

# Abprallverhalten von Geschossen

Ergebnisse Forschungsprojekt – Gebüsch/Baumstamm/Weicher Boden

**Ingo Rottenberger**

GF und TL der DEVA e. V.

## Übersicht:

Physikalisches Umfeld des Abprallens

Ergebnisse Forschungsprojekt „Abprallverhalten“  
(Schlussfolgerungen – Dr. Kneubuehl)

Ergebnisse Forschungsprojekt „Abprallverhalten“ im Detail:

Gebüsch

Baumstamm

Weicher Boden

Wasser

Waffentechnische Probleme bei Verwendung monolithischer  
Geschosse

## Physikalisches Umfeld

### Teilgebiete der Ballistik

- Innenballistik
- Mündungs- oder Abgangsballistik
- Außenballistik
- Ziel- oder Endballistik

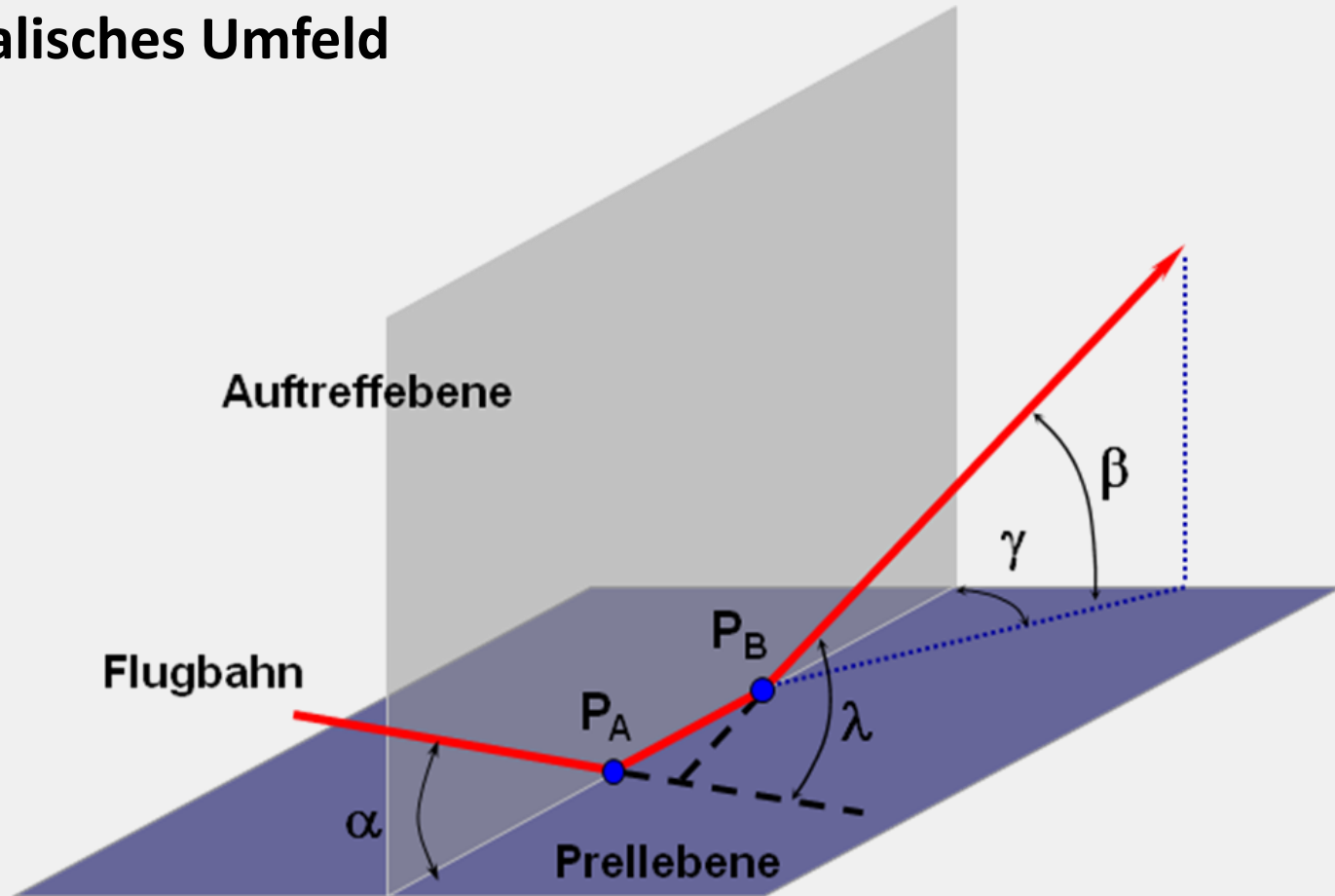
Das Abprallen von Geschossen gehört in den Bereich der Endballistik, wobei auch Vorgänge im Lauf, an der Mündung und während des Fluges zum Ziel das Abprallen beeinflussen können.

## Physikalisches Umfeld

		Innenballistik	Außenballistik	Endballistik
Drücke	[bar]	2000 – 4000	0.5 – 1.0	10.000
Kräfte	[kN]	10 – 15	0,001	100
Zeitdauer	[ms]	0.5 – 1.5	100 – 500	0.1 – 1
Beschleunigungen	[m/s <sup>2</sup> ]	500'000 – 2'000'000	-200 – -400	10'000'000
Drehzahlen	[1/s]	3000 – 5000	3000 – 5000	
Temperaturen	[C]	2000 – 3000	-20 – 200	bis einige 1000

Quelle: Dr. Kneubuehl

## Physikalisches Umfeld



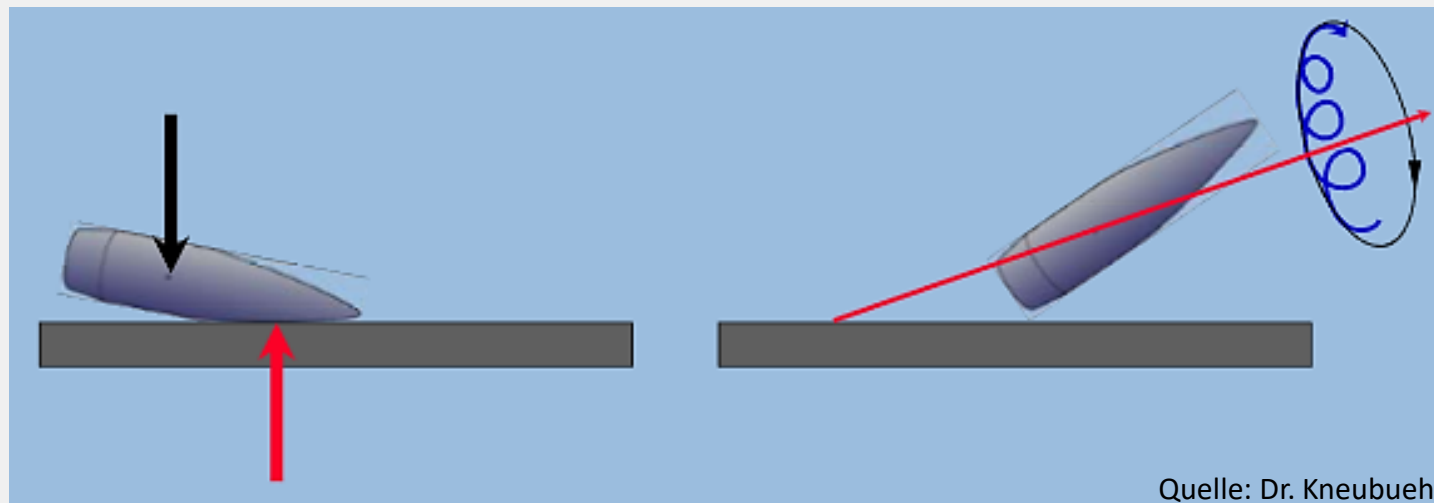
Quelle: Dr. Kneubuehl

## Physikalisches Umfeld

Zur Beurteilung ist die Ermittlung folgender physikalischer Größen notwendig:

- Geschossmasse vor und nach dem Abprallen
- Geschwindigkeit vor und nach dem Abprallen,
- Energie vor und nach dem Abprallen
- Auftreffwinkel
- Abprallwinkel (Höhe/Seite und im Raum)

## Physikalisches Umfeld - Stoßgesetze



Der Stoß verursacht ein Drehmoment um den eigenen Schwerpunkt → Nutation

## Forschungsprojekt Abprallverhalten von Jagdgeschossen

Beschussmedien:

Gebüsch

Baumstamm

Rückpraller

Harter Boden

Steinplatte

Weicher Boden

Entfernungen:

25m – 50m – 100m

Kaliber:

243 Win. – 308 Win. – 9,3x74R

Schussanzahl:

5-6 (pro Kombination)

Auftreffwinkel: 2,5°;5°;10°;15°;25°

Geschossauswahl: 3 bleihaltige – KS/ Nosler Partition/ TOG

3 bleifreie – Barnes TSX/ HDBoH/ Lapua Naturalis

## Ergebnis – nur Büchsen geschosse

Reichweitenunterschied abgeprallter bleihaltiger und bleifreier Geschosse:

Über alle Abprallkonfigurationen und alle Kaliber ergaben ...

- ◆ ... bleihaltige Geschosse technische Reichweiten zwischen 114 und 1470 m; die mittlere Reichweite beträgt 516 m
  - ◆ ... bleifreie Geschosse technische Reichweiten zwischen 79 und 1521 m; die mittlere Reichweite beträgt 747 m
- ◆ Bleifreie Geschosse fliegen nach dem Abprallen signifikant weiter als bleihaltige Geschosse.

## Ergebnis – nur Büchsenengeschosse

In der näheren Umgebung des Auftreffpunktes:

- Abgangs- und Seitenwinkel für beide Geschossarten ungefähr gleich
- Energie und Energiedichte für beide Geschossarten weit oberhalb der Gefährlichkeitsgrenze
- **Gefährdung ist von der Geschossart unabhängig.**

## Ergebnis – nur Büchsenengeschosse

Beim Gefährdungsbereich ist der Unterschied bleifrei  
– bleihaltig vom Kaliber abhängig!

Im Kaliber .243 Win. erreichten **86% der bleifreien**  
Geschosse die größeren Distanzen!

Im Kaliber .308 Win. erreichten **59% der bleifreien**  
Geschosse die größeren Distanzen!

Im Kaliber 9,3 x 74 R erreichten **53% der bleihaltigen**  
Geschosse die größeren Distanzen!

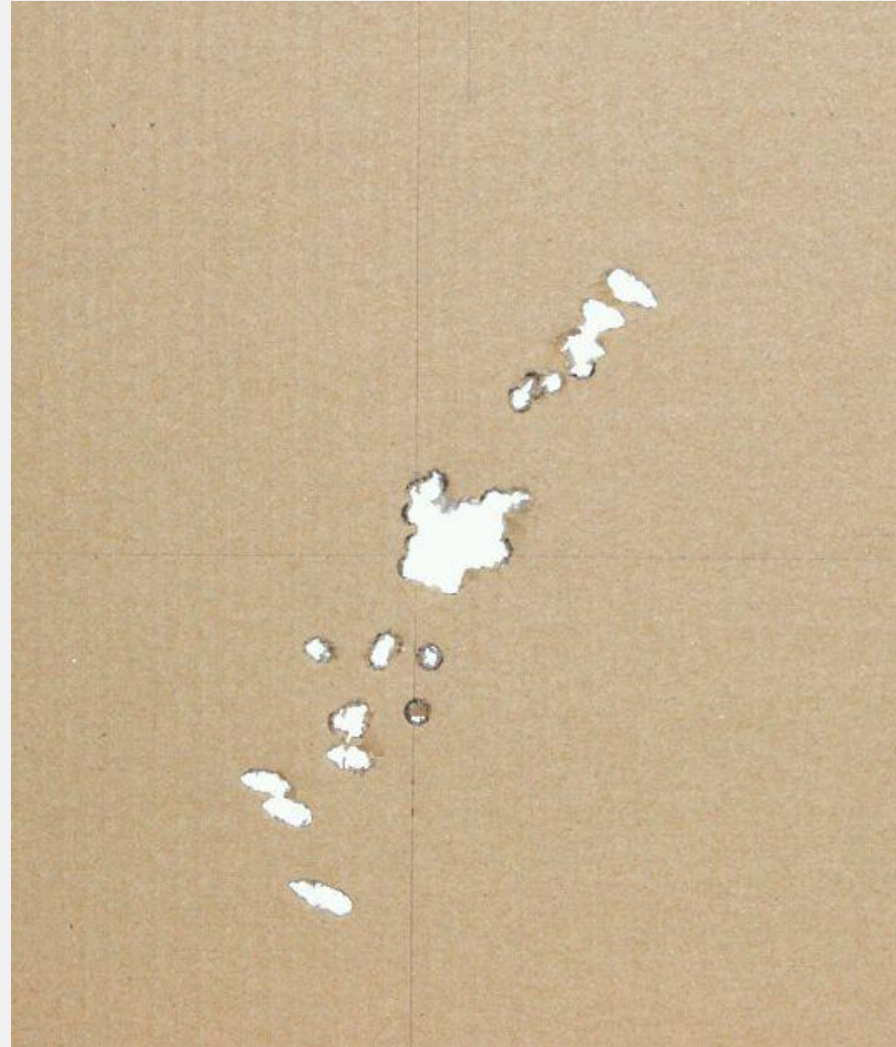
# Ablenkung am Gebüsch

## Gebüsch - Versuchsaufbau



## Gebüsch - Besonderheit

Treffer rechts:  
Treffpunktlage links unten



## Gebüsch

Maximale Ablenkwinkel sind vom Kaliber abhängig:

Kal. .243 Win.= 1,15 Grad

Kal. .308 Win.= 0,58 Grad

Kal. 9,3x74R = 0,41 Grad

# Ablenkung am Baumstamm

## Baumstamm - Versuchsaufbau



## Baumstamm - Geschossbilder

### KS-Geschoss

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 10^\circ$



.308 Win.  
A  
2

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 15^\circ$



.308 Win.  
A  
8

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 25^\circ$



.308 Win.  
A  
15

# Baumstamm - Geschossbilder

## Barnes – TSX - Geschoss

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 10^\circ$



.308 Win.  
D  
16

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 45^\circ$



.308 Win.  
D  
22

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 15^\circ$




.308 Win.  
D  
14

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 90^\circ$



.308 Win.  
D  
23

Baumstamm  
25 m  
 $\alpha = 25^\circ$



.308 Win.  
D  
19

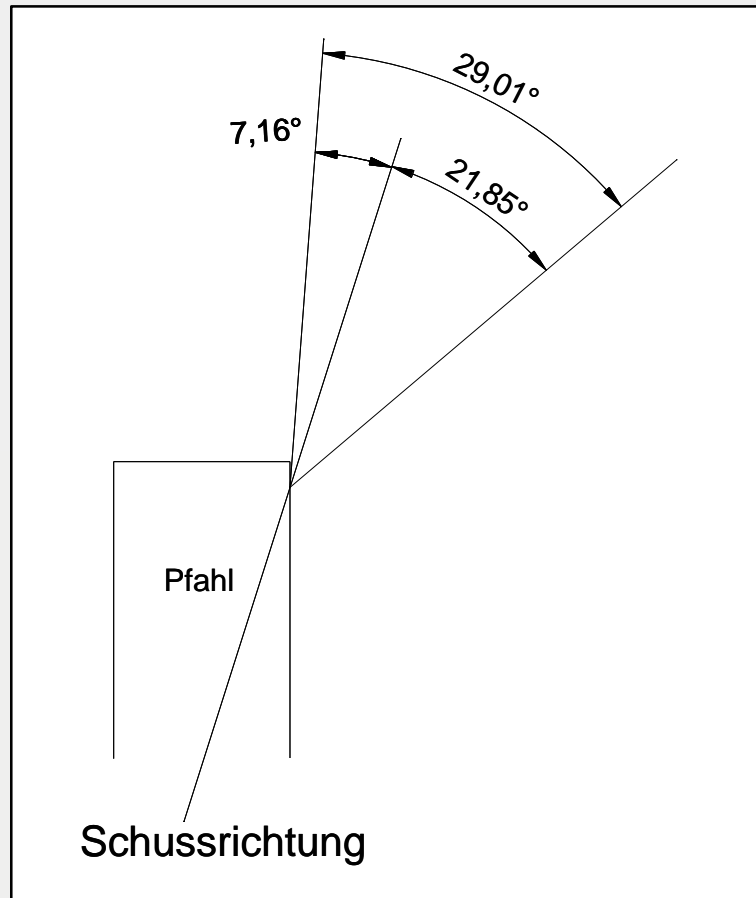
## Baumstamm

Maximale Ablenkwinkel (Seitenwinkel):

**22 Grad**

308 Win. - Baumstamm			
Auftreff- winkel	min. Seitenwinkel	max. Seitenwinkel	max. Energiedichte
[°]	[°]	[°]	J/mm <sup>2</sup>
10	0,14	2,46	68,9
15	0,19	5,05	66,2
25	0,78	6,45	61,2
45	-4,71	15,55	8,8
90	-1,68	3,08	9,3

## Baumstamm



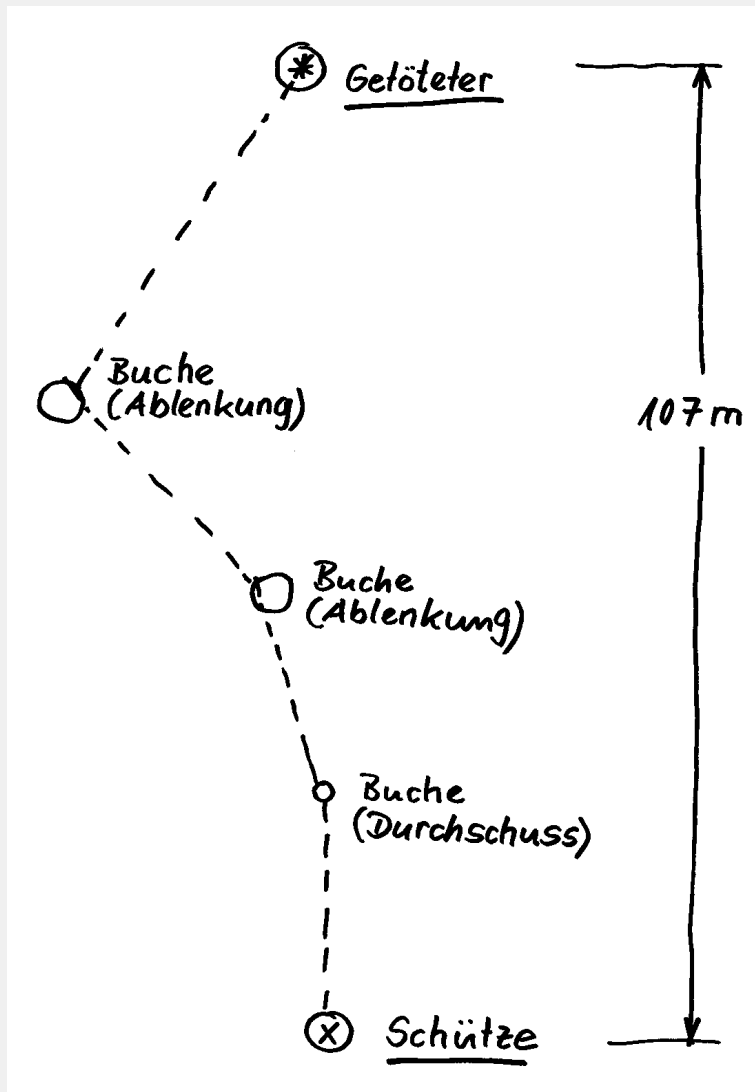
## Baumstamm – Unfall mit tödlichem Ausgang



## Baumstamm – Unfall mit tödlichem Ausgang



## Baumstamm – Unfall mit tödlichem Ausgang



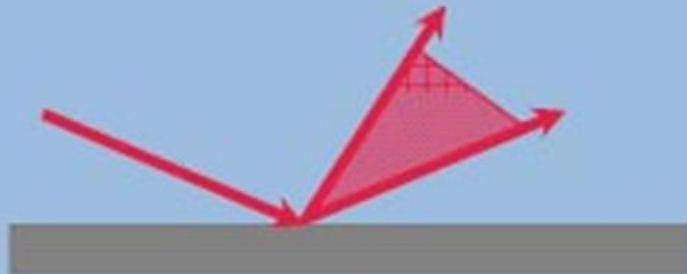
# Ablenkung am Weichen Boden



**Hartes Prellobjekt**



**Halbhartes Prellobjekt**



**Weiches Prellobjekt**

Quelle: Dr. Kneubuehl

## Weicher Boden - Versuchsaufbau



## Weicher Boden - Geschossbilder

### Nosler - Partition - Geschoss

Weicher  
Boden  
50 m  
 $\alpha = 2,5^\circ$



.308 Win.  
B  
4

Weicher  
Boden  
50 m  
 $\alpha = 5^\circ$



.308 Win.  
B  
2

Weicher  
Boden  
50 m  
 $\alpha = 10^\circ$



.308 Win.  
B  
1

## Weicher Boden - Geschossbilder

### Lapua – Naturalis - Geschoss

Weicher Boden  
50 m  
 $\alpha = 2,5^\circ$



.308 Win.  
F  
2

Weicher Boden  
50 m  
 $\alpha = 5^\circ$



.308 Win.  
F  
2

Weicher Boden  
50 m  
 $\alpha = 10^\circ$



.308 Win.  
F  
1

## Abprallwinkel am weichen Boden

Abpraller am Waldboden, Grünfläche und Acker treten auf:

**wenn der Auftreffwinkel kleiner 10° ist!**

Maximaler Abprallwinkel in der Höhe:

Bleihaltige Geschosse: **~26°**

Bleifreie Geschosse: **~22°**

Maximale Seitenwinkel: **-4,7° bis 8,7°**

308 Win. - Weicher Boden			
	min. Seitenwinkel	max. Seitenwinkel	max. Energiedichte
	[°]	[°]	J/mm <sup>2</sup>
2,5°	-0,23	5,63	57,4
5°	-1,71	8,64	44,4

# Abprallen am weichen Boden (Sand)

(Quelle: Lucien Haag)



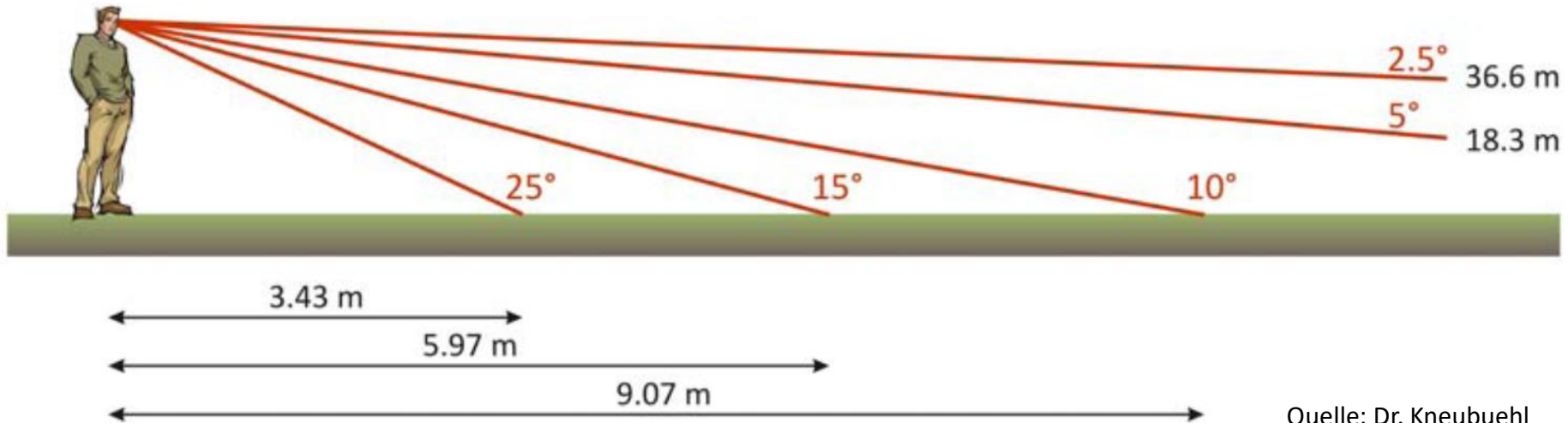
Rechtsdrall



Linksdrall

## Büchsengechosse

### Abprallwinkel am weichen Boden



Abpraller bei flachen Winkeln unter 10° schon ab einer Entfernung von 10m vom Schützenstandort!



# 18 Schüsse

Quelle: Whats App

## Büchsesengeschosse

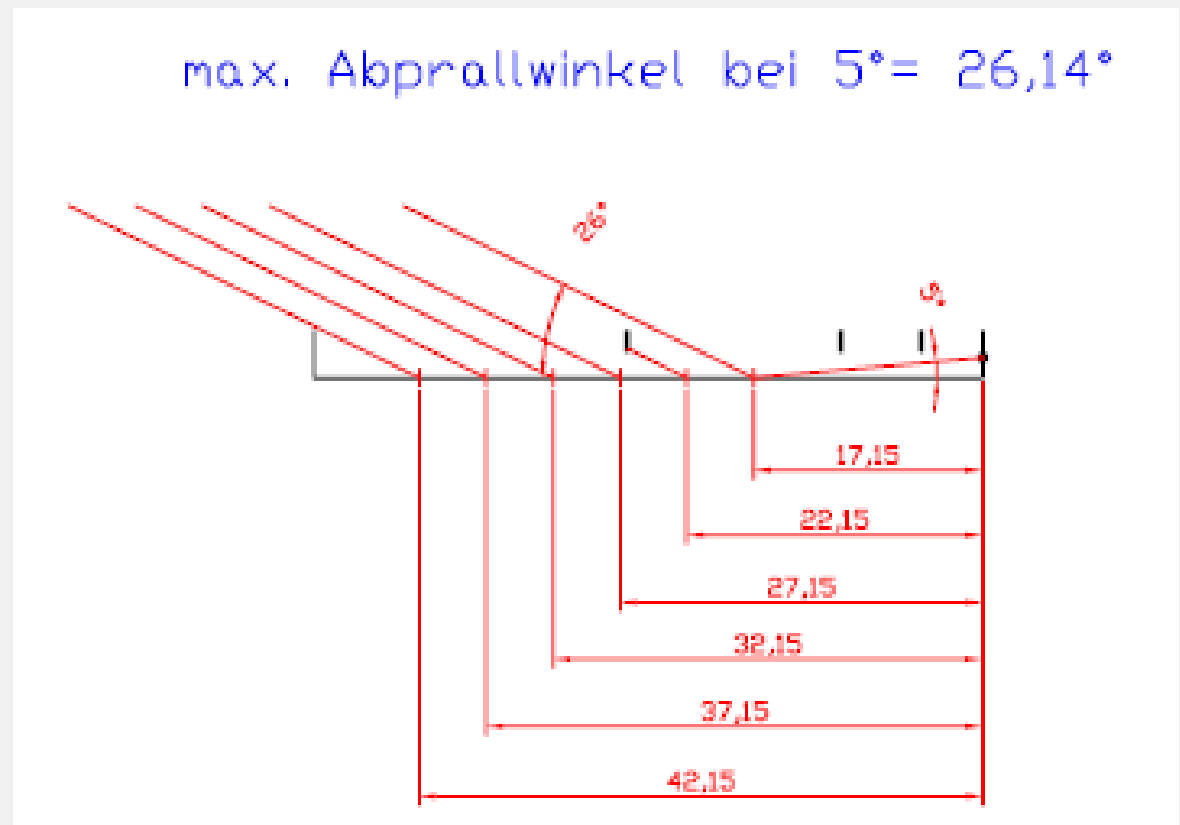
### Abprallwinkel am weichen Boden - Schießstand

Mögliche Gegenmaßnahmen  
der Schießstandbetreiber:

**Einbau von zusätzlichen  
Hochblenden**

und/oder

**Traversen am Boden**



## Büchsenmunition

von Schießbahnsohle abgelenkte Geschosse



## Büchsenmunition

von Schießbahnsohle oder Sandfang abgelenkte Geschosse



## Flintenlaufgeschosse

### Abprallverhalten am Beispiel des Weichen Bodens

- Alle FLG verschwanden bei einem Auftreffwinkel von  $15^\circ$  im Boden
- Zum Vergleich:  
Bei Büchsenmunition schon ab einem Auftreffwinkel von  $10^\circ$ !

FLG sind am weichen Boden abprallfreudiger als Büchsengeschosse bei sehr großem Masseerhalt!

Reichweiten: ca. 570m (kein Unterschied zw. mPb und oPb!)

**Bitte beachten Sie:**

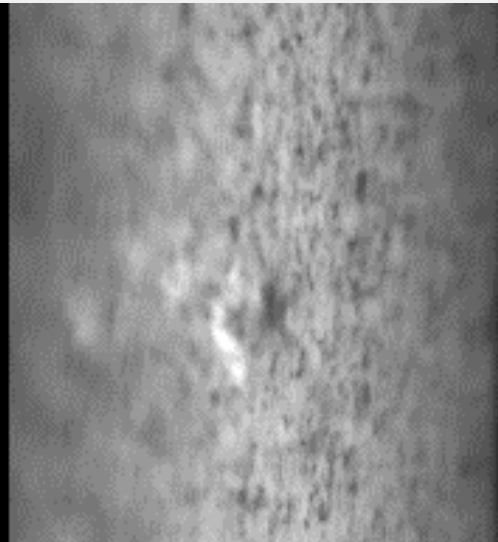
**Der gewachsene Boden ist für  
sich allein  
kein  
geeigneter Schusshintergrund!**

# Ablenkung auf der Steinplatte

## Zwei Spuren – aber nur ein Schuss!



## Schrote – Rückprallverhalten (Stahl auf Stein)



100000 fps

-106.75 ms

Stahlschrot auf Stein

1.94 usec

Date : 2013/4/18

pl. 326,42 m/s

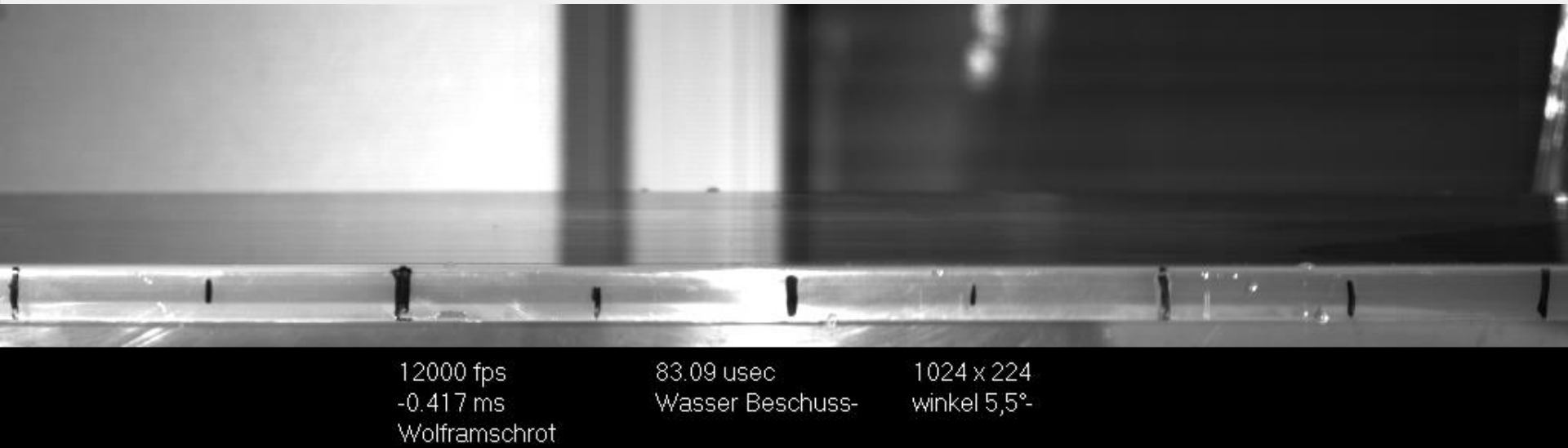
320 x 192

Time : 15:20

Weicheisenschrote können bis 30m und Wolframschrote bis 60m gefährlich zurückprallen!

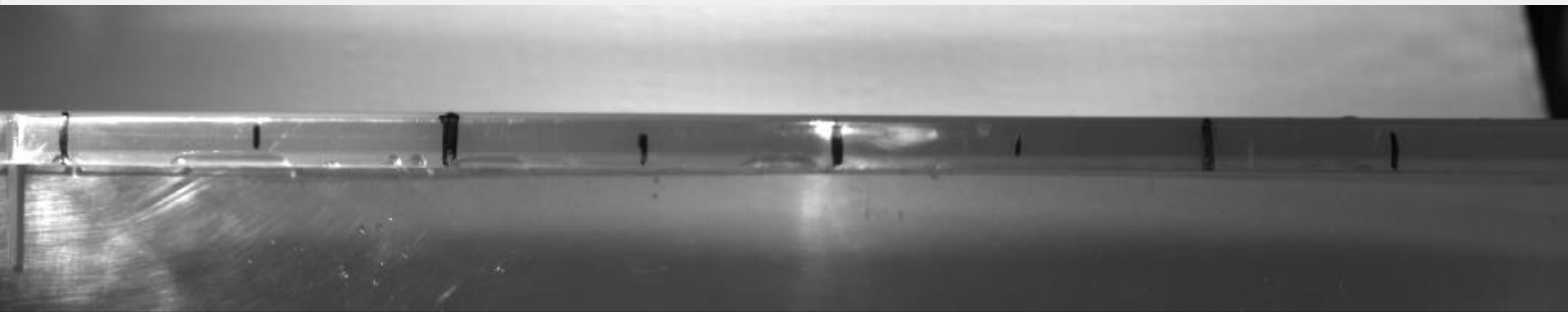
# Ablenkung am Wasser

## Schrote – 5,5° auf Wasser



Wann ist mit einem Abpraller zu rechnen?  
**~15m vom Schützenstandort!**

## Schrote – 5,6° auf Wasser

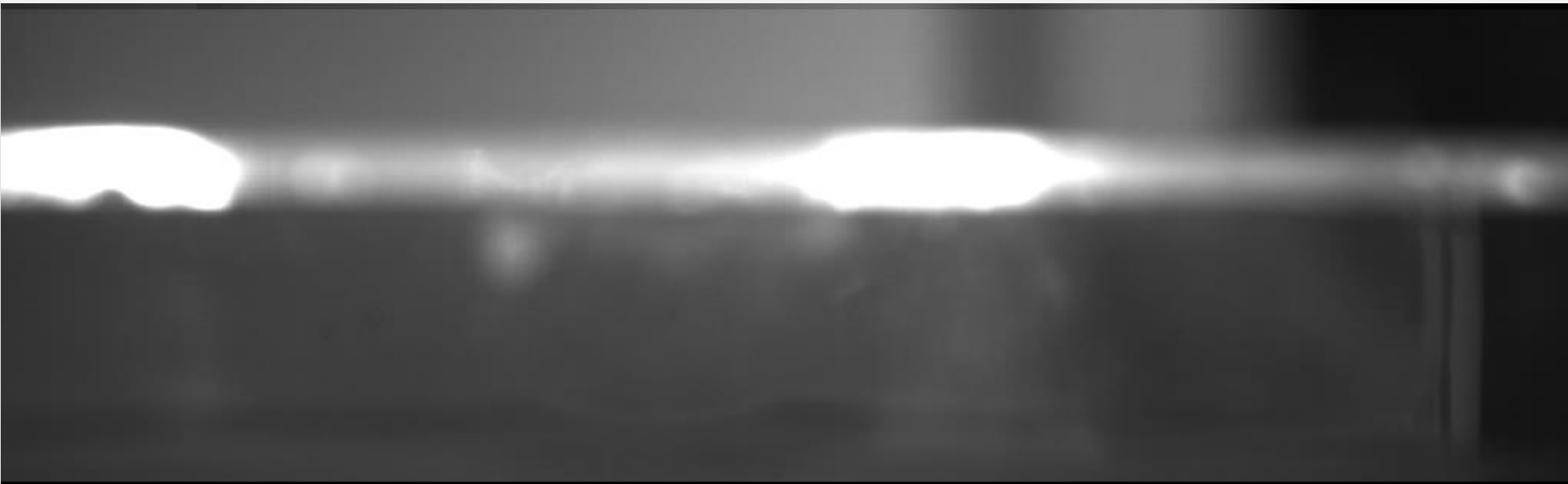


15000 fps  
-0.933 ms  
Wolframschrot

66.42 usec  
Wasser Beschuss-

1024 x 200  
winkel 5,6°-

## Schrote – 10° auf Wasser



15000 fps  
-1.467 ms  
Stahlschrot

2.52 usec  
Wasser Beschuss-

1024 x 312  
winkel 10°-

## **Waffentechnische Probleme bei der Verwendung monolithischer Geschosse:**

- **Abstimmung Drall - Geschossmasse**
- **Belastung des Laufwerkstoffes**
- **Mehrbelastung des Verschlusses**
- **Laufablagerungen**
- **Präzisionsprobleme**
- **Erhöhter Reinigungsbedarf**
- **Einschießen nach professioneller Reinigung**

## Zusammenfassung:

- **Beim Abprallverhalten Büchsenmunition ist keine eindeutige Präferenz zu Gunsten der bleihaltigen oder bleifreien Geschosse möglich.**
- **Ob bleifrei oder bleihaltig – die maximalen Gefährdungsradien sind nahezu identisch**
- **FLG sind am weichen und harten Boden abprallfreudiger.**
- **Rückprallverhalten von Weicheisen- und Wolframschroten kritisch!**
- **Der gewachsene Boden ist für sich allein kein geeigneter Schusshintergrund!**
- **Bei Verwendung bleifreier monolithischer Geschosse gibt zu beachtende waffentechnische Besonderheiten!**

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

**Ingo Rottenberger**

GF und TL der DEVA e. V.