahrdynamik - Simulation. Unter Mitarbeit von J. Boll, A. Bredl, K.-D. Brösdorf, J. Burg, M. Heudecker, Ch. Knödseder et al. 1. Aufl. 1 Band. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Burg, H.; Rau, H. (1981): Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion. Unter Mitarbeit von J. Ahlgrimm, W. Focke, G. Fritz, Ch. von Glasner, J. Grandel, H.-P. Hepp et al. 1. Aufl. 1 Band. Kippenheim: Verl. Information Ambis.
- Bürger, H.; Fucik, R. (1998): Unfallaufklärung und Fahrzeugschaden. Unfallaufklärung und Fahrzeugschäden. 2. Teil. Wien: Manz (Handbuch des Verkehrsunfalls, / Hrsg. Robert Fucik ... ; Teil 2).

- Chattha, S. A.; Anjum, K. M.; Altaf, M.; Yousaf, M. Z. (2011): Hair mounting technique; helpful in conservation of carnivores. In: *FUUAST J. Biol.* 1 (2), S. 53–59.
- Chernova, O. F. (2002): Architectonic and diagnostic significance of hair cuticle. In: *Biology Bulletin* 29 (3), S. 238–247.
- Colliex, Ch.; Kohl, H. (2008): *Elektronenmikroskopie. Eine anwendungsbezogene Einführung.* Unter Mitarbeit von H. Kohl. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.
- Regulation (EEC) 4064/89, 17.03.1999.
- Corcuff, P.; Leveque, L.; Gremillrt, Ph.; Jourlin, M.; Duvault, Y.; Leoroy, F.; Leveque, J.-L. (1993): 3D Reconstruction of human hair by confocal microscopy. In: *J. Soc. Cosmet. Chem.* 44, S. 1–12.
- Cortese, A. T.; Nicoll, A. P. (1970): In vivo observations of skin appendages in bat wing. In: *The Journal of Investigative Dermatology* 54 (1), S. 1–10.
- Dahiya, M. S.; Yadav, S. K. (2012): Scanning Electron Microscopic characterization and elemental analysis of hair: a tool in identification of Felidae animals. In: *J Forensic Res* 4 (1), S. 1000178. DOI: 10.4172/2157-7145.1000178.
- Danner, M.; Halm, J. (1994): *Technische Analyse von Straßenverkehrsunfällen.* Neuaufl. Pfäffikon: Eurotax (International) (eurotax Autorenreihe).
- Davis, A. K. (2010): A technique for rapidly quantifying mammal hair morphology for zoological research. In: *Folia Zool.* 59 (2), S. 87–92.
- Dawber, R. P. R. (1974): Knotting of scalp hair. In: *British Journal of Dermatology* 91, S. 169–173.
- Deck, G. (2000): *Technische Analyse von Verkehrsunfällen anhand von Beispielen.* 1. Aufl. Stuttgart: GTÜ Ges. für Techn. Überwachung (Schriftenreihe Sachverständigenwesen / GTÜ).
- Deedrick, D. W. (2000): *Hair Evidence.* Hg. v. Federal Bureau of Investigation. Federal Bureau of Investigation. Washington, D.C., FBI website (2, 3).
- Deutscher Jagdschutzverband: *Wildunfall-Statistik 2006/2010.* Deutscher Jagdschutzverband, Handbuch 2012.
- Dhouailly, D. (2009): A new scenario for the evolutionary origin of hair, feather, and avian scales. In: *Journal of Anatomy* 214 (4), S. 587–606. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2008.01041.x.
- Durantel, P. (1999): *Jagd. Das Wild in seiner Umgebung.* Überarb. dt. Ausg.
- Durward, A.; Kudall, K. M. (1949): Studies on hair growth in the rat. In: *Journal of Anatomy* 83 (4), S. 325–335.

- Eckert, M. (1993): *Lichttechnik und optische Wahrnehmungssicherheit im Straßenverkehr*. 1. Aufl. Berlin: Verl. Technik.
- Eggert, F. (2005): *Standardfreie Elektronenstrahl-Mikroanalyse. Mit dem EDX im Rasterelektronenmikroskop ; ein Handbuch für die Praxis*. Norderstedt: Books on Demand.
- Erbsenmehl, Ch. T.; Landgraf, T. (2016): *Animal Street Crossing Behavior. An In-Depth Field Study for the Identification of Animal Street Crossing Behaviour Using the Aimats-Methodology (Paper Number 17-0226\_)*.
- Verordnung (EG) 1400/2002, 31.07.2002: *Kraftfahrzeugbetrieb und Kundendienst in der Europäischen Union*.
- Federal Bureau of Investigation (Hg.) (1987): *Proceedings of the International Symposium on Forensic Hair Comparisons*. Host, Laboratory Division, Federal Bureau of Investigation, June 25-27, 1985, Forensic Science Research and Training Center, FBI Academy, Quantico, Virginia. Unter Mitarbeit von J. H. Geer. International Symposium on forensic hair comparison. Quantico, Virginia, USA. United States Department of Justice. Washington, D.C.: The Division; For sale by Supt. of Docs., U.S. G.P.O.
- Felix, G. A.; Piovezan, U.; Quadros, J.; Juliano, R. S.; Alves, F. V.; Fioravanti, M. C. S. (2014): *Trichology for identifying mammal species and breeds: its use in research and agriculture*. In: *Arch. Zootec.* 63 (R), S. 107–116.
- Feughelman, M. (1997): *Mechanical properties and structure of alpha-keratin fibres. Wool, human hair, and related fibres*. Sydney: UNSW Press.
- Fischer, M. S.; Lilje, K. E. (2014): *Dogs in motion*. Unter Mitarbeit von J. Lauströer und A. Andikfar. 2nd edition. Dortmund: VDH Service GmbH.
- Franke, Ch. (1999): *Was tun bei Wildunfällen?* Braunschweig: Venatus-Verl.
- Fuchs, E. (2007): *Scatching the surface of skin development*. In: *Nature* 445, S. 834–842.
- Funk, R.; Platt, D.; Vogel, A. (1989): *SEM studies on age related changes in the surface structures of rat hairs*. In: *Arch. Gerontol. Geriatr.* 9, S. 271–276.
- Garcia, M. L.; Diaz, J. (1976): *Combability measurements on human hair*. In: *J. Soc. Cosmet. Chem.* 27, S. 379–398.
- Garcia, M. L.; Epps, J. A.; Yare, R. S.; Hunter, L. D. (1978): *Normal cuticle-wear patterns in human hair*. In: *J. Soc. Cosmet. Chem.* 29 (3), S. 155–175.
- Garn, S. M. (1951): *The examination of hair under the polarizing microscope*. In: *Ann N Y Acad Sci.* 53 (3), S. 649–652. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1951.tb31965.x.



- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.: Zahl der Wildunfälle. Anzahl der Pkw-Wildunfälle und Leistungen der Teil- und Vollkaskoversicherer. Berlin. Großmann, U., u.grossmann@gdv.de.
- Giese, S.: Lederkunde. Unter Mitarbeit von M. Kimair, P. Diedting, R. Krings, K. Piek, A. Maron, M. Guzy et al. Hg. v. Das Lederhaus-Team. Duisburg webseite.
- Gosset, E. S. (1908): The Probable Error of a Mean. In: *Biometrika* (Vol. 6, No.1), S. 1–25.
- Gramberg-Danielsen, B. W.; Hartmann, E.; Giehring, H. (1984): *Der Dunkelheitsunfall. 12 Tabellen.* Stuttgart: Enke.
- Granmm, H. (1949): *Die Gerbstoffe und Gerbmittel.* 3. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H.
- Grant, R. A.; Sperber, A. L.; Prescott, T. J. (2012): The role of orienting in vibrissal touch sensing. In: *Frontiers in behavioral neuroscience* 6, S. 39. DOI: 10.3389/fnbeh.2012.00039.
- Greuel, L.; Offe, S.; Fabian, A.; Wetzels, P.; Fabian, T.; Offe, H.; Stadler, M.I (1998): *Glaubhaftigkeit der Zeugenaussage. Die Praxis der forensisch-psychologischen Begutachtung.* Weinheim: Beltz PsychologieVerlagsUnion.
- Guiolet, A.; Garson, J. C.; Levecque, J. L. (1987): Study of the optical properties of human hair. In: *International Journal of Cosmetic Science* 9, S. 111–124.
- Gurden, S. P.; Monteiro, V. F.; Longo, E.; Ferreira, M. M. C. (2004): Quantitative analysis and classification of AFM images of human hair. In: *Journal of Microscopy* (215), S. 13–23.
- Gurden, S. P.; Monteiro, V. F.; Longo, E.; Ferreira, M. M. C. (2004): Quantitative analysis and classification of AFM images of human hair. In: *Journal of Microscopy* 215, S. 13–23.
- Hanke, H. (1980): *Spurensuche und Spurensicherung nach Verkehrsunfällen. Polizeipraxis ; Leitfaden für die Unfallaufnahme.* Kippenheim: Verl. Information (Polizeiliche Schriftenreihe, 1).
- Hannemann, H.-J.; Klausnitzer, B.; Senglaub, K. (2011): *Wirbeltiere. 12., stark bearb. Aufl., Nachdr.* Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag (Exkursionsfauna von Deutschland, / begr. von Erwin Stresemann ; Bd. 3).
- Harkey, M. R. (1993): Anatomy and physiology of hair. In: *Forensic Science International* 63, S. 9–18.
- Hausman, L. A. (1920): Structural characteristics of the hair of mammals. In: *The American Naturalist* 54, 1920 (635), S. 496–523.
- Hausman, L. A. (1924): Further studies of the relationships of the structural characters of mammalian hair. In: *The American Naturalist* 58 (659), S. 544–557.

- Hearle, J. W. S. (2007): Protein fibers: structural mechanics and future opportunities. In: *J Mater Sci* 42 (19), S. 8010–8019. DOI: 10.1007/s10853-006-1280-4.
- Herrmann, B.; Saternus, K.-S. (2007): *Kriminalbiologie*. 1. Aufl. 1 Band. Berlin: Springer Verlag.
- Hicks, J. W. (Hg.) (1977): *Microscopy of Hair. A practical guide and manual*. Federal Bureau of Investigation 2. Washington, D.C.: FBI Laboratory.
- Hildebrand, M.; Goslow, G. E. (2004): *Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere*. Mit 4 Tabellen. Unter Mitarbeit von C. Distler. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Hitachi High-Technologies Corporation (Hg.): *Instruktioin Manuel for Model TM300 Tabletop Microscope 02.2011 (55E-9001-6 HH-F (H-HMS))*: Hitachi High-Technologies Corporation.
- Hugemann, W. (Hrsg.) (2007): *Unfallrekonstruktion*. Unter Mitarbeit von M. Benecke, A. Brunn, A. Du Chesne, M. Diekel, Th. Diekel, V. Fürbeth et al. 1. Aufl. 2 Bände. Münster: Verlag autorenteam.
- Hunter, L. D.; Garcia, M. L. (1974): Observation of the internal structure of the human hair cuticle cell by SEM. In: *Textile Research Journal* 44 (2), S. 136–140, zuletzt geprüft am 23.06.2018.
- Inner Mongolia Erdos Cashmere Group (2008): Identification of cashmere and superfine merino wool with wavelet texture analysis. *International Cashmere Identification Technique Symposium (4th : 2008 : China)*. China, 16.-19.11.2008.
- Inner Mongolia Erdos Cashmere Group (2008): *Proceedings of the 4th International Cashmere Identification Technique Symposium*. International Cashmere Identification Technique Symposium. china.
- International Organization for Standardization (12.2005): *Motorcycles -- Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles -- Part 8: Documentation and reports*. ISO 13232, vom ISO 13232-8:2005.
- ISO copyright office (2011): *Road vehicles. Vehicle dynamics and road-holding ability*. Internationaler Standard ISO 8855. In: ISO copyright office.
- Itin, P. H.; Fistarol, S. K. (2005): Hair Shaft Abnormalities - Clues to Diagnosis and Treatment. In: *Dermatology* 211 (1), S. 63–71. DOI: 10.1159/000085582.
- Japanese Society of Tribologists (2008): Tribology in the hair surface and tactile perception. In: *Tribology Online* 3 (2), S. 127–130.
- Jones, L. N.; Horr, T. J.; Kaplin, I. J. (1994): Formation of surface membranes in developing mammalian hair fibres. In: *Micron* 25 (6), S. 589–595.

- Ju, F.; Ling, S.-F. (2014): Bioinspired active whisker sensor for robotic vibrissal tactile sensing. In: *Smart Mater. Struct.* 23 (12), S. 125003. DOI: 10.1088/0964-1726/23/12/125003.
- Jurado, C.; Rodriguez-Vicente, C.; Menéndez, M.; Repetto, M. (1997): Time course of cocaine in rabbit hair. In: *Forensic Science International* 84, S. 61–66.
- Keken, Z.; Kušta, T.; Langer, P.; Skaloš, J. (2016): Landscape structural changes between 1950 and 2012 and their role in wildlife–vehicle collisions in the Czech Republic. In: *Land Use Policy* 59, S. 543–556. DOI: 10.1016/j.landusepol.2016.10.002.
- Kellner, J. C.; Coulombe, P. A. (2009): Keratins and protein synthesis: the plot thickens. In: *The Journal of Cell Biology* 187 (2), S. 157–159. DOI: 10.1083/jcb.200909134.
- Keogh, H. (1980): An atlas of hair from southern African mammal species with reference to its taxonomic and ecological significance. Dissertation. University of Pretoria, Pretoria. Zoology.
- Khumalo, N. P. (2005): African hair morphology: macrostructure to ultrastructure. In: *International Journal of Dermatology* 44 (1), S. 10–12.
- Kijewski, H. (1997): *Das Haar als Spur - Spuren in Haaren*. Lübeck: Schmidt-Römhild (Rechtsmedizinische Forschungsergebnisse, 16).
- Kim, T.-Y.; Neumann, U. (2000): A thin shell volume for modeling human hair. In: *Computer Animation (IEEE)*, S. 104–111.
- Kind, S. S. (1965): Metrical Characters in the Identification of Animal Hairs. In: *J.F.S.S.* 5 (2), S. 110–111. DOI: 10.1016/S0015-7368(65)70253-3.
- Kramer, F. (2009): *Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen*. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien (ATZ / MTZ-Fachbuch).
- Krämer, E.-M. (2009): *Der grosse Kosmos-Hundeführer*. Mit allen 341 FCI-Rassen und 150 zusätzlichen Rassen. 5. Aufl. Stuttgart: Kosmos.
- Kraus, O. (2000): *Internationale Regeln für die zoologische Nomenklatur*. Angenommen von International Union of Biological Sciences. 4. Aufl. 1 Band. Keltern - Weiler: Goecke & Evers.
- Krawczak, M.; Schmidtke, J. (1994): *DNA-Fingerprinting*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
- Kruse, A. (2000): *Straßenverkehrsunfälle mit Wildbeteiligung*. Diplomarbeit. Fachhochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin. Maschinenbau.
- Kruse, A. (2008): *Fahrzeugdatenbank zum Schadenabgleich von Wildverkehrsunfällen*. Masterarbeit. Fachhochschule Braunschweig / Wolfenbüttel, Braunschweig, Wolfenbüttel. Fahrzeugtechnik.

- Küpker, K. (2002): Investigation of human hair carbohydrates and development of a new active. Dissertation. Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster. Fachbereich Chemie und Pharmazie.
- Kurzweil, P. (2013): Das Vieweg Formel-Lexikon. Basiswissen für Ingenieure, Naturwissenschaftler und Mediziner. 1. Aufl., [Nachdr.]. Braunschweig: Vieweg.
- Lee, Y.; Kim, Y.-D.; Hyun, H.-J.; Pi, L.-Q.; Jin, X.; Lee, W.-S. (2011): Hair shaft damage from heat and drying time of hair dryer. In: *Annals of Dermatology* 23 (4), S. 455–462. DOI: 10.5021/ad.2011.23.4.455.
- Lindenkämper, L.; Meyer, P.; Borchert, J.; Eichendorf, W. (2010): Wildunfall-Fachtagung. Achtung: Wild! Unfallrisiko senken. Unter Mitarbeit von U. Chiellino, A. Ernsberger, S. R. Benz, A. Dauer, H. Kerzel, H. Fedrowitz et al. Bonn. In: 2. Fachtagung, 20.04.2010.
- Litterscheid, F.; Lambardt, H. (1921): Die Erkennung der Haare unserer Haussäugetiere und einiger Wildarten. Hamm (Westf.): Reimann & Co.
- Litvaitis, J. A.; Tash, J. P. (2008): An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. In: *Environmental management* 42 (4), S. 688–697. DOI: 10.1007/s00267-008-9108-4.
- Liu, S.; Zhang, H.; Duan, E. (2013): Epidermal Development in Mammals: Key Regulators, Signals from Beneath, and Stem Cells. In: *International Journal of Molecular Sciences* 14 (6), S. 10869–10895.
- Lochte, T. (1938): Atlas der menschlichen und tierischen Haare. Leipzig: Dr. Paul Schöps.
- Madea, B.; Mußhoff, F. (2004): Haaranalytik. Technik und Interpretation in Medizin und Recht. Köln: Deutsche Ärzte-Verlag GmbH.
- Marinis, A. M. de; Asprea, A. (2006): Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. In: *Wildlife Biology* 12 (3), S. 305–320. DOI: 10.2981/0909-6396(2006)12[305:HIKOWA]2.0.CO;2.
- Marschner, S. R.; Jensen, H. W.; Cammarano, M.; Worley, S.; Hanrahan, P. (2003): Light Scattering from Human Hair Fibers. In: *TOG* 22 (3), S. 780–791.
- Mastro, L. L.; Conover, M. R.; Frey, S. N. (2008): Deer-vehicle collision prevention techniques. In: *Human-Wildlife Interactions* (2 (1)), S. 80–92.
- Mayr, E. (1975): Grundlagen der zoologischen Systematik. Hamburg, Berlin: Paul Parey.
- Meyer, W.; Hülmann, G.; Seger, H. (2002): REM-Atlas zur Haarkutikulastruktur mitteleuropäischer Säugetiere. Alfeld [u.a.]: M. & H. Schaper Alfred (Leine)-Hannover.

- Meyer, W.; Pohlmeier, K.; Hülmann, G. (2001): Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis. In: *Z. Jagdwiss.* (47), S. 253–258.
- Michael, M. (2004): Roadkill: Between Humans, Nonhuman Animals, and Technologies. In: *Society & Animals* (314), S. 277–298.
- Miller, J. T.; Lazarus, A.; Audoly, B.; Reis, P. M. (2014): Shapes of a suspended curly hair. In: *Physical Review Letters* 112 (112), 068103-1 - 068103-5.
- Mistry, S.; Ghosh, J. R.; Bandyopadhyaya, A. R. (2010): Histomorphological and quantitative characteristics of black and gray human scalp hair. In: *J. Life Sci.* 2 (1), S. 49–52.
- Mkentane, K. (2016): Human Scalp Hair: Geometry, Biochemistry, growth Parameters and Mechanical characteristics. Dissertation. University of Cape Town, Kapstadt.
- Mukherjee, S.; Goyal, S. P.; Chellam, R. (1994): Refined techniques for the analysis of Asiatic lion *Panthera leo persica* scats. In: *Acta Theriologica* 39 (4), S. 425–430.
- Mülhardt, C. (2013): *Der Experimentator Molekularbiologie/Genomics*. 7., aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum (Der Experimentator).
- Muller-Rover, S.; Handjiski, B.; Veen, C. van der; Eichmuller, S.; Foitzik, K.; McKay, I. A. et al. (2001): A comprehensive guide for the accurate classification of murine hair follicles in distinct hair cycle stages. In: *The Journal of Investigative Dermatology* 117 (1), S. 3–15. DOI: 10.1046/j.0022-202x.2001.01377.x.
- Murphy, Ch. T. (2013): Structure and function of pinniped vibrissae. Dissertation. University of South Florida, St. Petersburg USA. College of Marine Science.
- Murphy, R. C. (1960): Fluorescence studies in the wing of the living bat. In: *The Anatomical Record* 136 (2), S. 127–135.
- Nachtigall, W. (2001): *Biomechanik. Grundlagen Beispiele Übungen*. 2., durchgesehene Auflage. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag.
- NDR Norddeutscher Rundfunk (Hg.) (2016): Waschbär auch im Nordosten auf dem Vormarsch, zuletzt aktualisiert am 28.03.2016.
- NG, J. W.; Nielson, Ch.: Landscape and traffic factors influencing deer–vehicle collisions in an urban environment. In: *Human–Wildlife Interactions* 2008 (2 (1)), S. 34–47.
- Niroshini, D. M. C.; Meegaskumbura, S. (2014): Identification of Sri Lankan muroid rodents using hair anatomy. In: *Ceylon Journal of Science (Bio. Sci.)* 43 (2), S. 17–30.

- Noback, Ch. R. (1951): Morphology and phylogeny of hair. In: *Ann N Y Acad Sci.* 53 (3), S. 476–492. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1951.tb31950.x.
- O'Connor, S. D.; Komisarek, K. L.; Baldeschieler, J. D. (1995): Atomic force microscopy of human hair cuticles: a microscopic study of environmental effects on hair morphology. In: *J. Invest. Dermatol.* 105, S. 96–99.
- Olsen, L.-H. (2017): Tier-Spuren. Fährten - Fraßspuren - Losungen - Gewölle. Unter Mitarbeit von P. Nielsen. 3., überarbeitete deutschsprachige Ausgabe. München: blv.
- Ottiger, H.; Reeb, U. (2004): Gerben. [Leder und Felle]. 2. Aufl. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Peabody, A. J.; Oxborough, R. J.; Cage, P. E.; Evett, I. W. (1983): The discrimination of cat and dog hairs. In: *J.F.S.S.* 23, S. 121–129.
- Petzold, G. (14.06.2013): Der Sachverständige im Zivilprozess. Fachseminar zur Unfallrekonstruktion. Hamburg.
- Piechocki, R.; Händel, J. (2007): Wirbellose. Leitfaden für das Sammeln, Präparieren und Konservieren. 5., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Schweizerbart (Makroskopische Präparationstechnik, Leitfaden für das Sammeln, Präparieren und Konservieren / von Rudolf Piechocki und Joachim Händel ; Teil 2).
- Pinkus, H.; Iwasaki, T.; Mishima, Y. (1981): Outer root sheath keratinization in anagen and catagen of the mammalian hair follicle. A seventh distinct type of keratinization in the hair follicle: trichilemmal keratinization. In: *Journal of Anatomy* 133 (1), S. 19–35.
- Priestley, G. C. (1966): Rates and duration of hair growth in the albino rat. In: *Journal of Anatomy* 100 (Pt 1), S. 147–157.
- Priyanka, P. R.; Brave, S. S. (2010): Evaluating Protein Patterns of Speciality Fibres for Identification to Combat False Labeling. In: *International Journal of Zoological Research* 6 (4), S. 286–292, zuletzt geprüft am 06.12.2013.
- Quist, B. W.; Faruqi, R. A.; Hartmann, M. J. Z.: Variation in Young's modulus along the length of a rat vibrissa. In: *Journal of biomechanics* 44 (16), S. 2775–2781, zuletzt geprüft am 24.08.2018.
- Quist, B. W.; Faruqi, R. A.; Hartmann, M. J. Z. (2013): Surface Morphology Investigation of Tunisian Dromedary Hair. Proceedings of the International Camel Conference, Al-Hasa, Saudi Arabia. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 4 (2014) 454-459, 12.04.2013.
- Ramanathan, N.; Sikorski, J.; Woods, H. J. (1955): Electron microscope studies of the surface structure of wool and other fibres. In: *Biochimica et Biophysica Acta* 18, S. 323–340.

- Riggott, J. M.; Wyatt, E. H. (1980): Scanning electron microscopy of hair from different regions of the body of the rat. In: *Journal of Anatomy* 130 (1), S. 121–126.
- Riggott, J. M.; Wyatt, E. H. (1983): Mensuration of scanning micrographs. A possible means of hair identification. In: *J.F.S.S.* 23 (2), S. 155–160. DOI: 10.1016/S0015-7368(83)72226-7.
- Robertson, J. (1982): An Appraisal of the Use of Microscopic Data in the Examination of Human Head Hair. In: *J.F.S.S.* 22 (4), S. 390–395. DOI: 10.1016/S0015-7368(82)71517-8.
- Robson, D. (1997): Animal fibre; analysis using imaging techniques. Part 1: Scale pattern data. In: *Textile Research* 67 (10), S. 747–752.
- Robson, D.; Weedall, P. J.; Harwood, R. J. (1989): Cuticular scale measurements using image analysis techniques. In: *Textile Research Journal* 59 (12), S. 713–717.
- Rumsey, D. (2010): *Statistik. für Dummies. Übersetzung aus dem Amerikanischen von Beate Majetschak, Fachkorrektur von Heidrun König. 2. überarbeitete Auflage.* Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Sacher, F.: *Das Gutachten über Straßenverkehrsunfall und Fahrzeugschaden. Sicherheit und Kontrolle des Unfallgutachtens:* Fritz Sacher.
- Sachs, H. (1997): History of hair analysis. In: *Forensic Science International* 84, S. 7–16.
- Sadava, D. E.; Hillis, D. M.; Heller, H. C.; Berenbaum, M. (2011): *Biologie. Unter Mitarbeit von A. Held und B. Jarosch. 9. Auflage.* Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Sandhu, S. S.; Robbins, C. R. (1993): A simple and sensitive technique, based on protein loss measurements, to assess surface damage to human hair. In: *J. Soc. Cosmet. Chem.* 44, S. 163–175.
- Sarkar, P. S.; De, J. K. (2013): Tricho-taxonomic study of dorsal guard hairs of indian species of rodents belonging to subfamily- Sciurinae (Sciuridae: Rodentia: Mammalia). In: *Biological Forum- An International Journal* 5 (1), S. 1–10.
- Sarkar, P. S.; De, J. K.; Manna, Ch. K. (2011): Identification of dorsal guard hairs of five species of the family Cercopithecidae (Primates: Mammalia). In: *Current Science* 100 (11), S. 1725–1728.
- Sarko, D. K.; Rice, F. L.; Reep, R. L. (2015): Elaboration and innervation of the vibrissal system in the Rock Hyrax (*Procavia capensis*). In: *Brain, Behavior and Evolution* 85 (3), S. 170–188. DOI: 10.1159/000381415.

- Sato, H.; Matsuda, H.; Kubota, S.; Kawano, K. (2006): Statistical comparison of dog and cat guard hairs using numerical morphology. In: *Forensic Science International* 158, S. 94–103.
- Sauer, R. (2001): Asiatische und europäische Humanhaare - ethnische Unterschiede und ihre Relevanz für den Dauerwellprozeß. Dissertation. Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Aachen. Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften.
- Sauermann, G.; Hoppe, U.; Lunderstädt, R.; Schubert, B.: Measurement of the surface profile of human hair by surface profilometry. In: *JOURNAL OF THE SOCIETY OF COSMETIC CHEMISTS* 1986 (39).
- Scheunders, P.; Livens, S.; Wouwer, G. van de; Vautrot, P.; Dyck, D. van (1998): Wavelets for texture analysis. In: *International Journal on Computer Science and Information Management* 1 (2), S. 22–34.
- Schimmelpfennig, K.-H.; Becke, M. (2011): Unfallrekonstruktion und -gutachten in der verkehrsrechtlichen Praxis. Handbuch für Juristen, Sachbearbeiter und Beteiligte. Münster: ZAP-Verl. (LexisNexis).
- Schmidt, P. F. (1994): Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse. Renningen-Malmsheim: Expert Verlag.
- Schneider, M. R.; Schmidt-Ullrich, R.; Paus, R. (2009): The Hair Follicle as a Dynamic Miniorgan. In: *Current Biology* 19 (3), R132-R142.
- Scott, E. J. van (1968): Keratinization and hair growth. In: *Annu. Rev. Med.* 19, S. 337–350.
- Sebe, N.; Lew, M. S. (2000): Wavelet based texture classification. In: *Pattern Recognition* 3, S. 947–950.
- Sessions, B. D.; Hess, W. M.; Rice, M.; Donaldson, J.; Carmack, B. (2015): Is mouse hair morphology consistent throughout the suborders Myomorpha and Castorimorpha? In: *J. Chem. Bio. Phy. Sci. Sec. B* 5 (3), S. 2601–2620.
- Sessions, B. D.; Hess, W. M.; Skidmore, W. (2009): Can hair width and scale pattern and direction of dorsal scapular mammalian hair be a relatively simple means in identify species? In: *Journal of Natural History* 43 (7-8), S. 489–507.
- Sessions, B. D.; Nielson, Ch. E.; Sowa, J. M.; Hess, W. M.; Skidmore, W.; Carmack, B. A. (2014): Is bat hair morphology exceptional? In: *Vespertillo* 17, S. 171–183.
- Shamir, L.; Delaney, J. D.; Orlov, N.; Eckley, D. M.; Goldberg, I. G. (2010): Pattern recognition software and techniques for biological image analysis. In: *PLoS Comput. Biol.* 6 (11), e1000974. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1000974.



- Sobottka, G. (2008): Faserbasierte Simulation von Humanhaar. Dissertation. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät.
- Spittel, A.; Kruse, A. (2009): Wild-Crash-Versuche. Spittel, A.; Kruse, A. Wittstock (Brandenburg), 19.06.2009.
- Spittel, A.; Kruse, A. (2010): Wild-Crash-Versuche. Kruse, A. Groß Laasch (Mecklenburg-Vorpommern), 21.08.2010.
- Staab, U. (1991): Betrug in der Kfz-Haftpflichtversicherung. Fingierte, gestellte und manipulierte Verkehrsunfälle. Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1991. Karlsruhe: VVW (Beiträge zum Privat- und Wirtschaftsrecht, 75).
- Stampka, K. (2010): Akustische Untersuchungen an Wildwarngeräten. Bachelorarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin. Technische Akustik.
- Stankowich, T. (2008): Ungulate flight responses to human disturbance and meta-analysis. A review and meta-analysis. In: *Biological Conservation* 141 (9), S. 2159–2173. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.06.026.
- Steffan, H. (Hg.) (2009): Tagungsband zur ersten gemeinsamen Tagung der 9. ITAI Konferenz und 18. EVU Jahrestagung. Hinckley, UK; [24.-27.09.2009]. Europäischer Verein für Unfallforschung und Unfallanalyse; EVU-Jahrestagung; The Institute of Traffic Accident Investigators, ITAI-Konferenz.
- Steffan, H. (Hg.) (2011): Tagungsband, 20. EVU Jahrestagung. Graz 2011. 20. EVU Jahrestagung. Graz, 15.09.-17.09.2011. Europäischer Verein für Unfallforschung und Unfallanalyse; EVU-Jahrestagung; Jahrestagung des Europäischen Vereins für Unfallforschung und Unfallanalyse; Kongress der Europäischen Vereinigung für Unfallforschung und Unfallrekonstruktion. Dt. Version. Graz: Verl. der Techn. Univ. Graz (Tagungsband).
- Steigenberger, J.; Behn, C.; Will, Ch. (2015): Mathematical model of vibrissae for surface texture detection. Preprint No. M 15/03. Hg. v. Technische Universität Ilmenau. Institut für Mathematik. Ilmenau (Preprint, No. M 15/03).
- Straile, W. E. (1962): Possible functions of the external root sheath during growth of the hair follicle. In: *Journal of Experimental Zoology* 150 (3), S. 207–223.
- Stubbe, H. (1989): Buch der Hege. Lizenzauf. auf der Basis der 4., bearb. und erw. Aufl. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverl.
- Summarell, C. C. G.; Ingole, S.; Fish, F. E. F.; Marshall, Ch. D. (2015): Comparative Analysis of the Flexural Stiffness of Pinniped Vibrissae. In: *PloS one* 10 (7), e0127941. DOI: 10.1371/journal.pone.0127941.
- Swift, J. A. (1991): Fine details on the surface of human hair. In: *International Journal of Cosmetic Science* 13, S. 143–159.

- Swift, J. A. (1999): Human hair cuticle: Biologically conspired to the owner's advantage. In: *J. Cosmet. Sci.* 50 (1), S. 23–47.
- Taherpour, N.; Mirzaei, F. (2012): Wool characteristics of crossbred Baghdadi wild ram and Iran native sheep. In: *AS* 3 (2), S. 184–186. DOI: 10.4236/as.2012.32021.
- Taru, P.; Backwell, L. R. (2014): Hair morphology of some artiodactyles from southern Africa. In: *Annals of the Ditsong National Museum of Natural History* 4, S. 26–32.
- Taru, P.; Mukwada, G.; Chingombe, W. (2013): Microscopic hair characteristics of South African Blue Wildebeest (*Connochaetes taurinus*), Black wildebeest (*Connochaetes gnou*) and Red Rock Hare (*Pronolagus crassicaudatus*). In: *J. Life Sci.* 5 (2), S. 123–126.
- Teerink, B. J. (1991): Hair of West-European mammals. *Haare westeuropäischer Säugetiere*. 1. Aufl. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press.
- Toldt, K. (Hg.) (1935): *Aufbau und natürliche Färbung des Haarkleides der Wildsäugetiere*. Leipzig: Deutsche Gesellschaft für Kleintier- und Pelztierzucht GmbH & Co.
- Torre, C. A. La (2005): Nanotribological characterization of human hair and skin.doc using atomic force microscopy (afm). Master Thesis. The Ohio State University, Columbus. Mechanical Engineering.
- Toyoshima, K.-ei; Asakawa, K.; Ishibashi, N.; Toki, H.; Ogawa, M.; Hasegawa, T. et al. (2012): Fully functional hair follicle regeneration through the rearrangement of stem cells and their niches. In: *Nat Comms* 3, S. 784. DOI: 10.1038/ncomms1784.
- Velasco, M. V. R.; Sá Dias, T. Ch. de; Freitas, A. Z. de; Vieira, N. D.; Pinto, C. A. S. de O.; Kaneko, T. M.; Baby, A. R. (2009): Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. In: *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 45 (1), S. 153–162.
- Vineis, C.; Aluigi, A.; Tonin, C. (2008): Morphology and thermal behaviour of textile fibres from the hair of domestic and wild goat species. In: *AUTEX Research Journal* 8 (3), S. 68–71.
- Vleut, R. E.; Poppel, J. E. A. M. van; Dercksen, M. W.; Peerbooms, M.; Houterman, S.; Breed, W. P. M. (2013): Hair mass index obtained by cross-section trichometry: an objective and clinically useful parameter to quantify hair in chemotherapy-induced alopecia. In: *Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer* 21 (7), S. 1807–1814. DOI: 10.1007/s00520-013-1723-9.

- Voges, D.; Carl, K.; Klauer, G.; Uhlig, R.; Schilling, C.; Behn, C.; Witte, H. F. (2012): Structural characterisation of the whisker system of the rat. In: *IEEE Sensors Journal* 12, 02.02.2012 (10.1109/JSEN.2011.2161464), S. 332–339.
- Voß, H. (2007): Unfallhäufungen mit Wildunfällen. Modellversuch im Oberbergischen Kreis. Forschungsbericht 01/07. Hg. v. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer. Berlin (ISBN-Nr. 978-3-939163-19-0).
- Walter, G.; Herms, G. (2006): Einführung in die Behandlung von Messfehlern. Ein Leitfaden für das Praktikum der Physik. Institut für Physik.
- Weber, M. (1995): Die Aufklärung des Kfz-Versicherungsbetrugs. Grundlagen der Kompatibilitätsanalyse und Plausibilitätsprüfung. Unter Mitarbeit von W. Lücke, W. Lang, M. Göth, E. Ludolph und H. Lemcke. 1. Aufl. Münster: Aschendorff.
- Weber, W. (Hg.) (2016): *Fahrdynamik in Perfektion. Der Weg zum optimalen Fahrwerks-Setup*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Motorbuch Verlag.
- Whiteley, H. J. (1958): Studies on hair growth in the rabbit. In: *Journal of Anatomy* 92 (4), S. 563–567.
- Wictim, B.; Wood, T.: Solving Human Crimes with Animal DNA. Hg. v. *EVUDENCE Technology Magazine*.
- Wildman, A. B. (1961): The Identification of Animal Fibres. In: *J.F.S.S.* 1 (2), S. 115–119. DOI: 10.1016/S0015-7368(61)70054-4.
- Woods, J. L.; Orwin, D. F. G. (1982): The cytology of cuticle scale pattern formation in the wool follicle. In: *Journal of Ultrastructure Research* 80, S. 230–242.
- Wyatt, E. H.; Riggott, J. M. (1977): Scanning electron microscopy of hair. Observation on surface morphology with respect to site, sex and age in man. In: *British Journal of Dermatology* 96, S. 627–633.
- Wyatt, E. H.; Riggott, J. M. (1979): The significance of mean scale number of thecuticular scale pattern as a means of identification in mammalian hair. In: *Hair Research* 1, S. 456–458.
- Wynkoop, E. M. (1929): A study of the age correlations of the cuticular scales, medullas, and shaft diameters of human head hair. In: *American Journal of Physical Anthropology* 13 (2), S. 177–188.
- Xiaoming, T.; Postle, R. (1989): A Viscoelastic Analysis of the Keratin Composite. Part I: Longitudinal and Transverse Mechanical Properties. In: *Textile Research Journal* 59 (3), S. 123–138. DOI: 10.1177/004051758905900301.

- Xiaoming, T.; Postle, R. (1989): A Viscoelastic Analysis of the Keratin Composite: Part II: Thermal and hygral expansion. In: *Textile Research Journal* 59 (5), S. 300–306. DOI: 10.1177/004051758905900508.
- Young, R. D. (1980): Morphological and ultrastructural aspects of the dermal papilla during the growth cycle of the vibrissal follicle in the rat. In: *J. Anatom.* 131 (2), S. 355–365.

## Anhang 01 Wildunfälle und Versicherungsleistung



<b>Wildunfälle in Zahlen: Anzahl der Pkw-Wildunfälle und Leistungen der Teil- und Vollkaskoversicherer</b>		
<i>Jahr</i>	<i>Anzahl der Wildunfälle</i>	<i>Versicherungsleistungen in Euro</i>
2006	203.000	400 Millionen
2007	225.000	460 Millionen
2008	241.000	500 Millionen
2009	232.000	490 Millionen
2010	243.000	520 Millionen
2011	235.000	510 Millionen
2012	258.000	583 Millionen
2013	247.000	560 Millionen
2014	238.000	575 Millionen
2015	263.000	653 Millionen
2016	264.000	682 Millionen
2017	275.000	744 Millionen

(Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e.V. (GDV))


## Anhang 02 Einteilung der Fahrzeugklassen

Bei den Fahrzeugen muss nach Zweirädern, Personenkraftwagen und Lastkraftwagen unterschieden werden. Hinzu kommen neue Fahrzeugkategorien wie das Quad als vierrädriges offenes Fahrzeug.



### Zweiräder

	Mofa z. B. Vespa	
	Motorrad z. B. Kawasaki Ninja	










### Quad

	Quad	
--	------	--

### Lastkraftwagen

	Transporter z.B. Ford Transit	
	Lastkraftwagen z.B. DAF XF	

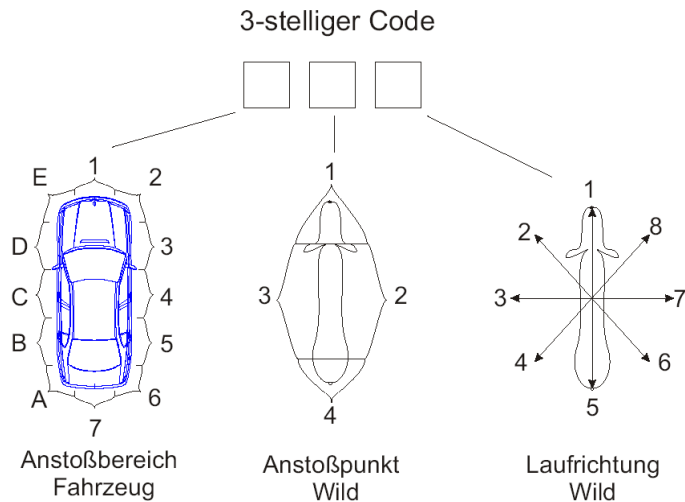
Personenkraftwagen - Gemäß der EU-Verordnung werden Fahrzeuge segmentiert

Kürzel	Bezeichnung	Modelle
A	Kleinstwagen z.B. Smart	
B	Kleinwagen z.B. Fiat Punto	
C	Mittelklasse z.B. VW Golf	
D	Obere Mittelklasse z.B. Volvo S70	
E	Oberklasse z.B. Audi A6	
F	Luxusklasse z.B. Mercedes-Benz S-Klasse	
S	Sportwagen z.B. Ferrari	
M	Mehrzweckfahrzeug (oder MPV-Van- Multi-Purpose Cars) z.B. VW Touran	
J	Geländewagen (Sport Utility Vehicle) z.B. BMW X5	

(Regulation (EEC) 4064/89)

## Anhang 03 Aufnahmebogen zur Wildforschung

### Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Wo genau war der Unfall (Koordinaten)? Tierart?

Wie schnell war das Tier unterwegs (gelaufen, gesprungen, gegangen, stand)?

Unfallzeit (Datum, Uhrzeit)?

Wie hoch war die gefahrene Geschwindigkeit (vor Verzögerung)?

Erfolgte eine Bremsung vor der Kollision?

Erfolgte eine Lenkreaktion vor der Kollision?

Erfolgte eine Lenkreaktion nach der Kollision?

Was war das für eine Fahrbahn (Asphalt, Beton, Pflastersteine)?

Wie war der Fahrbahnzustand (trocken, feucht, nass, Schnee, Eis)?

Wie waren die Sichtverhältnisse (hell, dunkel, Nebel, Regen, Schneetreiben)?

Nur bei Dunkelheit! Fuhren Sie mit Abblendlicht oder mit Fernscheinwerfer?

Zum Unfallort! War da ein Graben, wie dicht ... Meter standen die Bäume am Straßenrand?

Mit wie vielen Personen war das Fahrzeug besetzt?

War Gepäck im Kofferraum oder Dach?

Wurde mit Anhänger gefahren?

Wer hat die Auskünfte erteilt?



## Anhang 04 Daten zum Rasterelektronenmikroskop

Spezifikation	
Items	Description
Magnification	15 to 30.000 x (digital zoom: 2 x, 4 x)
Observation condition	5 kV / 15 kV / Analysis
Observation mode	Standard mode Charge-up reduction mode
Image mode	COMPO / Shadow 1 / Shadow 2 / TOPO
Sample stage traverse	X: $\pm 17.5$ mm, Y: $\pm 17.5$ mm
Maximum sample size	70 mm in diameter
Maximum sample height	50 mm
Electron gun	Pre-centered cartridge filament
Signal detection system	High-Sensitivity semiconductor BSE detector
Auto image Adjustment function	Auto start, Auto focus, Auto brightness / contrast
Operation help functions	Raster rotation, Magnification preset (two steps) Image shift ( $\pm 50 \mu\text{m}$ @ $D^*=4.5$ )
Frame memory	640 x 480 picels, 1.280 x 960 pixels
Image data memory	HDD of PC and other removal media
Image format	BMP, TIFF, JPEG
Data display	Micron marker, micron value, date and time, Image number and comments, Image mode, Observation condition, $D^*$ (Distance), Observation mode
Evacuation system (vacuum pump)	Turbomolecular pump: 30 l/s x 1 unit, Diaphragm pump: 1 m <sup>3</sup> /h x 1 unit
Safety device	Over-current protection function, built-in ELCB











\*D (Distance) is defined as the distance between lower surface of a high-sensitive semiconductor BSE detector and sample surface.

## Anhang 05 DNA Forensik Kit

### innuPREP Forensic Kit

#### Protocol 4: DNA isolation from hair roots, barb hairs, nails...

- Recommended steps before starting
- Heat thermal mixer or water bath (50 °C; optional: 42 °C)
  - Prepare Washing Solution HS, Washing Solution MS and Proteinase K according to the instruction

1. Starting material	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hair roots, barb hairs, finger nails...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cut material into small pieces</li> <li>▪ Place pieces into a 1.5 ml tube</li> </ul>
2. Lysis		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Add 400 µl TLS <u>and</u> 25 µl PK</li> <li>▪ Add 30 µl of 1 M DDT</li> <li>▪ Vortex: 5 sec</li> <li>▪ Incubation: 50 °C; 2 h <u>or</u> 42 °C; overnight</li> <li>▪ 10.000 x g (12.000 rpm): 1 min</li> </ul> 
3. Binding of DNA		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Add supernatant to a 1.5 ml tube</li> <li>▪ Add 400 µl TBS, vortex</li> <li>▪ Add Spin Filter to Receiver Tube</li> <li>▪ Add sample to Spin Filter</li> <li>▪ 10.000 x g (12.000 rpm): 2 min</li> </ul> 
4. Washing	<p>New Receiver Tube</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Add 500 µl HS</li> <li>▪ 10.000 x g (12.000 rpm): 1 min</li> <li>▪ Add 750 µl MS</li> <li>▪ 10.000 x g (12.000 rpm): 1 min</li> </ul> 
5. Remove Ethanol	<p>New Receiver Tube</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discard filtrate</li> <li>▪ Add Spin Filter to Receiver Tube</li> <li>▪ Centrifuge: max speed, 2 min</li> </ul> 
6. Elution		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Add Spin Filter to an Elution Tube</li> <li>▪ Add 30 µl Elution Buffer</li> <li>▪ Incubation: 1 min @ RT</li> <li>▪ 6.000 x g (8.000 rpm): 1 min</li> </ul> 

(Analytik Jena AG, AJ Innuscreen GmbH 2012)

## Anhang 06 Fahrzeugdokumentation





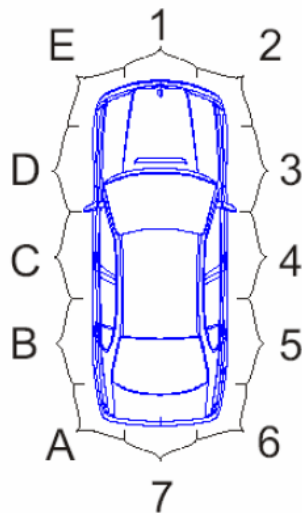
## Anhang 07 Beweissicherungsprotokoll

zum Zeichen: .....

Spurenaufnahme erfolgte am: ..... Zeit: ..... Uhr

Unfalltag: .....

Anstoßpunkt Fahrzeug: .....



Art der Spuren (Haare, Blut): .....

Fundort der Spuren: .....

Spurenfund: lose, eingeklemmt, .....

Spurensicherung erfolgte durch: .....

(Name)

(Unterschrift)

## Anhang 08 Subaru gegen Wildschwein

### Wild-Crash-Versuch 01

Der Subaru Legacy fährt mit 80%iger Überdeckung gegen Wildschwein



#### Versuchsdaten:

Pkw

Subaru Legacy

Fahrzeugmasse:  $1.500 \pm 3$  kg

Geschwindigkeit:  $60 \pm 3$  km/h

Wildschwein

Tiermasse: 63,0 kg

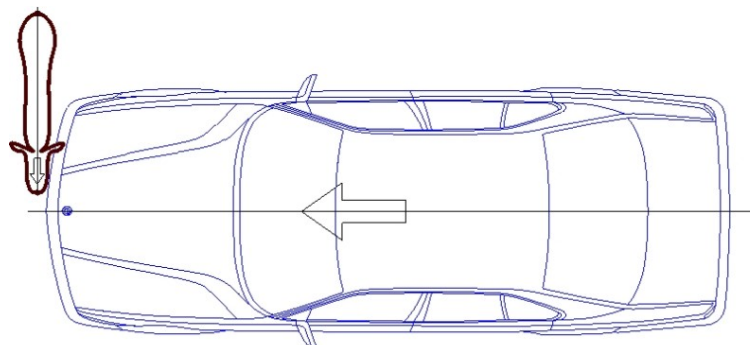
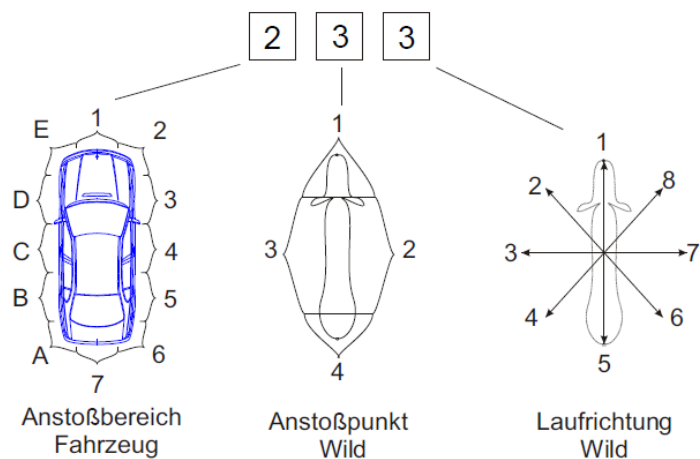
Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde durch den Fahrer kurz vor der Kollision am Tachometer des Fahrzeuges abgelesen. Zum Zeitpunkt der Kollision fuhr das Fahrzeug ungebremst gegen das Schwarzwild. Nach der Kollision erfolgte eine Vollbremsverzögerung bis zum Stillstand des Fahrzeuges.

Aufgrund des einsetzenden Regens konnte die Lichtschranke nicht aufgebaut werden und das UDS (Unfall-Daten-Schreiber) sowie das XL-Meter haben nichts aufgezeigt.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Limousine			
Hersteller:	Subaru			
Typ und Ausführung:	Legacy			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	JF1BC5DL0EG067445			
Tachostand:	193.392 km			
Motorart:	Benzin (Otto/G-Kat)			
Motorleistung / Hubraum:	85 kW bei 5600 min <sup>-1</sup> / 1984 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4.545 / 1.690 / 1.390 [mm]			
Leergewicht:	1.275 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.870 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Pneumant P M+S 100			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	4,8	4,8	5,2	5,0
Erstzulassung:	22.02.1994			
letzte Zulassung:	24.03.1995			
Farbe:	Grau-Metallic			

Massen:				
vorn links	405 kg	vorn rechts	370 kg	
hinten links	340 kg	hinten rechts	305 kg	
gesamt links	745 kg	gesamt rechts	675 kg	
Leermasse	1.420 kg	Zuladung 1 Person	80 ± 3 kg	



Fahrzeug vor der Kollision



Bild 01



Bild 02



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

Bild 09



Bild 10



Bild 11



Bild 12



Bild 13



Bild 14



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21



Bild 22



Bild 23



Bild 24

Schadenbilder nach der Kollision

Bild 25



Bild 26



Bild 27



Bild 28



Bild 29



Bild 30



Bild 31



Bild 32

### Endstellung und Wurfweite

Die Flug- und Rutschweite ergeben zusammen die Wurfweite und wurden anhand der Videoauswertung ermittelt. Das Ende der Flugphase wurde dort definiert, wo das Tier mit einem Großteil seines Körpers auf der Fahrbahn bzw. neben der Fahrbahn aufkam und dadurch der Bodenkontakt ersichtlich ist.

#### Fahrzeug:

Anhaltweg: 19,95 Meter

Zeit Kollision – Stillstand: 4,6 Sekunden

#### Schwarzwild

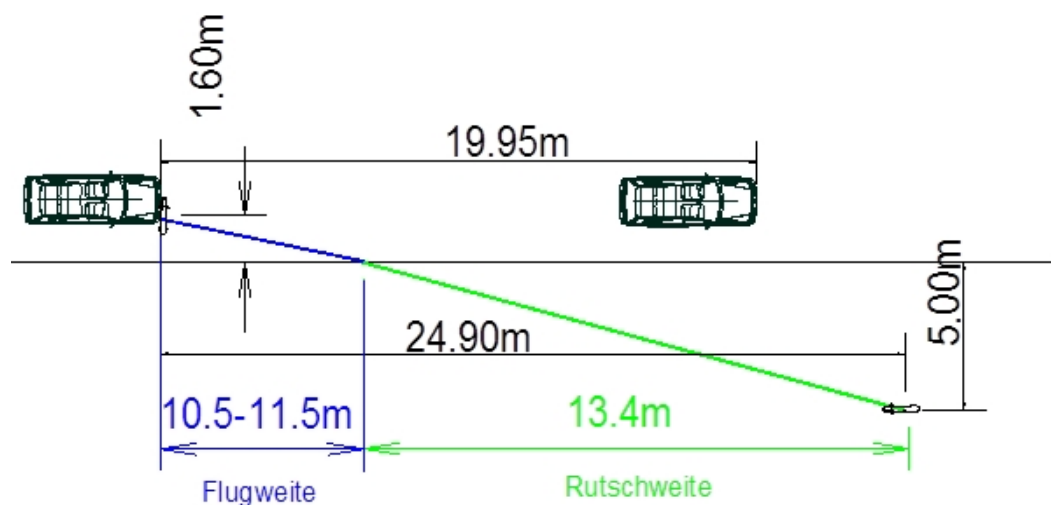
Kontaktzeit:  $0,07 \pm 0,003$  Sekunden

Kontaktweg:  $1,2 \pm 0,1$  Meter

Flugzeit : 0,48 - 0,50 Sekunden

Flughöhe:  $0,85 \pm 0,02$  Meter

Rutschzeit :  $2,48 \pm 0,03$  Sekunden



(Spittel und Kruse 2009)

## Anhang 09 Renault gegen Fuchs

### Wild-Crash-Versuch 02

Der Renault Clio fährt frontal ungebremst gegen Fuchs



### Versuchsdaten:

Pkw

Renault Clio

Fahrzeugmasse:  $1.165 \pm 3$  kg

Geschwindigkeit:  $114 \pm 4$  km/h

Fuchs

Tiermasse: 5,8 kg

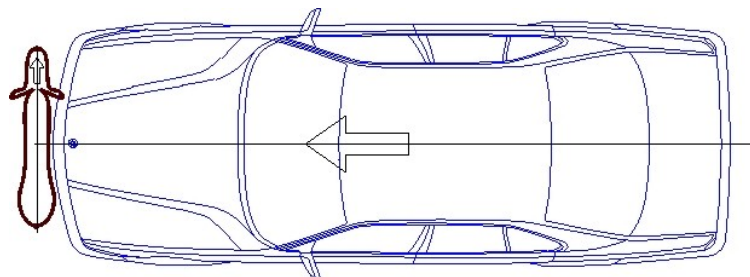
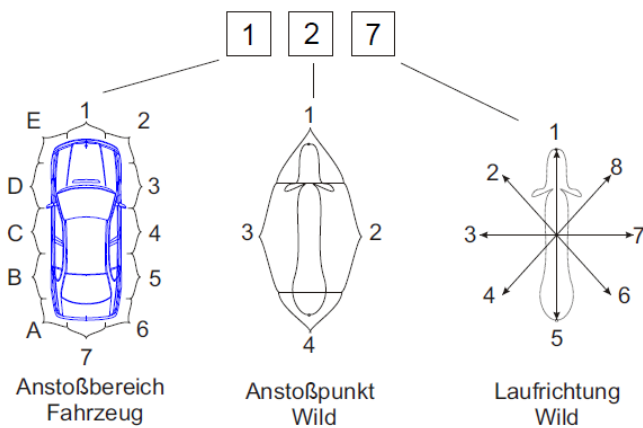
Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde anhand der Videoauswertung errechnet.

Aufgrund des niedergehenden Regenschauers konnte die Lichtschranke nicht aufgebaut werden und das UDS (Unfall-Daten-Schreiber) sowie das XL-Meter haben nichts aufgezeigt.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Steilhecklimousine			
Hersteller:	Renault			
Typ und Ausführung:	Clio 5-türig			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	VF1B57S0514304065			
Tachostand:	131.171 km			
Motorart:	Benzin (Otto G-Kat)			
Motorleistung / Hubraum:	40 kW bei 6000 min <sup>-1</sup> / 1.171 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	3.709 / 1.616 / 1.395 [mm]			
Leergewicht:	845 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.280 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Hankook Centum H720 155/70 R13 75T			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	4,8	5,2	5,5	6,1
Erstzulassung:	02.02.1996			
letzte Zulassung:	01.07.1999			
Farbe:	Rot-Metallic			

Massen:			
vorn links	345 kg	vorn rechts	315 kg
hinten links	215 kg	hinten rechts	210 kg
gesamt links	560 kg	gesamt rechts	525 kg
Leermasse	1.085 kg	Zuladung 1 Person	80 ± 3 kg



Fahrzeug vor der Kollision



Bild 01



Bild 02



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

Bild 09



Bild 10



Bild 11



Bild 12



Bild 13



Bild 14



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21



Bild 22



Bild 23



Bild 24

### Schadenbilder nach der Kollision



Bild 25



Bild 26



Bild 27



Bild 28



Bild 29



Bild 30



Bild 31

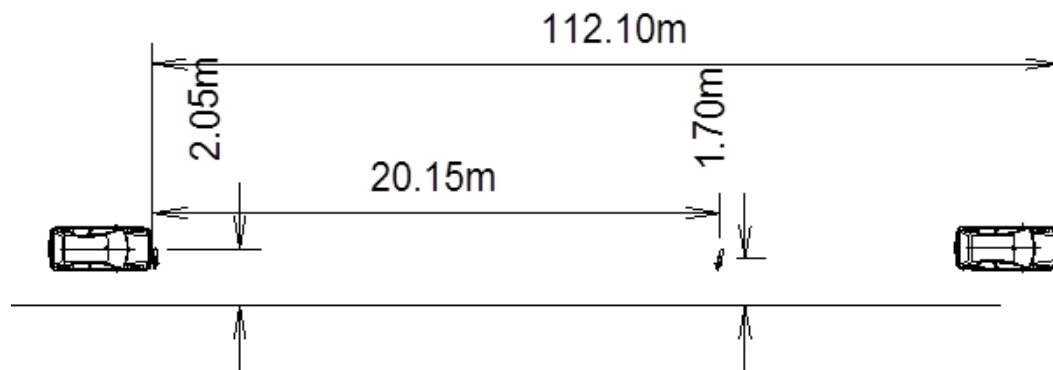


Bild 32

Endstellung und Wurfweite

Der Fuchs wurde auf nasser Fahrbahn vorn getroffen und dann überfahren.

Kontaktzeit:  $0,05 \pm 0,01$  Sekunden      Kontaktweg:  $1,6 \pm 0,1$  Meter



(Spittel und Kruse 2009)

## Anhang 10 Opel gegen Reh

### Wild-Crash-Versuch 03

Der Opel Astra fährt mit 50%-iger Überdeckung gegen Reh



### Versuchsdaten:

Pkw

Opel Astra

Fahrzeugmasse:  $1.260 \pm 3$  kg

Geschwindigkeit: 105,7 km/h

Reh

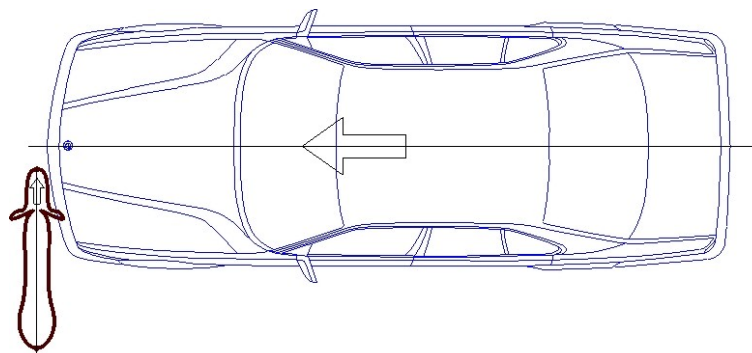
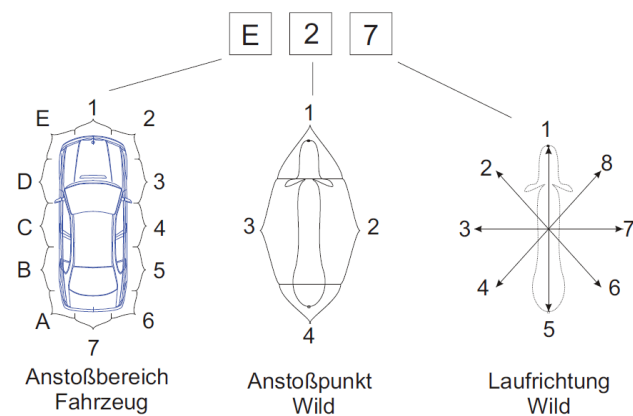
Tiermasse: 22,6 kg

Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde mit der Lichtschranke ALGE Timing S4 gemessen.  
Das Fahrzeug kollidiert ungebremst mit dem Reh.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Kombi			
Hersteller:	Opel			
Typ und Ausführung:	Astra F			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	W0L000051R2504893			
Tachostand:	135.785 km			
Motorart:	Benzin (Otto G-Kat)			
Motorleistung / Hubraum:	52 kW bei 5000 min <sup>-1</sup> / 1.598 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4278 / 1685 / 1475 [mm]			
Leergewicht:	1.055 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.555 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Kumho			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	4,5	5,2	3,8	6,2
Erstzulassung:	07.08.1993			
Farbe:	Grün-Metallic			

Massen:			
vorn links	360 kg	vorn rechts	305 kg
hinten links	250 kg	hinten rechts	265 kg
gesamt links	610 kg	gesamt rechts	570 kg
Leermasse	1.180 kg	Zuladung <b>1</b> Person	80 ± 3 kg



Fahrzeug vor der Kollision



Bild 01



Bild 02



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

Bild 09



Bild 10



Bild 11



Bild 12



Bild 13



Bild 14



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21



Bild 22



Bild 23



Bild 24

Schadenbilder nach der Kollision



Bild 25



Bild 26



Bild 27



Bild 28



Bild 29



Bild 30



Bild 31



Bild 32

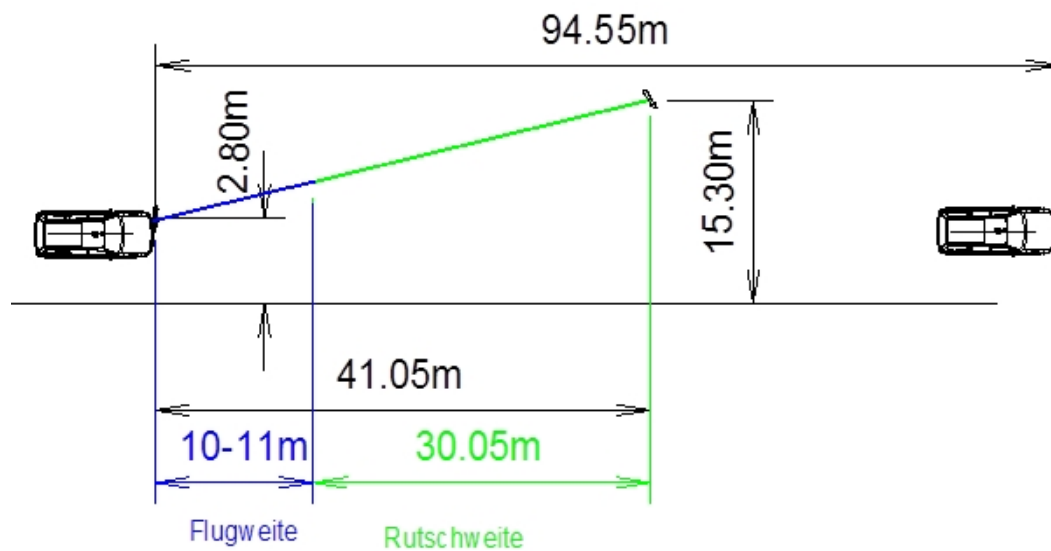
### Endstellung und Wurfweite

Die Flug- und Rutschweite wurden anhand der Videoauswertung ermittelt. Das Ende der Flugphase wurde dort definiert, wo das Tier mit einem Großteil seines Körpers auf der Fahrbahn bzw. neben der Fahrbahn aufkommt und dadurch der Bodenkontakt ersichtlich ist.

#### Rehwild

Kontaktzeit:  $0,08 \pm 0,003$  Sekunden    Kontaktweg:  $2,3 \pm 0,1$  Meter

Flugzeit :  $0,43 - 0,45$  Sekunden



(Spittel und Kruse 2009)

## Anhang 11 Seat gegen Reh

### Wild-Crash-Versuch 06

Der Seat Toledo fährt frontal ungebremst gegen Reh



### Versuchsdaten:

Pkw

Seat Toledo

Fahrzeugmasse:  $1.500 \pm 10$  kg

Geschwindigkeit: 72,1 km/h

Reh

Tiermasse: 26,4 kg

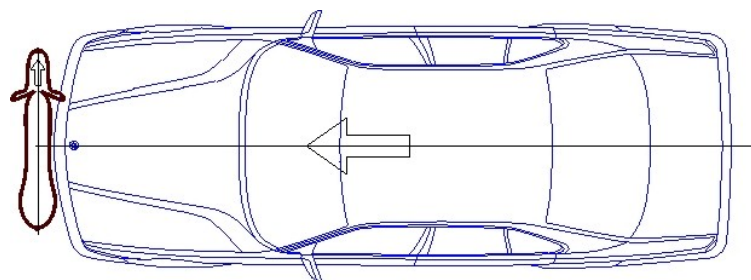
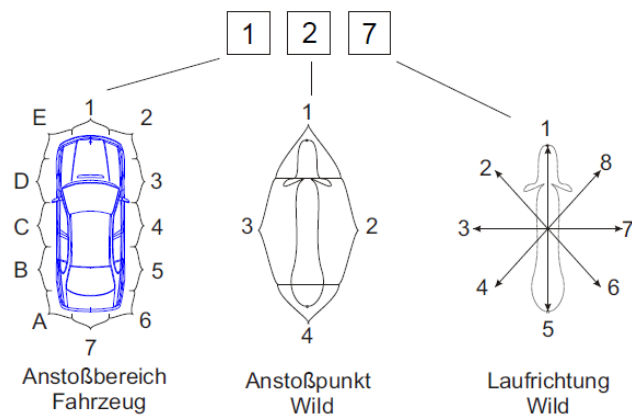
Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde vor der Kollision beim Durchfahren der Lichtschranke ermittelt. Diese zeigte die Geschwindigkeit von 72,1 km/h an.

Nach der Kollision erfolgte die Verzögerung des Fahrzeuges. Das Fahrzeug war mit vier Personen besetzt.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Limousine			
Hersteller:	Seat			
Typ und Ausführung:	Toledo			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	VSSZZZ1LZZD138920			
Tachostand:	246.298km			
Motorart:	Benzin (Otto/G-Kat)			
Motorleistung / Hubraum:	52 kW bei 5200 min <sup>-1</sup> / 1.595 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4.321 / 1.662 / 1.424 [mm]			
Leergewicht:	985 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.495 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Dunlop SP Winter Sport M2 175/70 R13 82Q			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	2,8	2,5	3,2	4,5
Erstzulassung:	24.06.1992			
letzte Zulassung:	24.06.1992			
Farbe:	Blau-Uni			

## Massen:

vorn links	350 kg	vorn rechts	345 kg
hinten links	265 kg	hinten rechts	220 kg
gesamt links	615 kg	gesamt rechts	565 kg
Leermasse	1.180 kg	Zuladung 4 Personen	320 ± 10 kg



Fahrzeug vor der Kollision



Bild 01



Bild 02



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

Bild 09



Bild 10



Bild 11



Bild 12



Bild 13



Bild 14



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21



Bild 22



Bild 23



Bild 24

Schadenbilder nach der Kollision



Bild 25



Bild 26



Bild 27



Bild 28



Bild 29



Bild 30



Bild 31

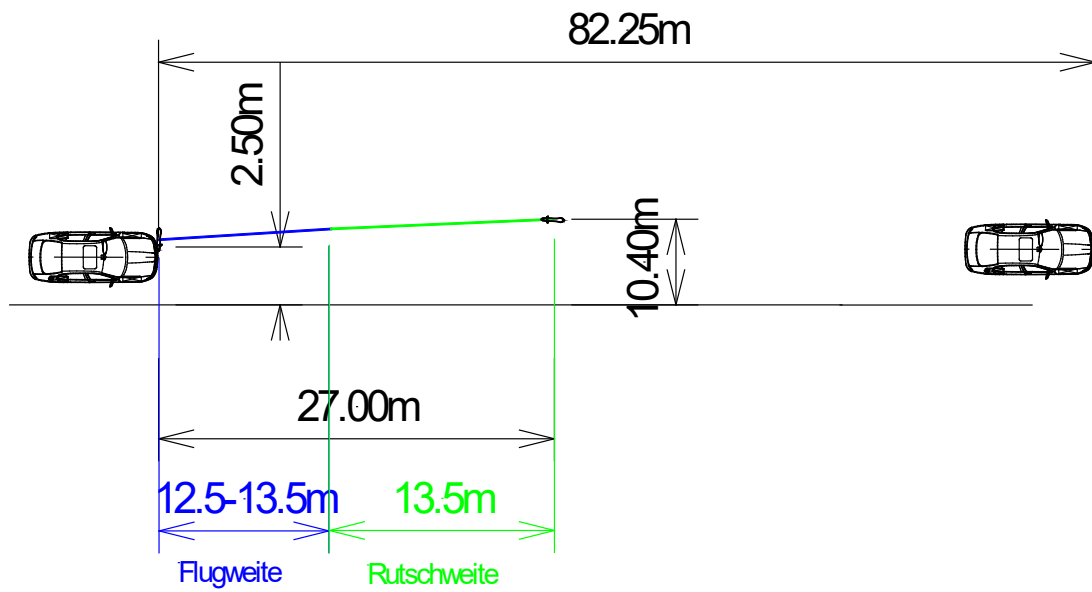


Bild 32

Endstellung und Wurfweite

Kontaktzeit:  $0,07 \pm 0,003$  Sekunden    Kontaktweg:  $1,4 \pm 0,1$  Meter

Flugzeit: 0,84 Sekunden



(Spittel und Kruse 2009)

## Anhang 12 Ford gegen Wildschwein

### Wild-Crash-Versuch 07 Der Ford Escort fährt frontal gegen Wildschwein



#### Versuchsdaten:

Pkw

Ford Escort

Fahrzeugmasse: 1.535 ± 10 kg

Geschwindigkeit: 77,7 km/h

Wildschwein

Tiermasse: 63,0 kg

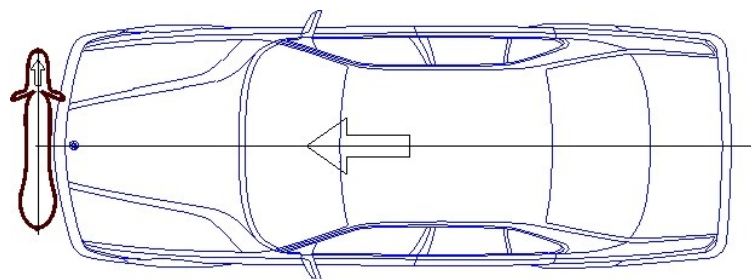
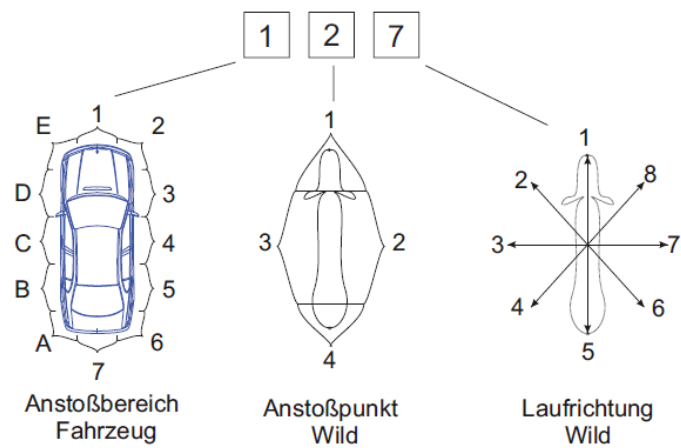
Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde vor der Kollision beim Durchfahren der Lichtschranke ermittelt. Diese zeigte die Geschwindigkeit von 77,68 km/h an.

Nach der Kollision wurde das Fahrzeug verzögert.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Kombi			
Hersteller:	Ford			
Typ und Ausführung:	Escort			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	WF0NXXGCANSM89546			
Tachostand:	137.932 km			
Motorart:	Benzin (Otto/G-Kat)			
Motorleistung / Hubraum:	55 kW bei 5500 min <sup>-1</sup> / 1.391 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4.302/ 1.700 / 1.370 [mm]			
Leergewicht:	1.093 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.655 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Barum Polaris 175/70 R13 82T M+S			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	3,2	2,0	5,0	4,8
Erstzulassung:	15.01.1996			
letzte Zulassung:	01.11.2002			
Farbe:	Rot-Metallic			
Massen:				
vorn links	370 kg	vorn rechts	355 kg	
hinten links	255 kg	hinten rechts	235 kg	
gesamt links	625 kg	gesamt rechts	590 kg	
Leermasse	1.215 kg	Zuladung 4 Personen	320 ± 10 kg	



Fahrzeug vor der Kollision



Bild 01



Bild 02



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

Bild 09



Bild 10

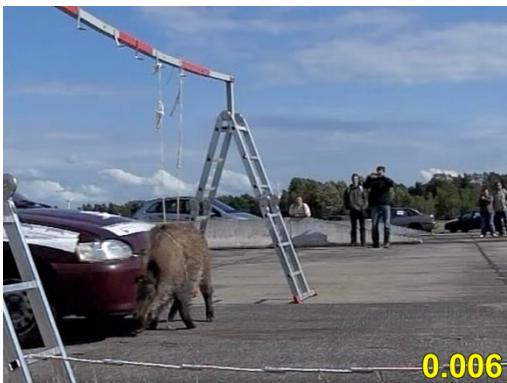


Bild 11

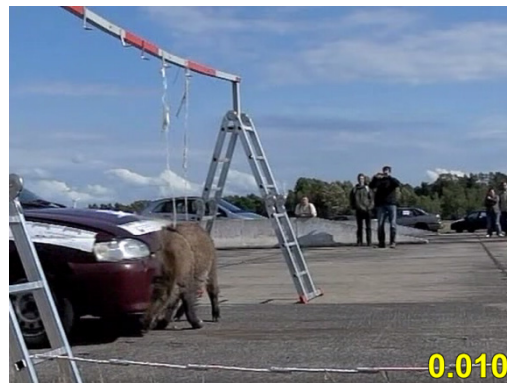


Bild 12

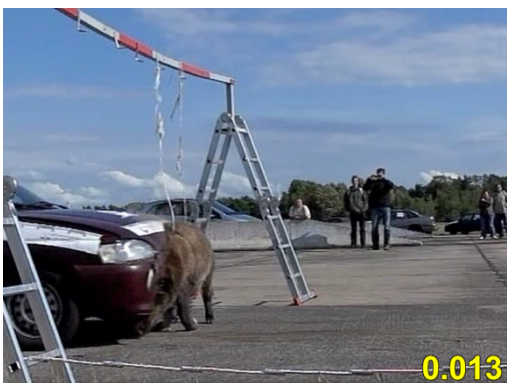


Bild 13

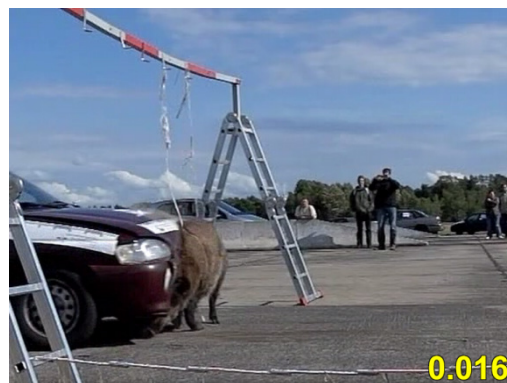


Bild 14

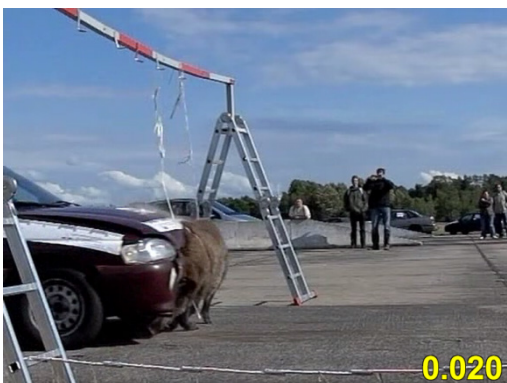


Bild 15

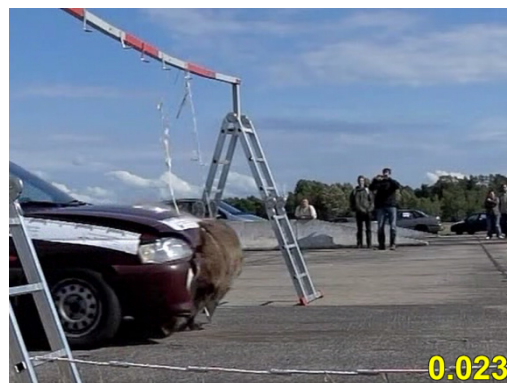


Bild 16

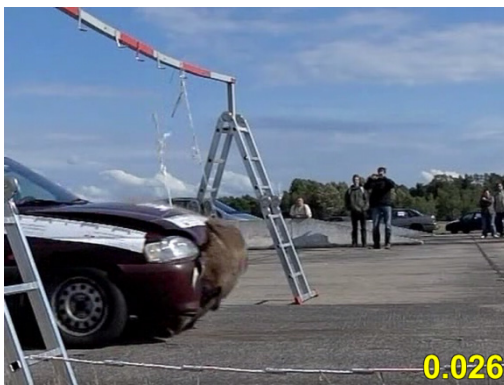


Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21

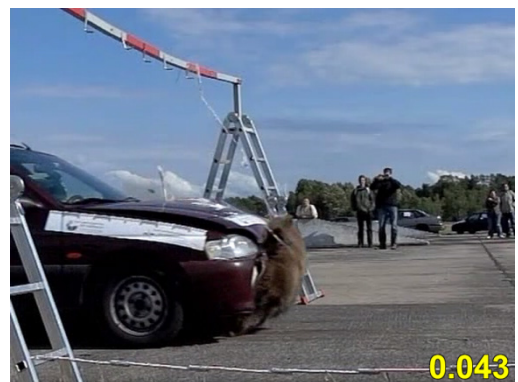


Bild 22

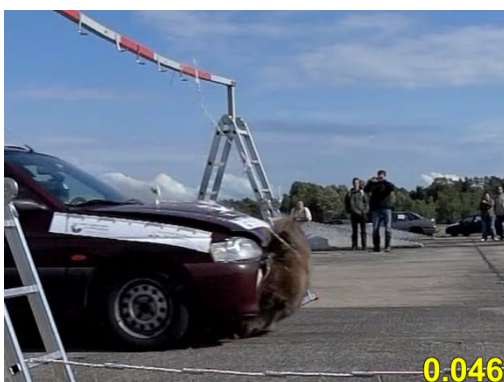


Bild 23

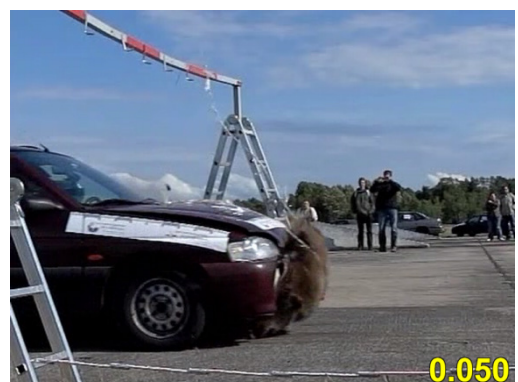


Bild 24

Schadenbilder nach der Kollision

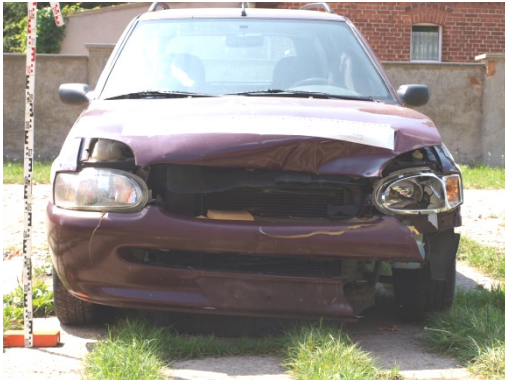


Bild 25



Bild 26



Bild 27



Bild 28



Bild 29



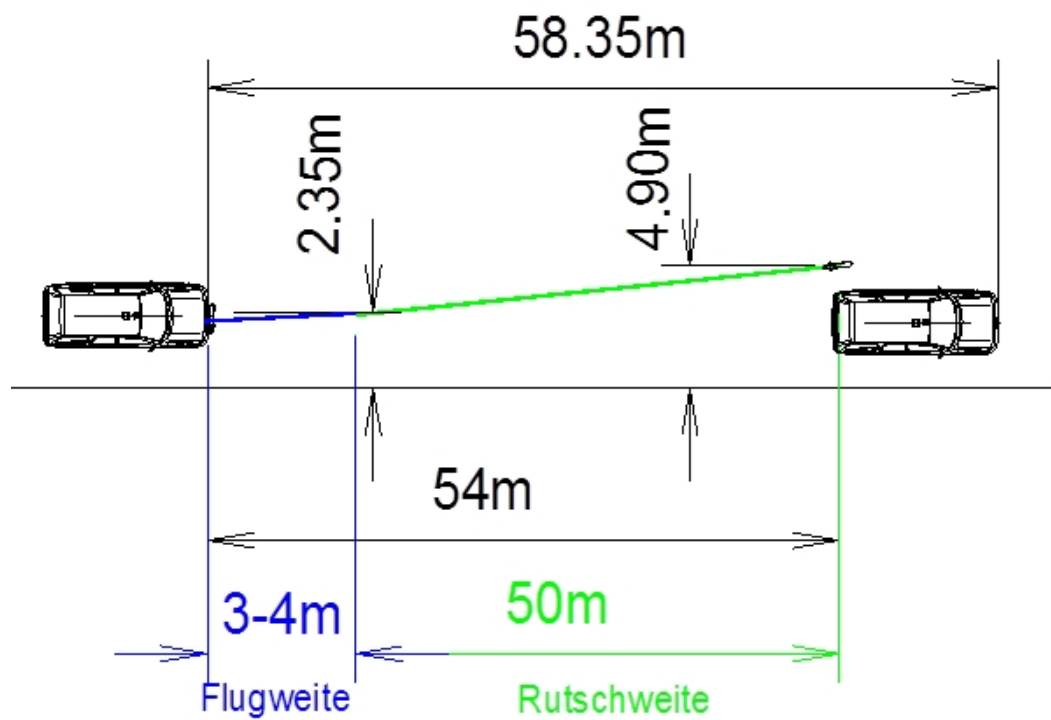
Bild 30



Bild 31



Bild 32

Endstellung und WurfweiteKontaktzeit:  $0,12 \pm 0,01$  SekundenKontaktweg:  $2,5 \pm 0,2$  MeterFlugzeit :  $0,16 \pm 0,03$  Sekunden

(Spittel und Kruse 2009)

## Anhang 13 Mitsubishi gegen Reh

### Wild-Crash-Versuch 08 Mitsubishi Lancer fährt gebremst frontal gegen Reh



#### Versuchsdaten:

Pkw

Mitsubishi Lancer

Fahrzeugmasse:  $1.250 \pm 5$  kg

Geschwindigkeit:  $44 \pm 1$  km/h

Reh

Tiermasse: 22,8 kg

Geschwindigkeit: 0 km/h

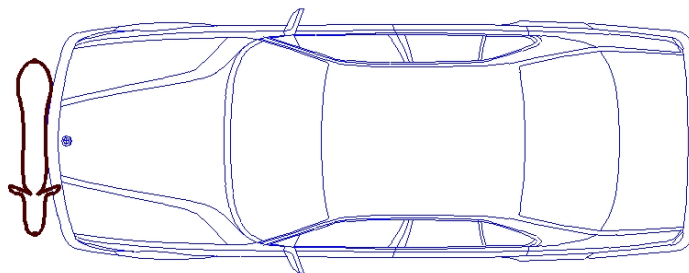
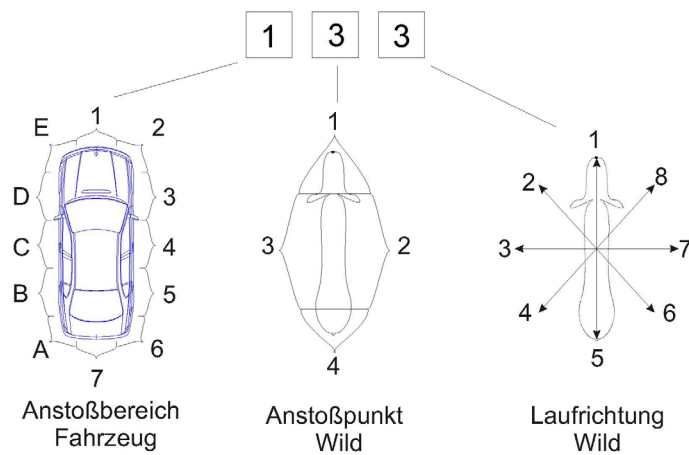
### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde aus Videoaufzeichnungen ermittelt.

Die errechnete Geschwindigkeit beträgt  $44 \pm 1$  km/h.

Vor der Kollision wurde das Fahrzeug verzögert.

#### Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Limousine			
Hersteller:	Mitsubishi			
Typ und Ausführung:	Lancer			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	JMBLNC62ANU509154			
Tachostand:	197.814 km			
Motorart:	Benzin			
Motorleistung / Hubraum:	66 kW bei 6.000 min <sup>-1</sup> / 1.468 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4.235/ 1.670 / 1.405 [mm]			
Leergewicht:	1.015 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.520 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Linglong Radial 652			
Profiltiefe [mm]:	vorn	vorn	hinten	hinten
	links	rechts	rechts	links
	5,2	5,0	6,2	6,8
Erstzulassung:	13.08.1992			
letzte Zulassung:	22.11.2007			
Farbe:	Blau-Metallic			

Massen:			
vorn links	350 kg	vorn rechts	320 kg
hinten links	255 kg	hinten rechts	250 kg
gesamt links	605 kg	gesamt rechts	570 kg
Leermasse	1.175 kg	Zuladung 1 Person	75 ± 5 kg



Tierdaten



Bild 01



Bild 02

Fahrzeug vor der Kollision

Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06



Bild 07



Bild 08

Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

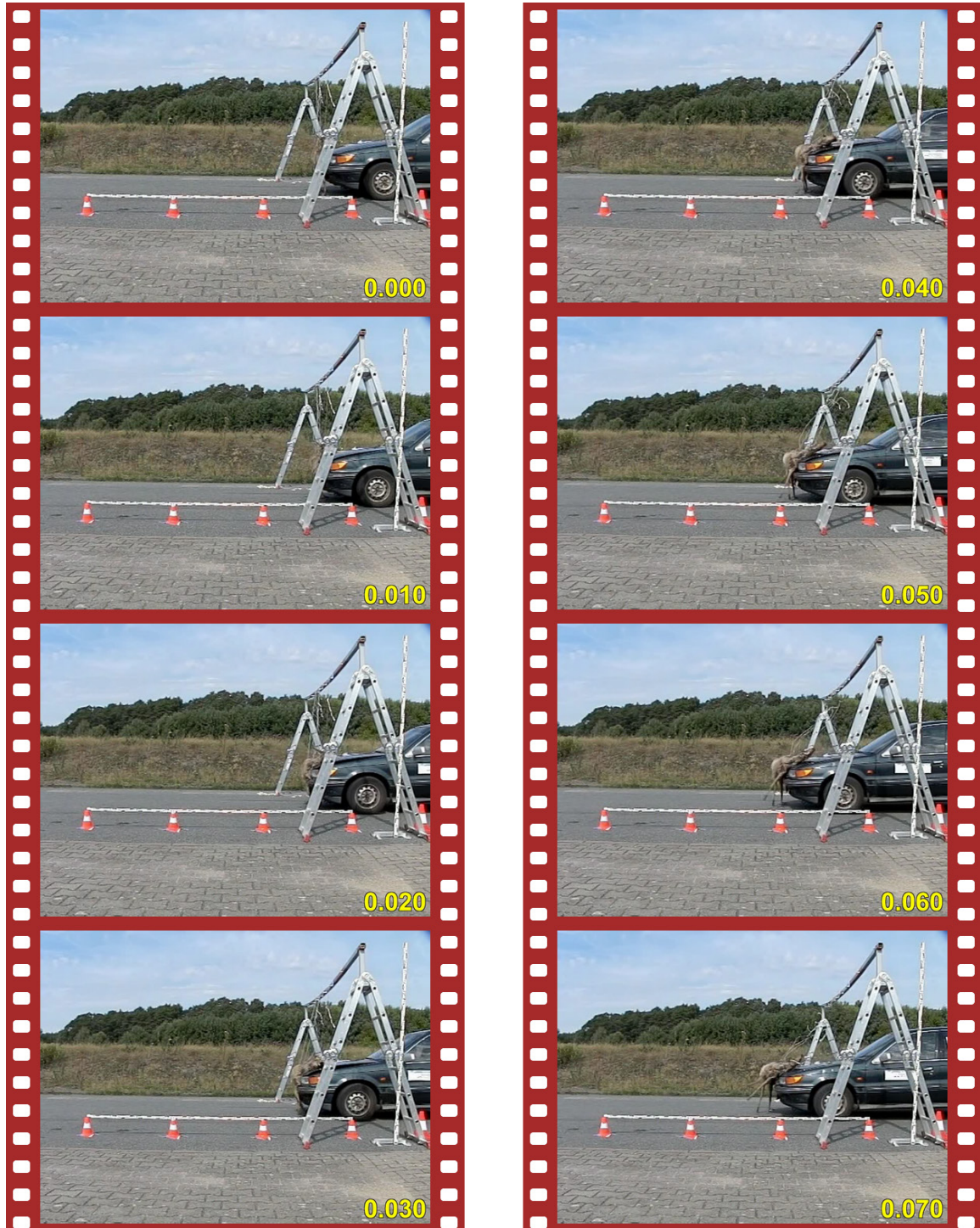


Bild 09

Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

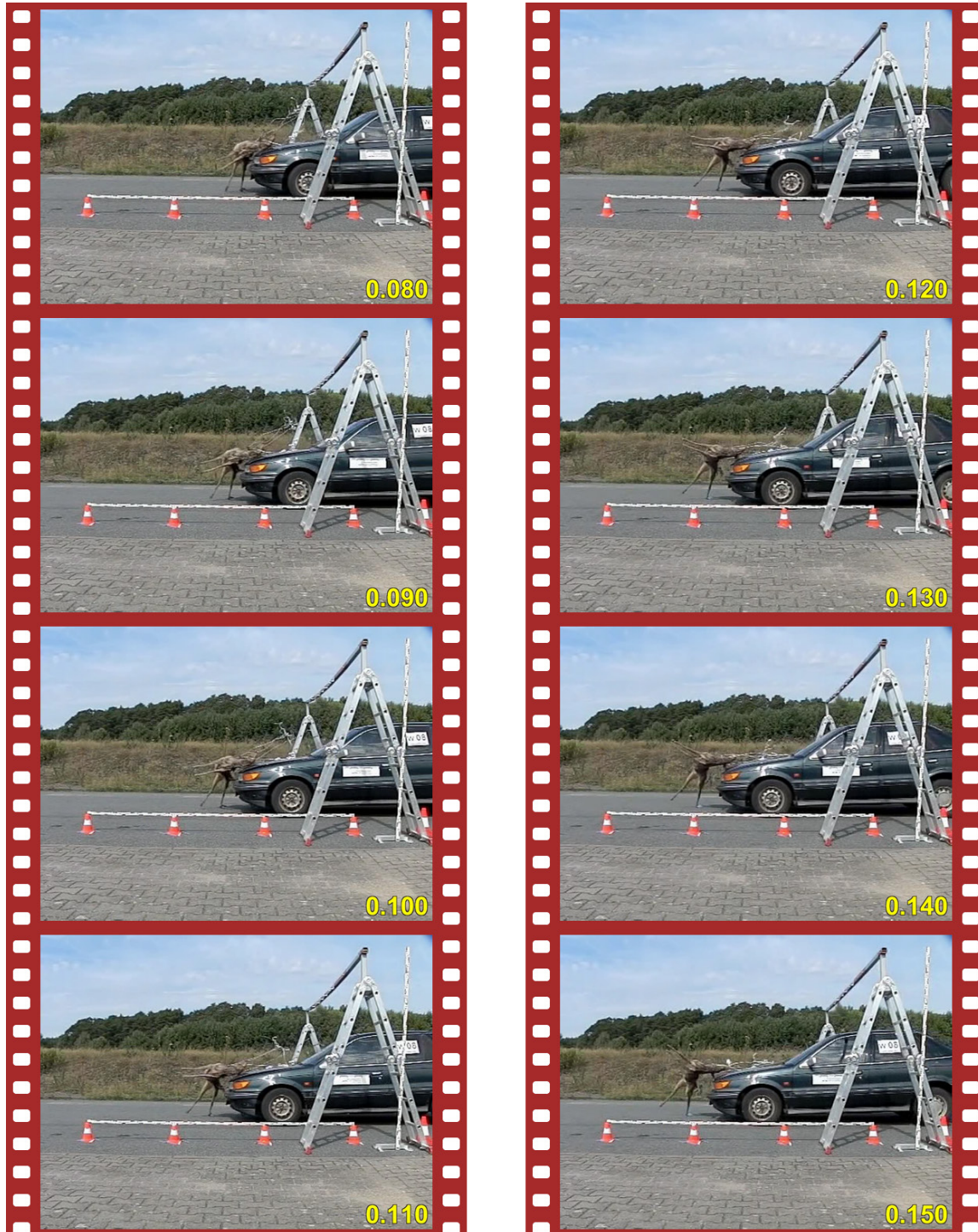


Bild 10

Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

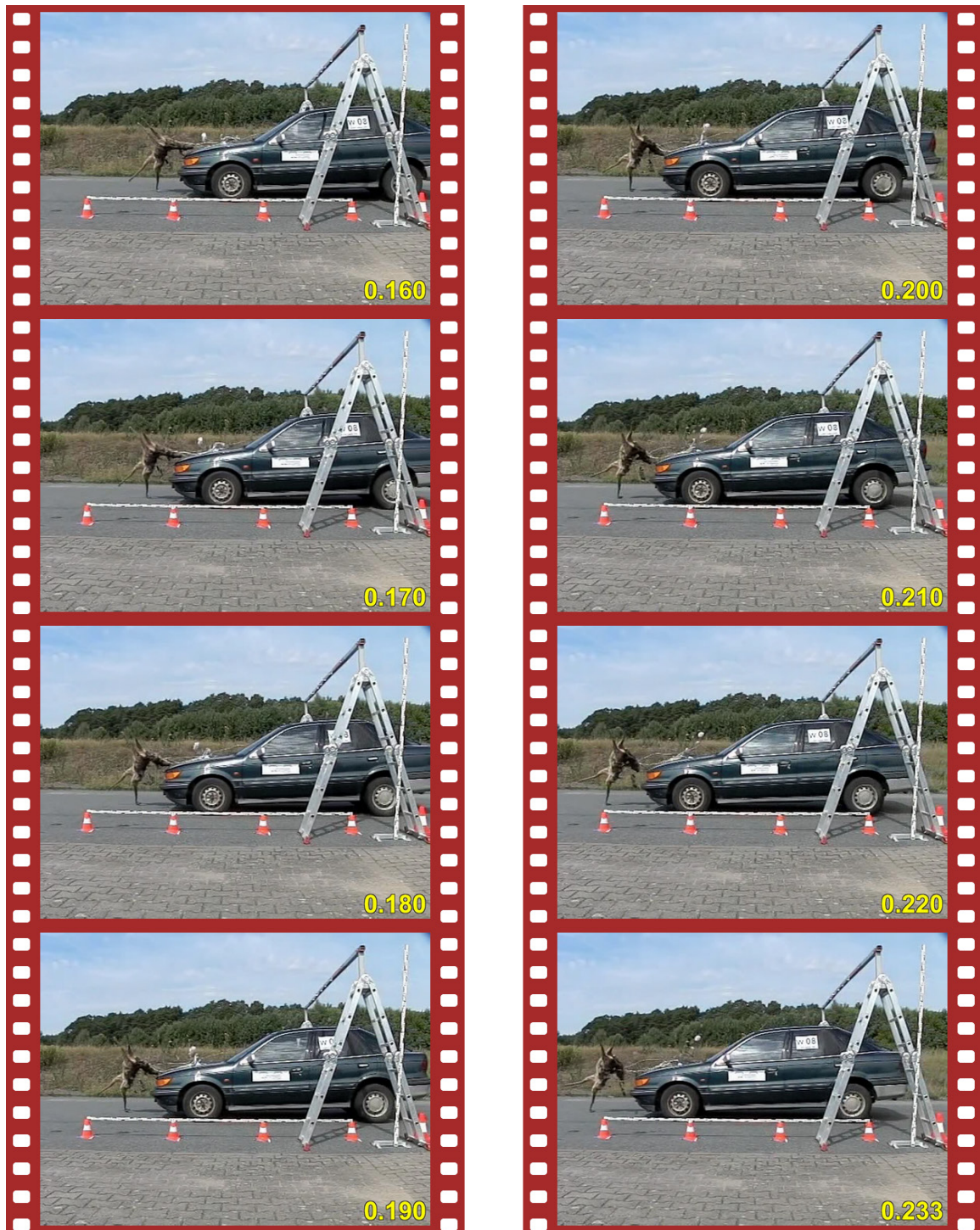


Bild 11

Kamera 2  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

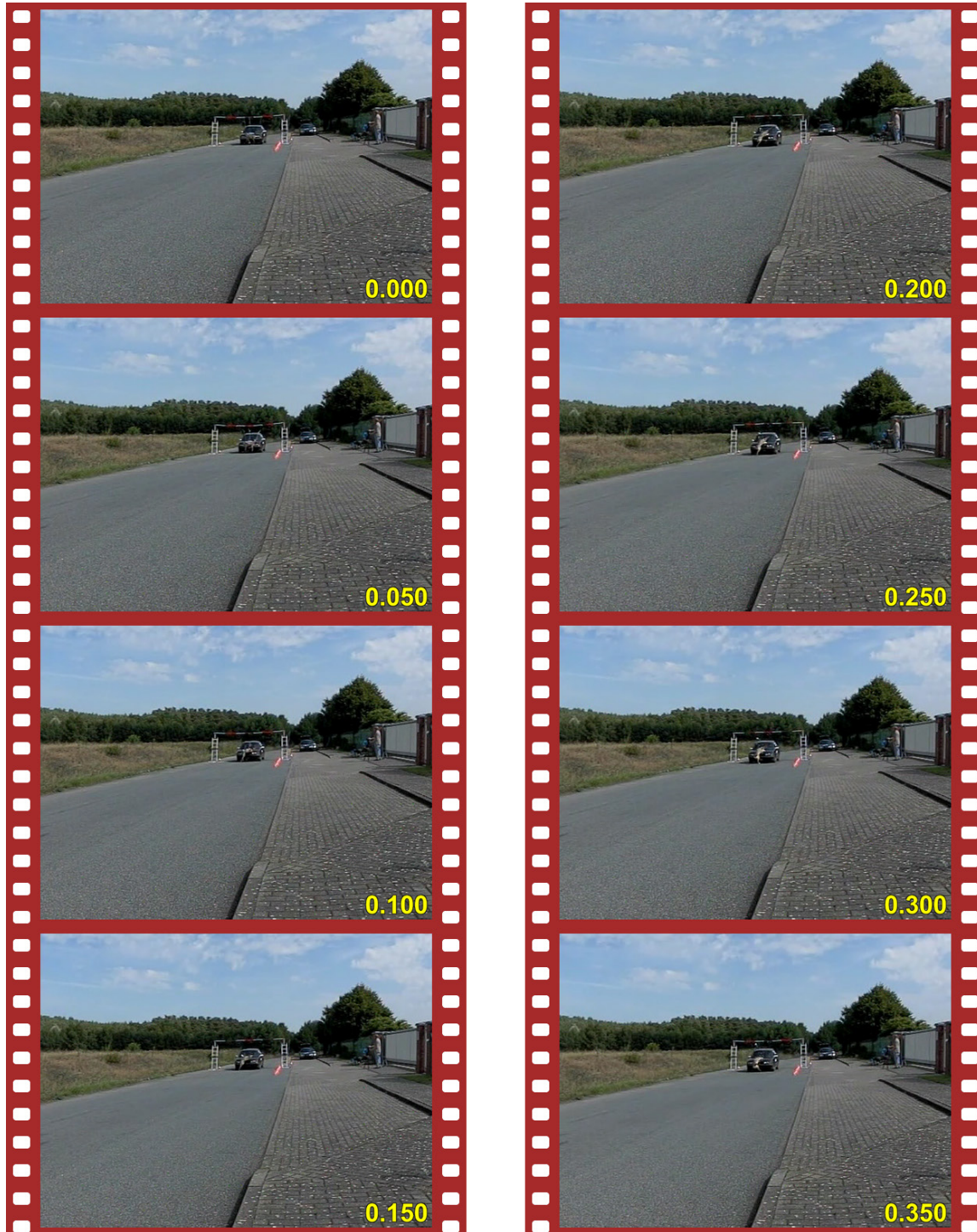


Bild 12

Kamera 2  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

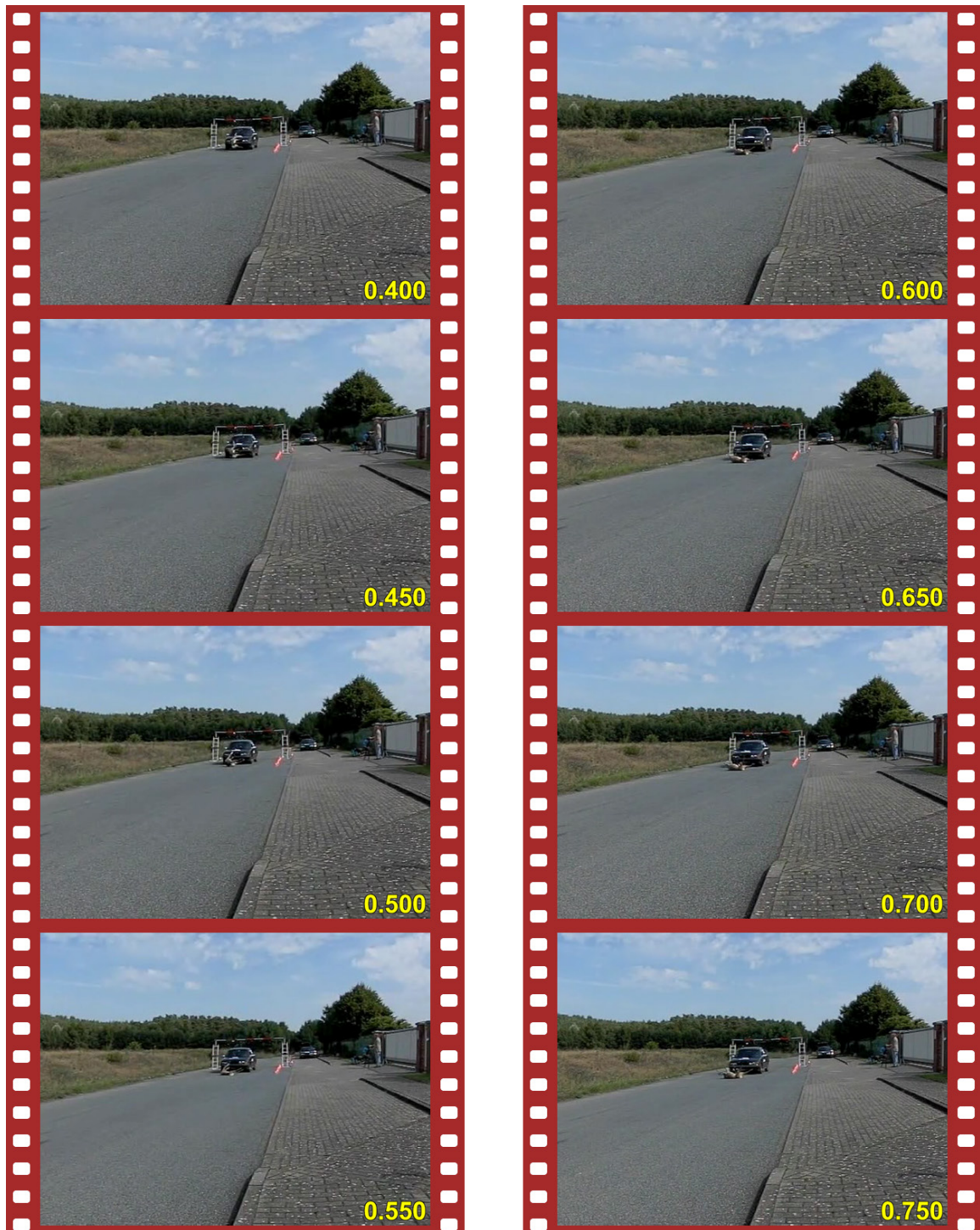


Bild 13

Kamera 2  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

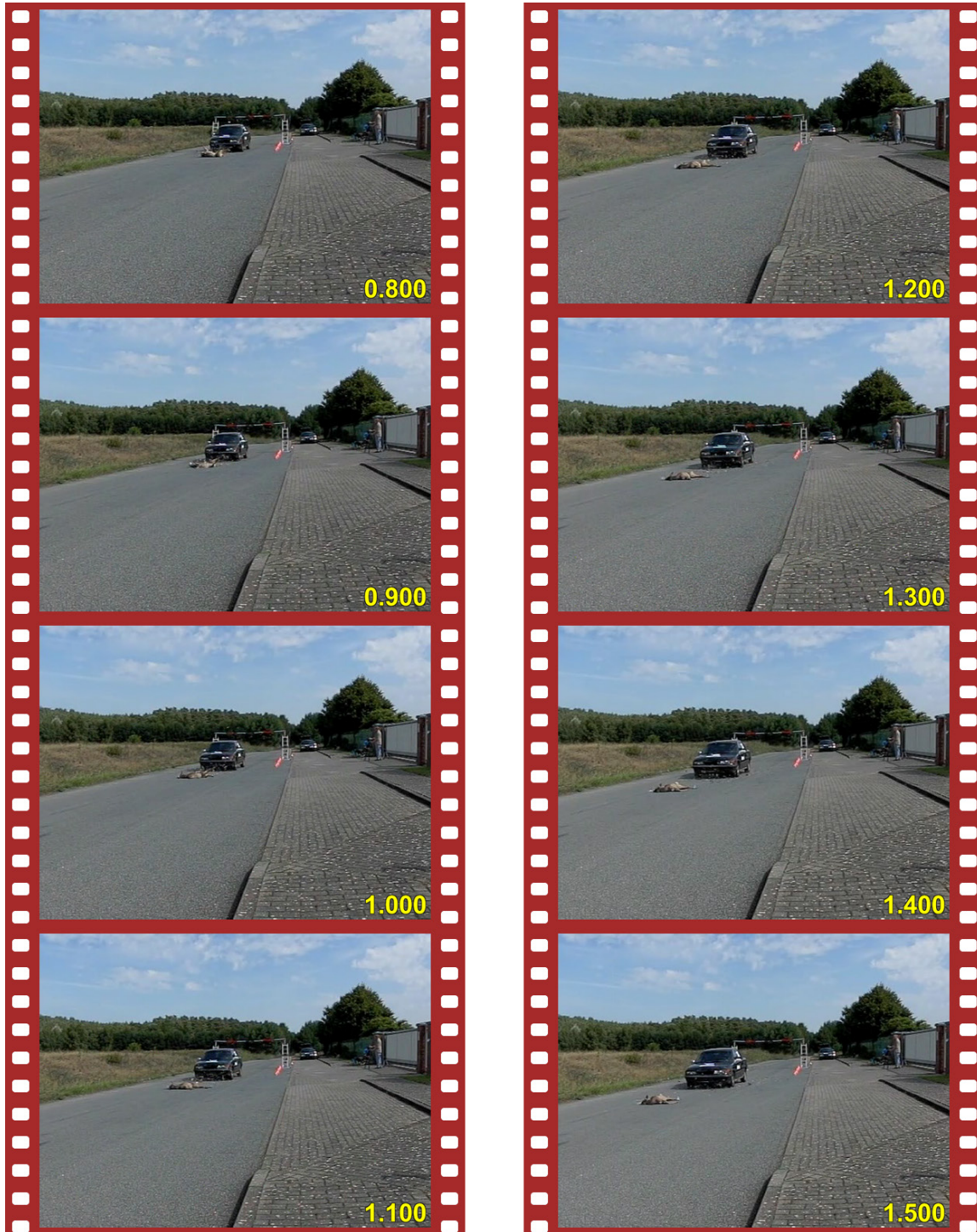


Bild 14



Schadenbilder nach der Kollision



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19



Bild 20



Bild 21



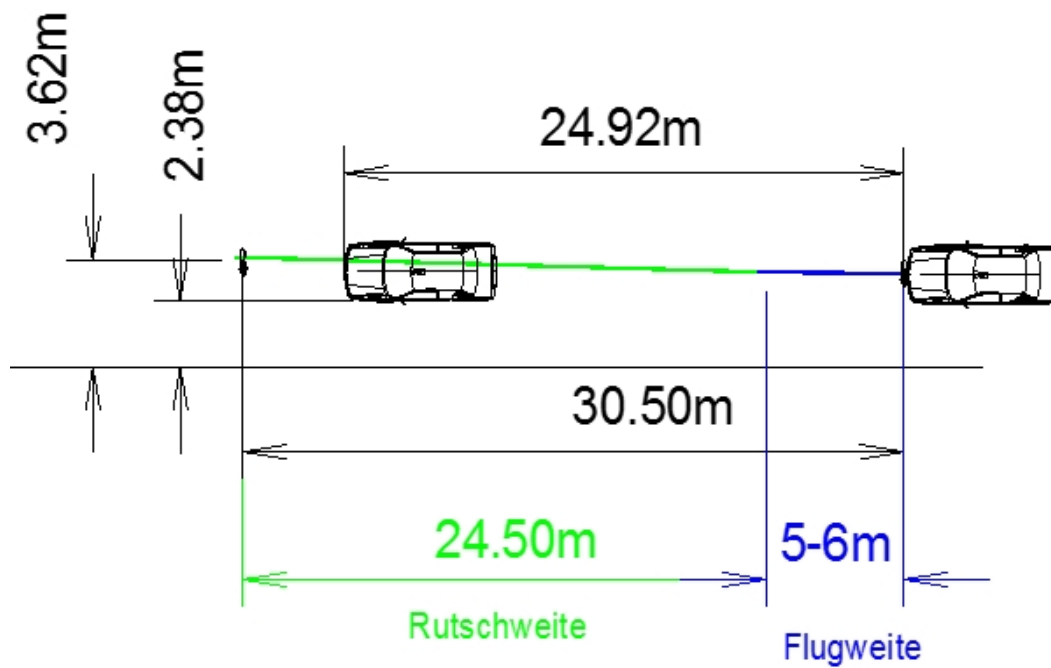
Bild 22

### Endstellung und Wurfweite

Kontaktzeit:  $0,08 \pm 0,01$  Sekunden

Kontaktweg:  $1,3 \pm 0,1$  Meter

Flugzeit:  $0,51 \pm 0,03$  Sekunden



(Spittel und Kruse 2010)

## Anhang 14 Daewoo gegen Reh

### Wild-Crash-Versuch 09

Daewoo Nexia fährt gebremst mit einer Überdeckung von 10 % gegen Reh



### Versuchsdaten:

Pkw

Daewoo Nexia

Fahrzeugmasse:  $1.290 \pm 5$  kg

Geschwindigkeit:  $54 \pm 1$  km/h

Reh

Tiermasse: 23,2 kg

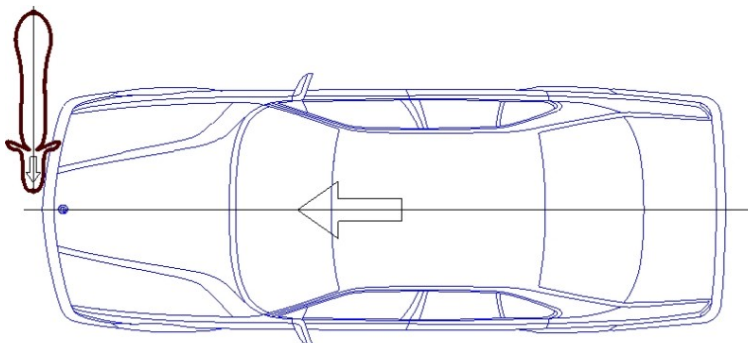
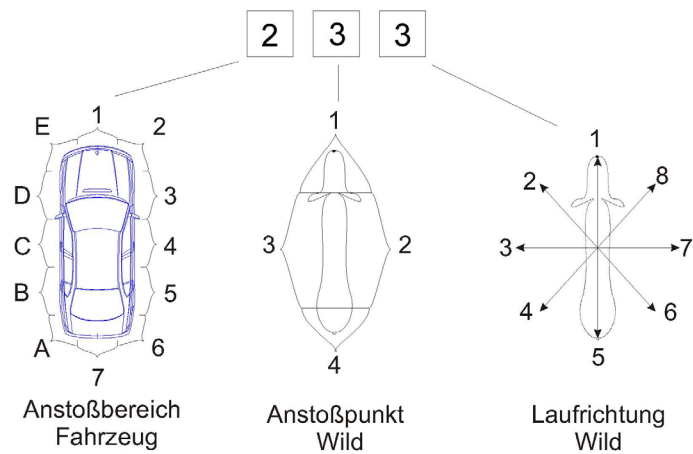
Geschwindigkeit: 0 km/h

### Infos und Anstoßkonfiguration

Die Geschwindigkeit wurde aus Videoaufzeichnungen ermittelt. Die errechnete Geschwindigkeit beträgt  $54 \pm 1$  km/h. Vor der Kollision wurde das Fahrzeug verzögert.

Geplant war eine Überdeckung von 20 %, tatsächlich erreicht wurden 10 %.

Anstoßkonfigurationen beim Wildschaden



Fahrzeugdaten

Fahrzeug- und Aufbauart:	Pkw Limousine			
Hersteller:	Daewoo			
Typ und Ausführung:	Nexia			
Fahrzeug-Ident-Nummer:	KLATF08V1SB581476			
Tachostand:	185.085 km			
Motorart:	Benzin OTTO/GKAT			
Motorleistung / Hubraum:	66 kW bei 4.800 min <sup>-1</sup> / 1.498 cm <sup>3</sup>			
Länge / Breite / Höhe:	4.256/ 1.662 / 1.393 [mm]			
Leergewicht:	1.006 kg			
zul. Gesamtgewicht:	1.503 kg			
Bereifung vorn / hinten:	Winter Tact 80 185/60 R14 82H			
Profiltiefe [mm]:	vorn links	vorn rechts	hinten rechts	hinten links
	7,2	6,5	6,2	4,8
Erstzulassung:	30.11.1995			
letzte Zulassung:	12.07.1999			
Farbe:	Grün-Metallic			
Massen:				
vorn links	385 kg	vorn rechts	360 kg	
hinten links	250 kg	hinten rechts	220 kg	
gesamt links	635 kg	gesamt rechts	580 kg	
Leermasse	1.215 kg	Zuladung 1 Person	75 ± 5 kg	

Tierdaten

Bild 01



Bild 02

Fahrzeug vor der Kollision



Bild 03



Bild 04



Bild 05



Bild 06

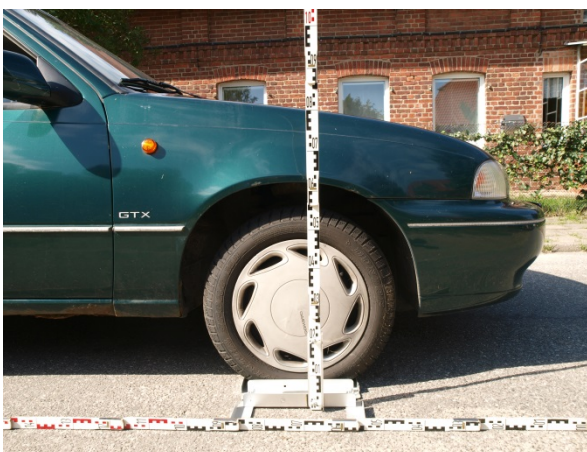


Bild 07



Bild 08

Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

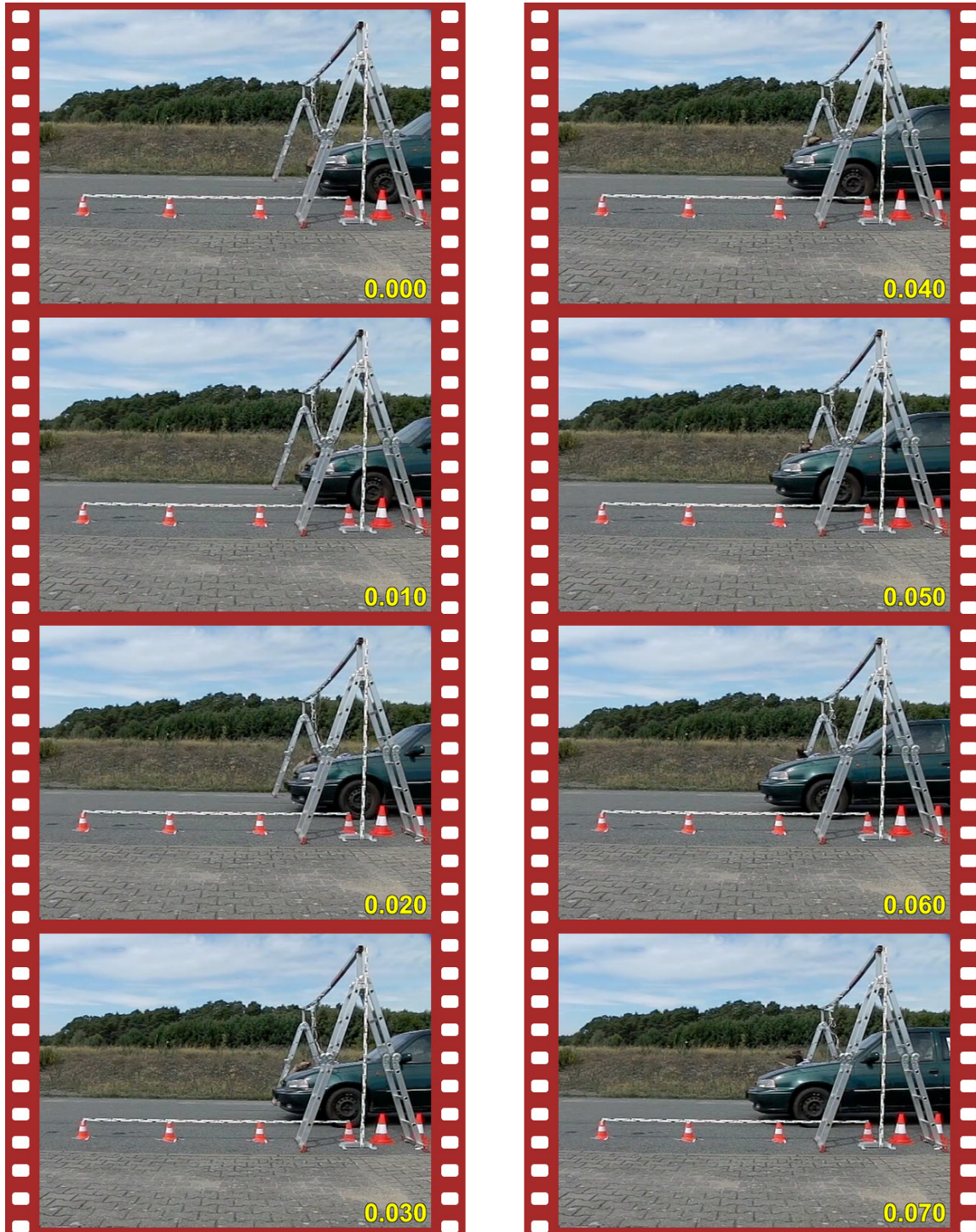


Bild 09



Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

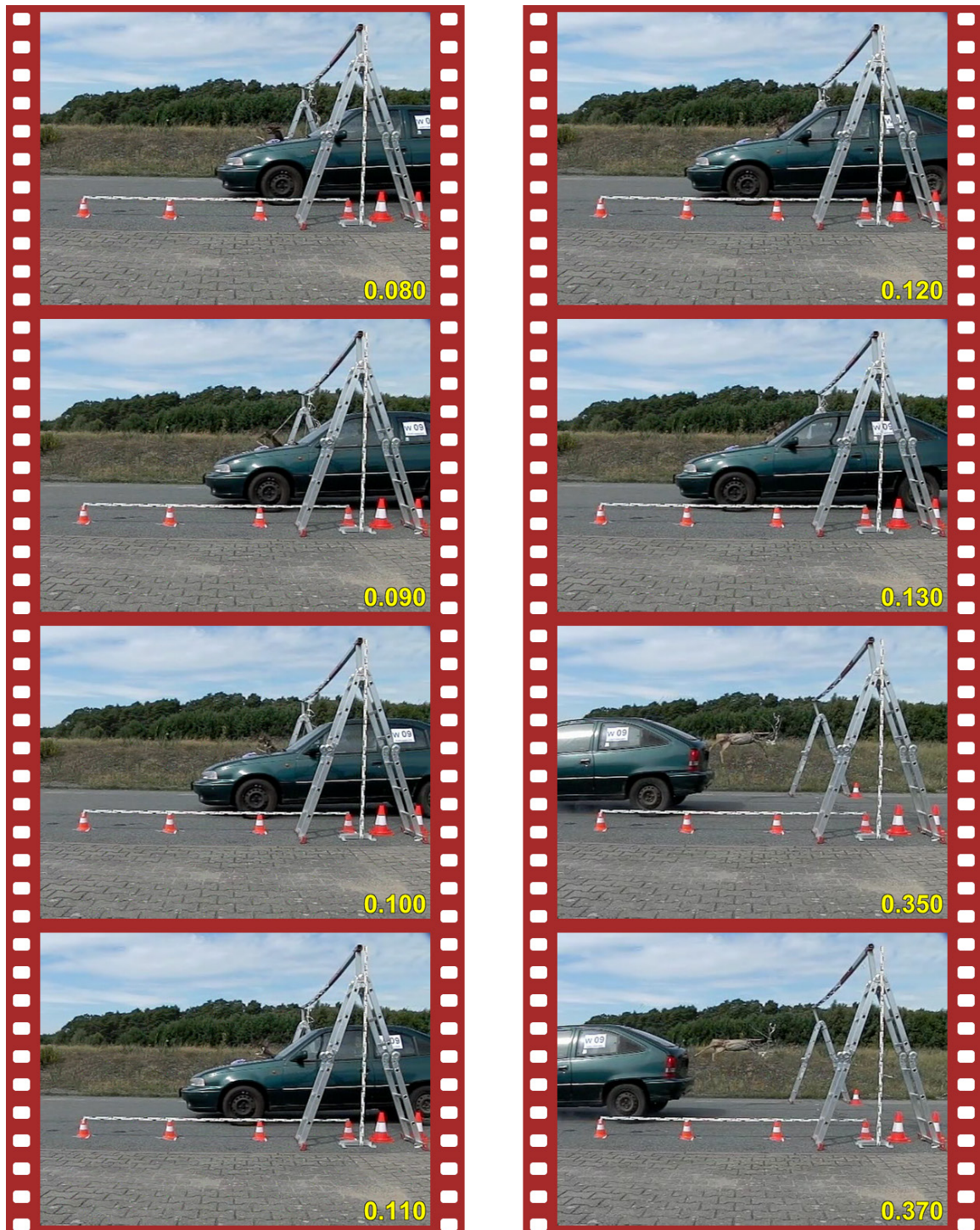


Bild 10

Kamera 1  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

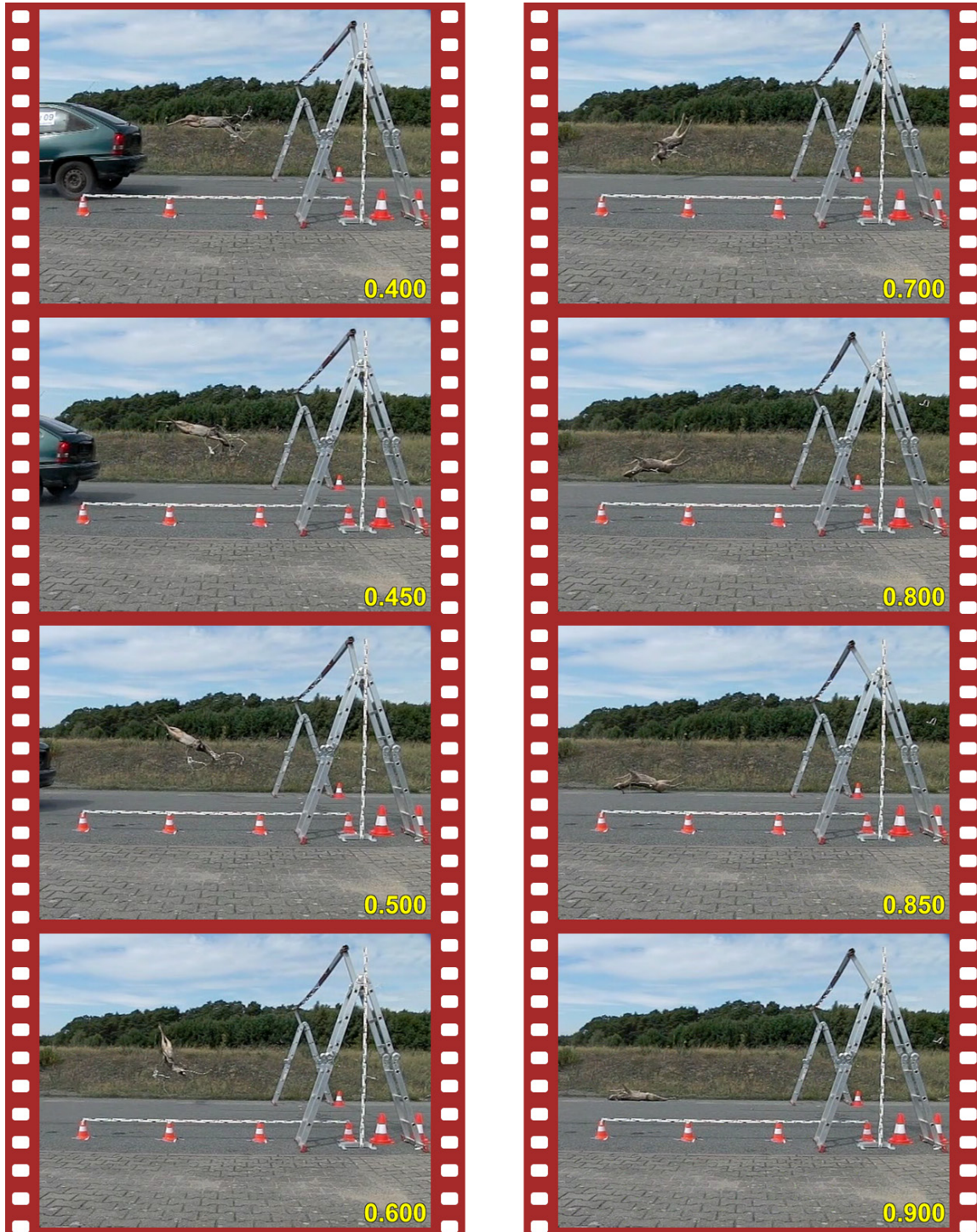


Bild 11

Kamera 2  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs

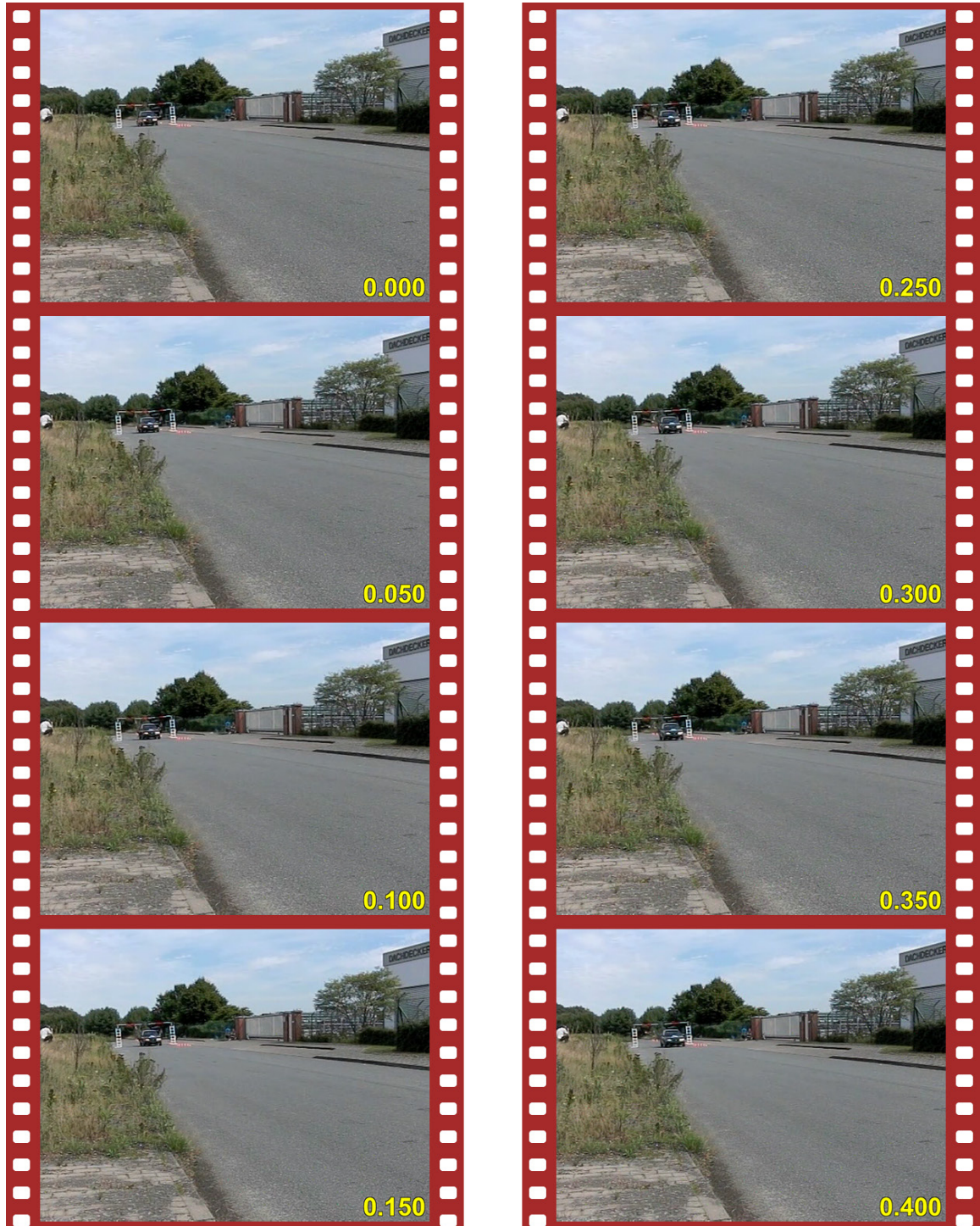


Bild 12

Kamera 2  
High-Speed-Aufnahmen mit 300 fs



Bild 13

Kamera 3  
Serienbildaufnahmen



Bild 14



Bild 15



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19

Schadenbilder nach der Kollision



Bild 20



Bild 21



Bild 22



Bild 23



Bild 24



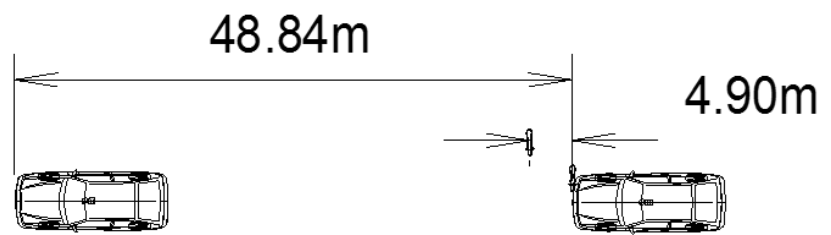
Bild 25



Bild 26



Bild 27

Endstellung und WurfweiteKontaktzeit:  $0,12 \pm 0,06$  SekundenKontaktweg:  $0,9 \pm 0,1$  MeterFlugzeit :  $0,88 \pm 0,01$  Sekunden

(Spittel und Kruse 2010)

