



# Forensische Molekulargenetik

Mario Gysi, M. Sc. Biochemie



J. D. WATSON & F. H. C. CRICK

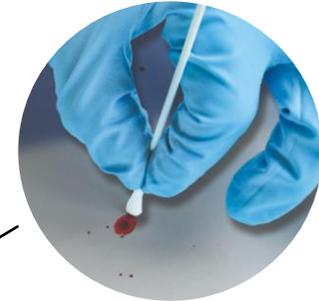
# Forensische Genetik: DNA-Profil im Zentrum

Vaterschaftstest



familie.de

Spurenanalyse



abfdiagnostics.com

## DNA-Profil

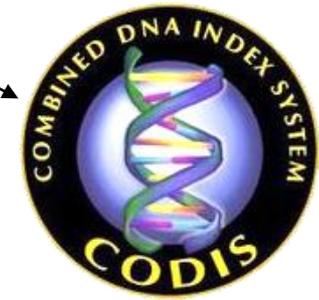
DNA-Marker	Genotyp
AMEL	X, Y
D10S1248	12, 16
VWA	16, 20
D16S539	8, 12
D2S1338	17
D8S1179	12, 14
D21S11	28, 29
D18S51	11
D22S1045	15, 16
D19S433	13, 16
TH01	9, 10
FGA	21, 23
D2S441	14, 15
D3S1358	14
D1S1656	12, 15
D12S391	19, 21
SE33	25.2, 30.2

Identifikationen



eurekalert.org

DNA-Datenbank





## Inhaltsverzeichnis

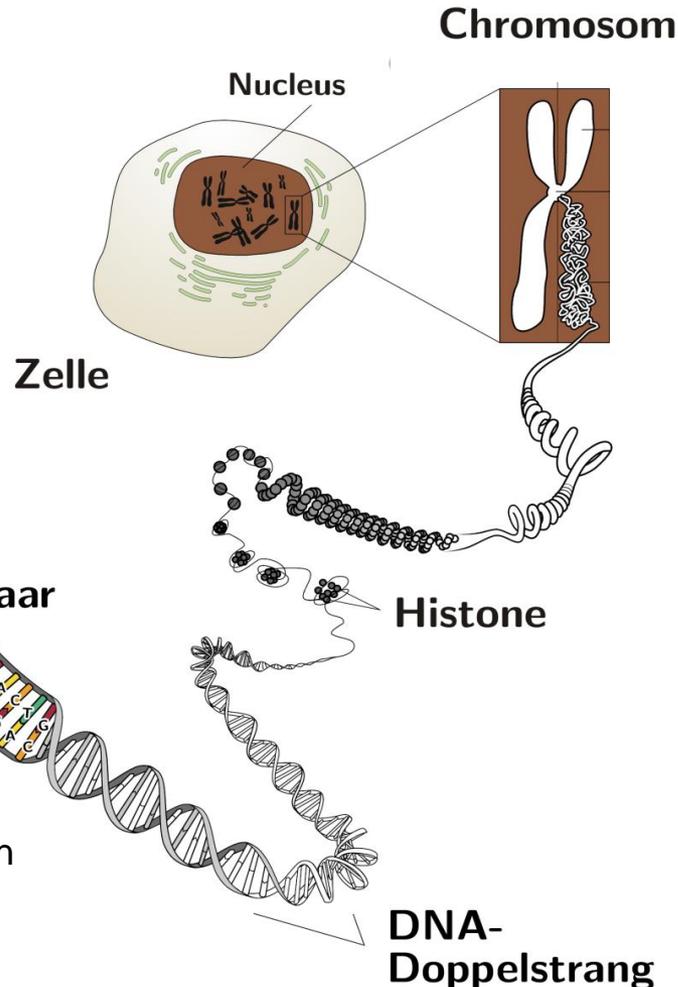
- Molekularbiologische Grundlagen des DNA-Profiles
- Labor
- Fallarbeit
- Abstammungsuntersuchungen
- Erweiterte DNA-Analysen
  - Phänotypisierung
  - Tierische DNA
  - Identifizierung von Körperflüssigkeiten



# **Molekularbiologische Grundlagen des DNA- Profils**

# Die DNA befindet sich im Zellkern

~100 Billionen Zellen  
gleicher genetischer  
Code in jeder Zelle



46 Chromosomen (23 Paare)  
22 Autosomen-Paare  
1 Geschlechtschromosomen-  
paar (XX / XY)

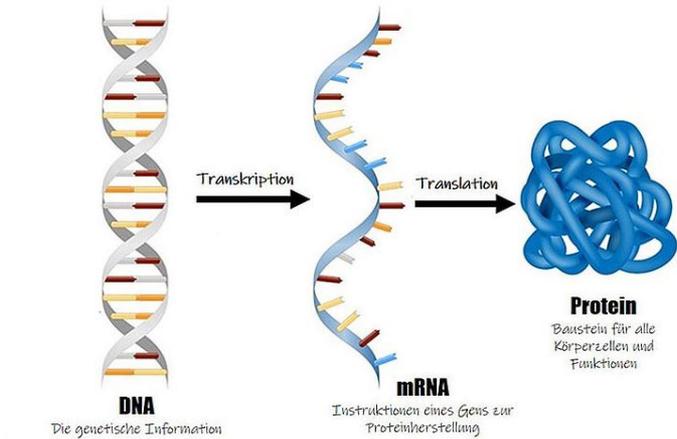
4 verschiedene Nukleotide  
**A**denin, **G**uanin, **T**hymine, **C**ytosin  
→ genetischer Code

[http://de.academic.ru/pictures/dewiki/67/Chromosom\\_und\\_DNA.png](http://de.academic.ru/pictures/dewiki/67/Chromosom_und_DNA.png)

# DNA-Sequenz



## Kodierender Bereich



Gen → Phänotyp (Aussehen, Körperfunktion, Krankheit)

## Nicht-kodierender Bereich

➤ «Junk»-DNA (~95%)



**Protein**

## DNA-Profil

DNA-Marker	Genotyp
AMEL	X, Y
D10S1248	12, 16
VWA	16, 20
D16S539	8, 12
D2S1338	17
D8S1179	12, 14
D21S11	28, 29
D18S51	11
D22S1045	15, 16
D19S433	13, 16
TH01	9, 10
FGA	21, 23
D2S441	14, 15
D3S1358	14
D1S1656	12, 15
D12S391	19, 21
SE33	25.2, 30.2

- Unbekannte / keine Funktion
- Regulation der Genexpression
- Keine phänotypischen Eigenschaften



# DNA-Profilgesetz



DNA-Profil-Gesetz

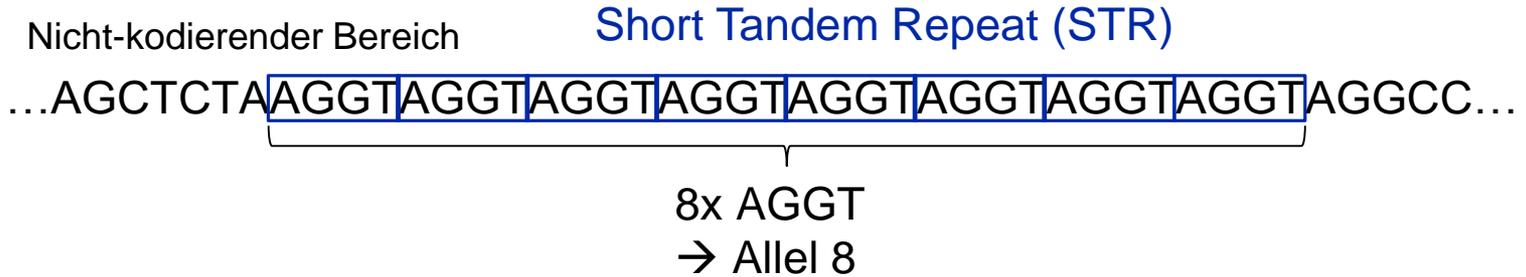
AS 2004

## Art. 2 DNA-Profil und Verwendungszweck

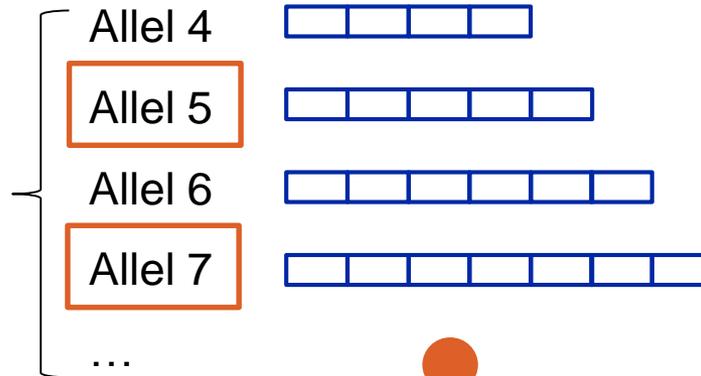
<sup>1</sup> Das DNA-Profil ist die für ein Individuum spezifische Buchstaben- Zahlen-Kombination, die mit Hilfe molekularbiologischer Techniken aus den nicht-codierenden Abschnitten der Erbsubstanz DNA gewonnen wird.

<sup>2</sup> Bei der DNA-Analyse darf weder nach dem Gesundheitszustand noch nach anderen persönlichen Eigenschaften mit Ausnahme des Geschlechtes der betroffenen Person geforscht werden.

# STRs: DNA-Regionen für das DNA-Profil



Unterschiedliche Anzahl  
Wiederholungen bei  
verschiedenen Personen



5, 7

DNA-Profil

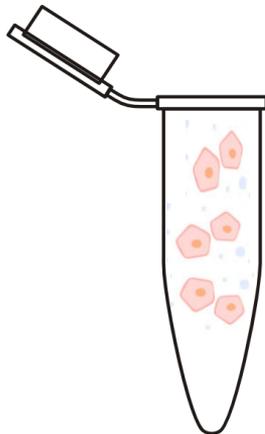
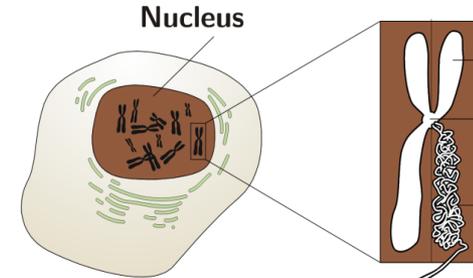
DNA-Marker	Genotyp
Marker 1	5, 7
Marker 2	...
...	...



# Labor

## Labor 1: DNA-Extraktion

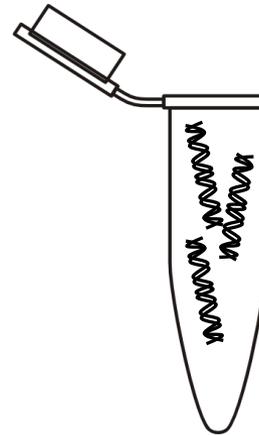
Zellstruktur muss zerstört werden → Lyse



**Lyse**

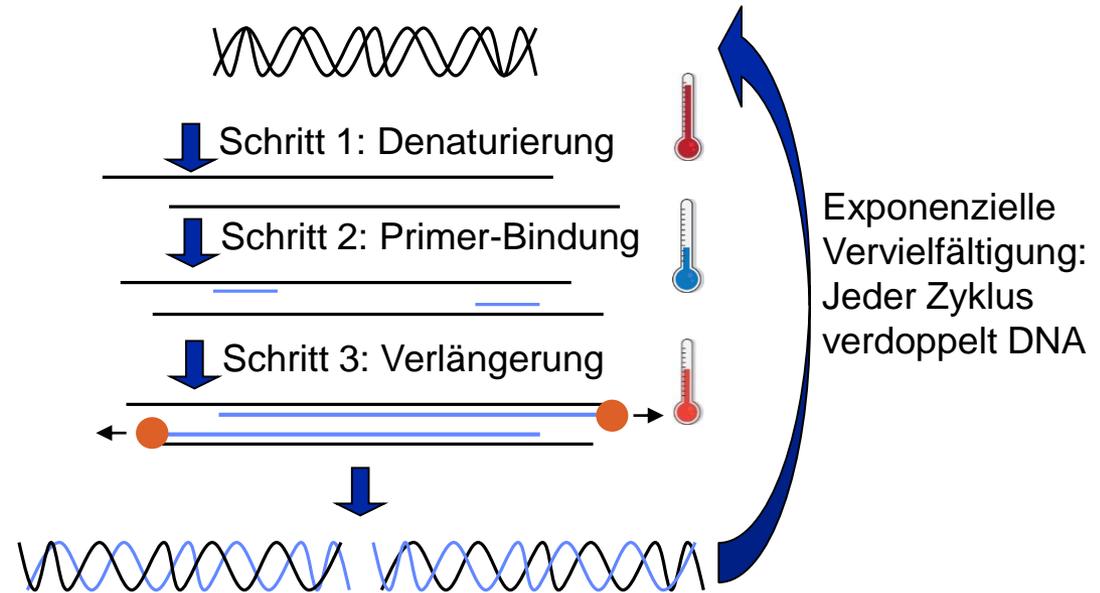
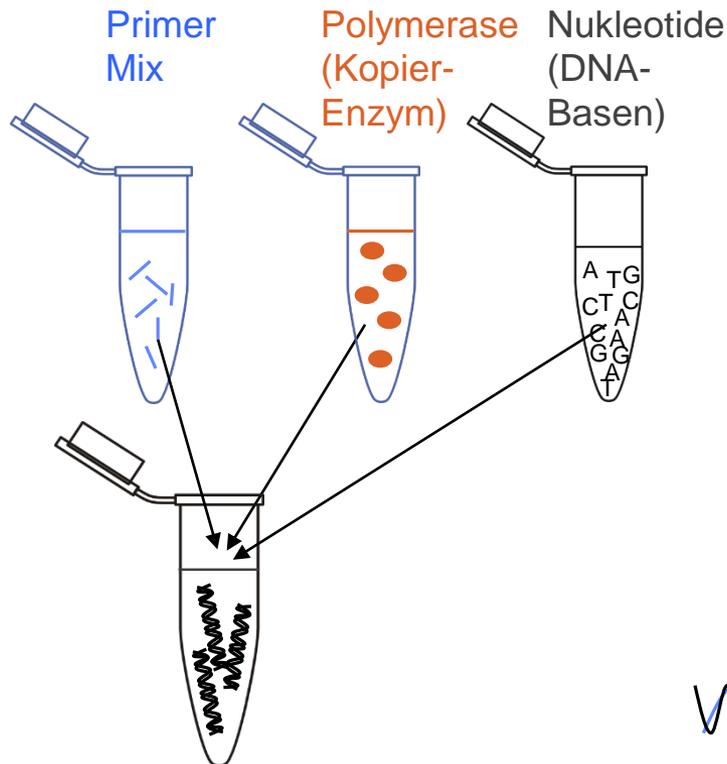


- Physikalisch (Hitze)
- Chemisch (Reagenzien)

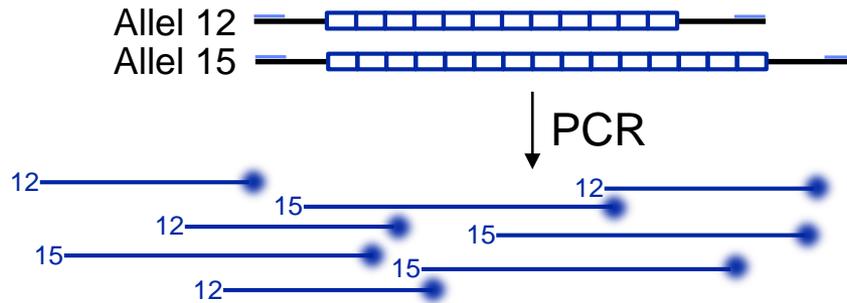


## Labor 2: DNA-Amplifikation

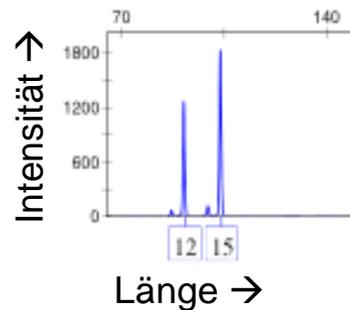
PCR (Polymerase-Kettenreaktion)



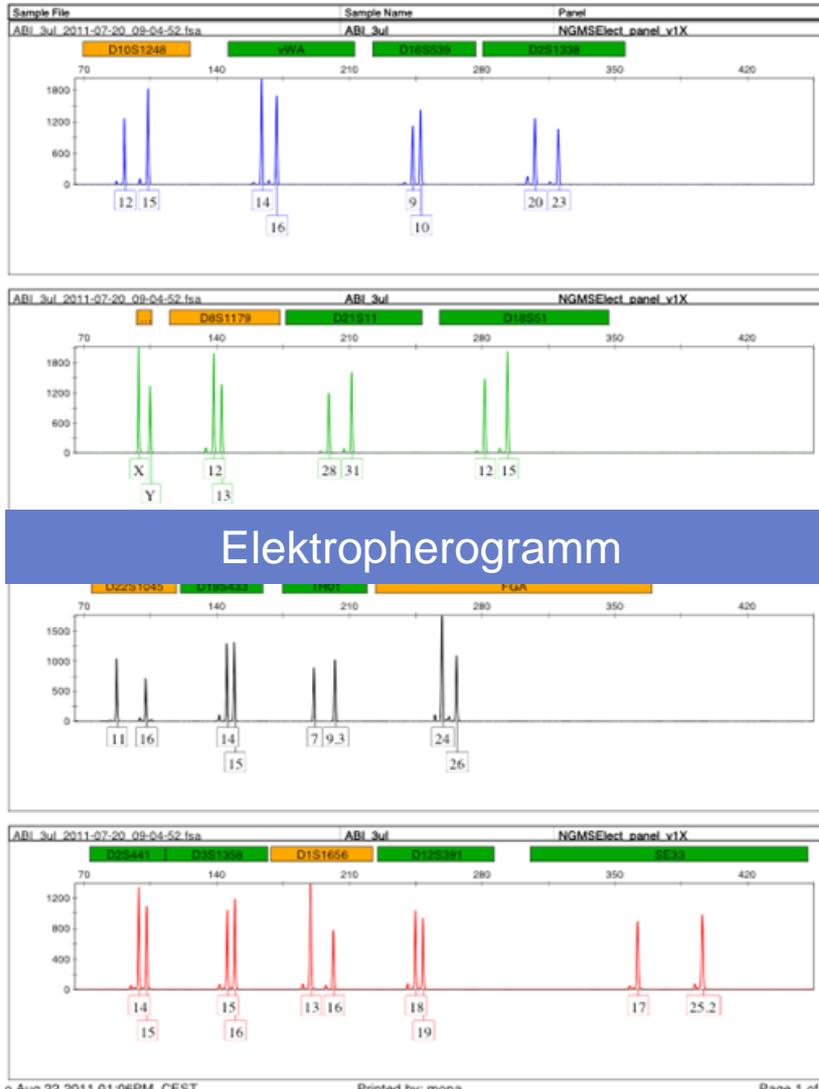
## Labor 3: Elektrophorese



Kapillaren-Array



12, 15



## DNA-Profil

DNA-Marker	Genotyp
AMEL	X, Y
D10S1248	12, 15
vWA	14, 16
D16S539	9, 10
D2S1338	20, 24
D8S1179	12, 13
D21S11	28, 31
D18S51	12, 15
D22S1045	11, 16
D19S433	14, 15
TH01	7, 9.3
FGA	24, 16
D2S441	14, 15
D3S1358	15, 16
D1S1656	13, 16
D12S391	18, 19
SE33	17, 25.2



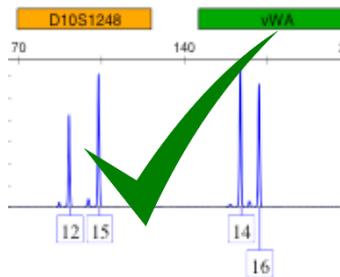
# Fallarbeit

# Untersuchungsmaterial

Personen  
Referenzen



WSA  
(Wangenschleim-  
hautabstrich)



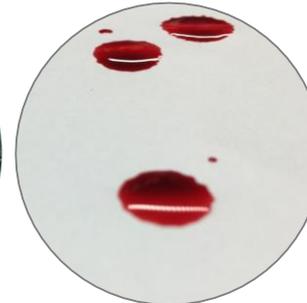
Tatortspuren  
Von der Polizei gesichert



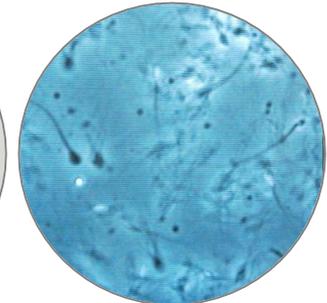
Kontaktspur



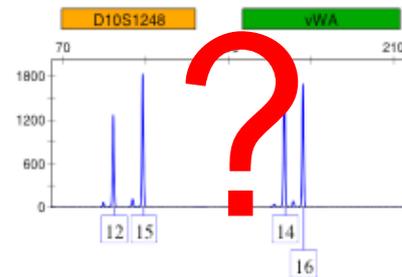
Speichelspur



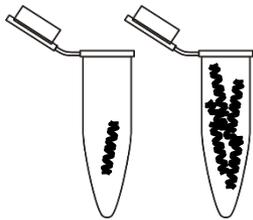
Blutspur



Spermaspur



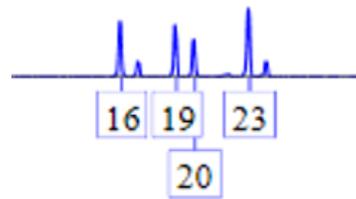
## Tatortspuren: Herausforderungen im Labor



DNA-Menge



Anpassen des  
PCR-Einsatz-  
Volumens



Mischspuren  
Mehrere Spurengeber



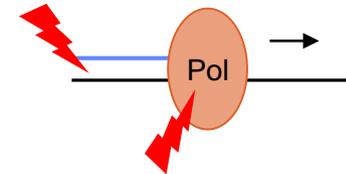
Mischspurauflösung  
durch Experte /  
Software



DNA-Degradation  
UV-Strahlung,  
Feuchtigkeit, Bakterien



Kombination  
verschiedener  
PCR-Kits



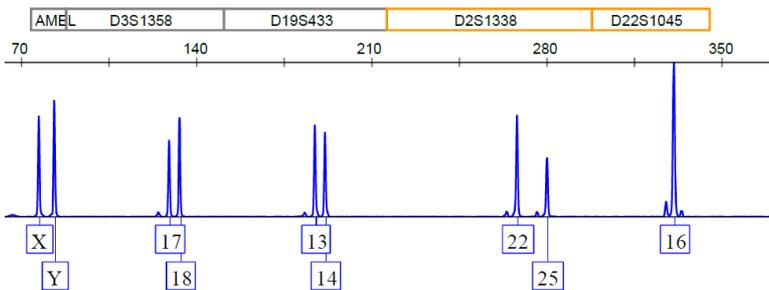
PCR-Inhibition  
Polymerase,  
Primer-Bindung



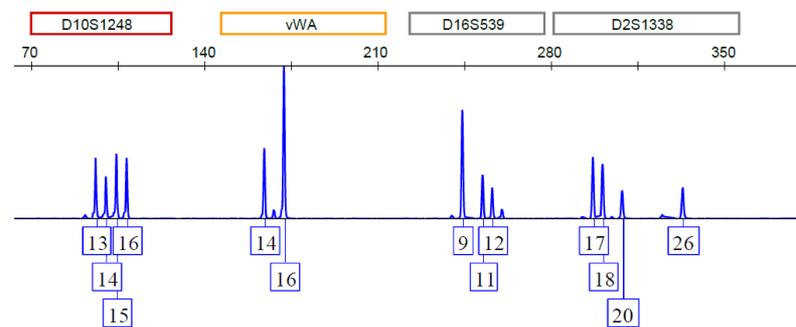
Aufreinigung des  
Extrakts

# Spurenprofile

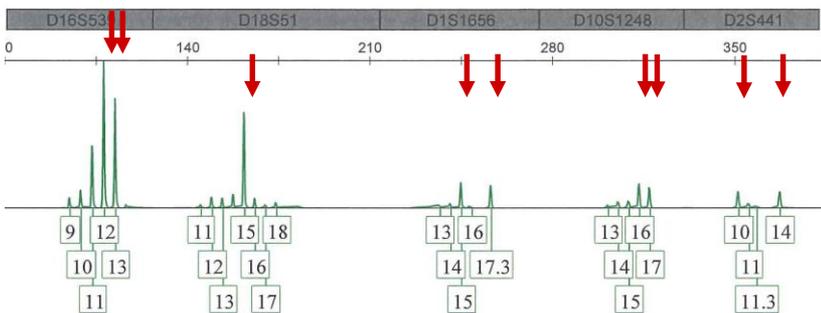
DNA-Profil, einfach, männlich



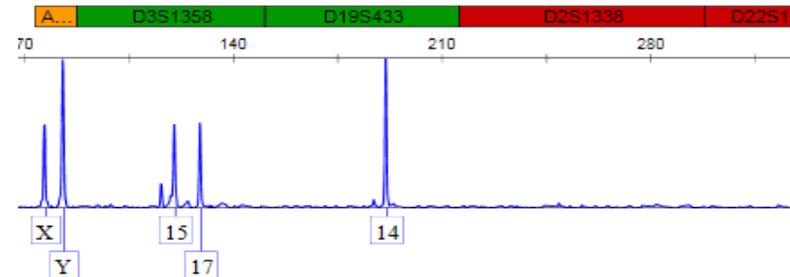
Mischprofil aus 2 Personen



DNA-Hauptprofil, Nebenprofil nicht interpretierbar

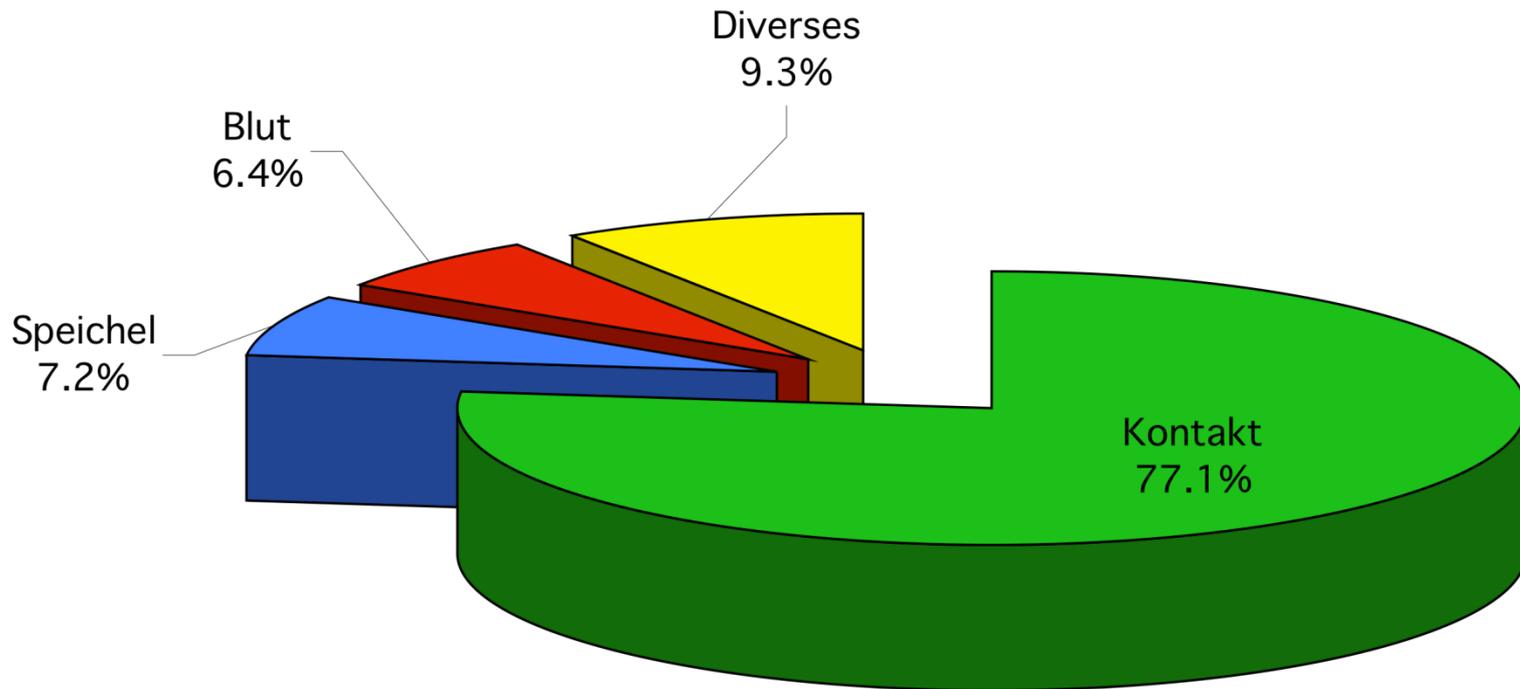


Inkomplettes DNA-Profil (zu wenig DNA)

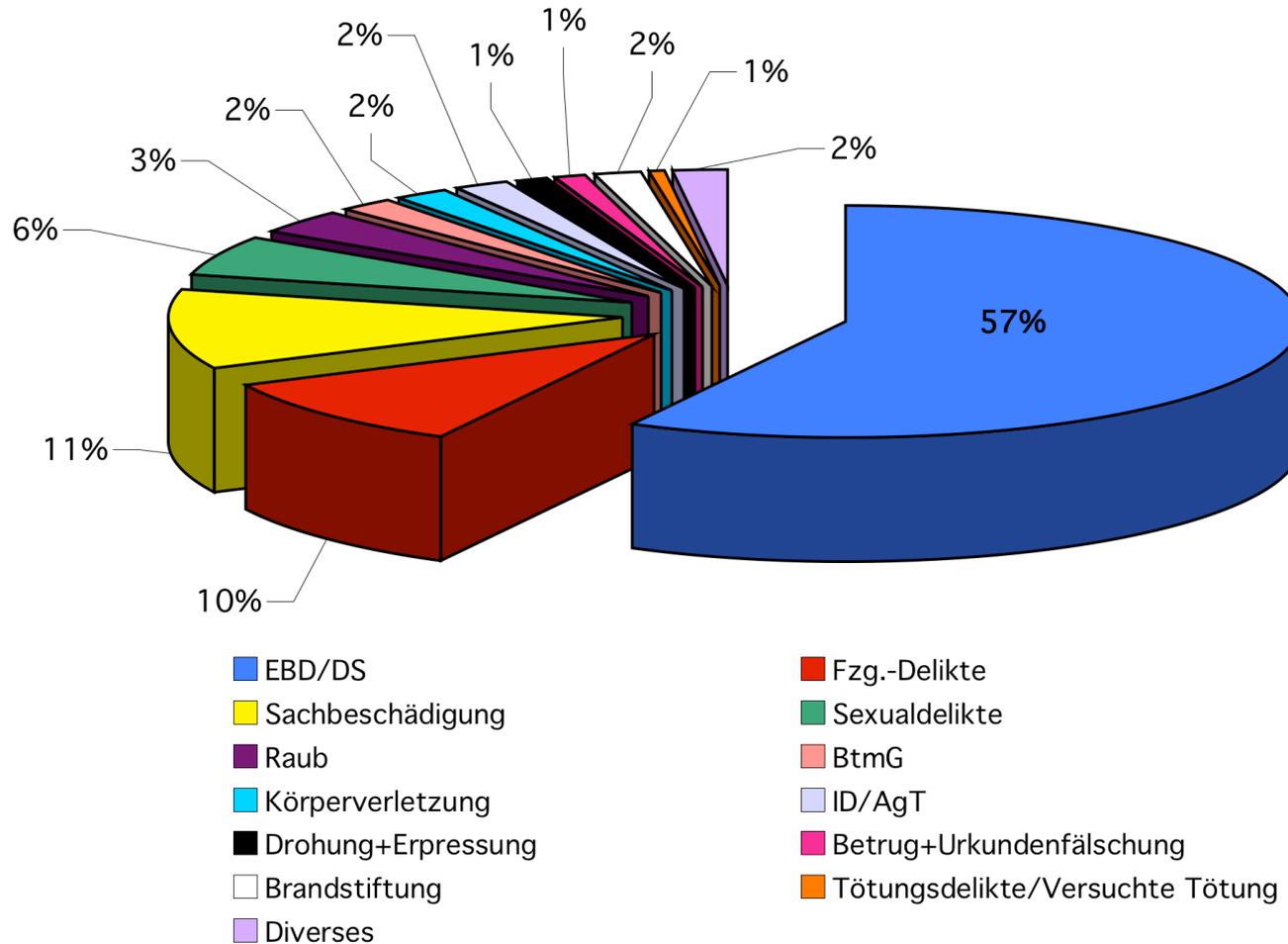




## Tatortspuren



# Deliktarten



## Spurenasservate

Wattetupfer ab:



- Fensterstoren
- Einsteigefenster
- Türöffnungsgriff Auto
- Stein
- Geldbeutel
- Schmuckdose
- Tresor
- Schraubenzieher
- Drohbrief
- Minigrip
- Flasche
- Spermaspur Kissen
- Blutspur ab Boden
- Oberschenkel
- Vagina
- ...

Am Tatort zurückgelassen



Sexualdelikte



Gewaltverbrechen

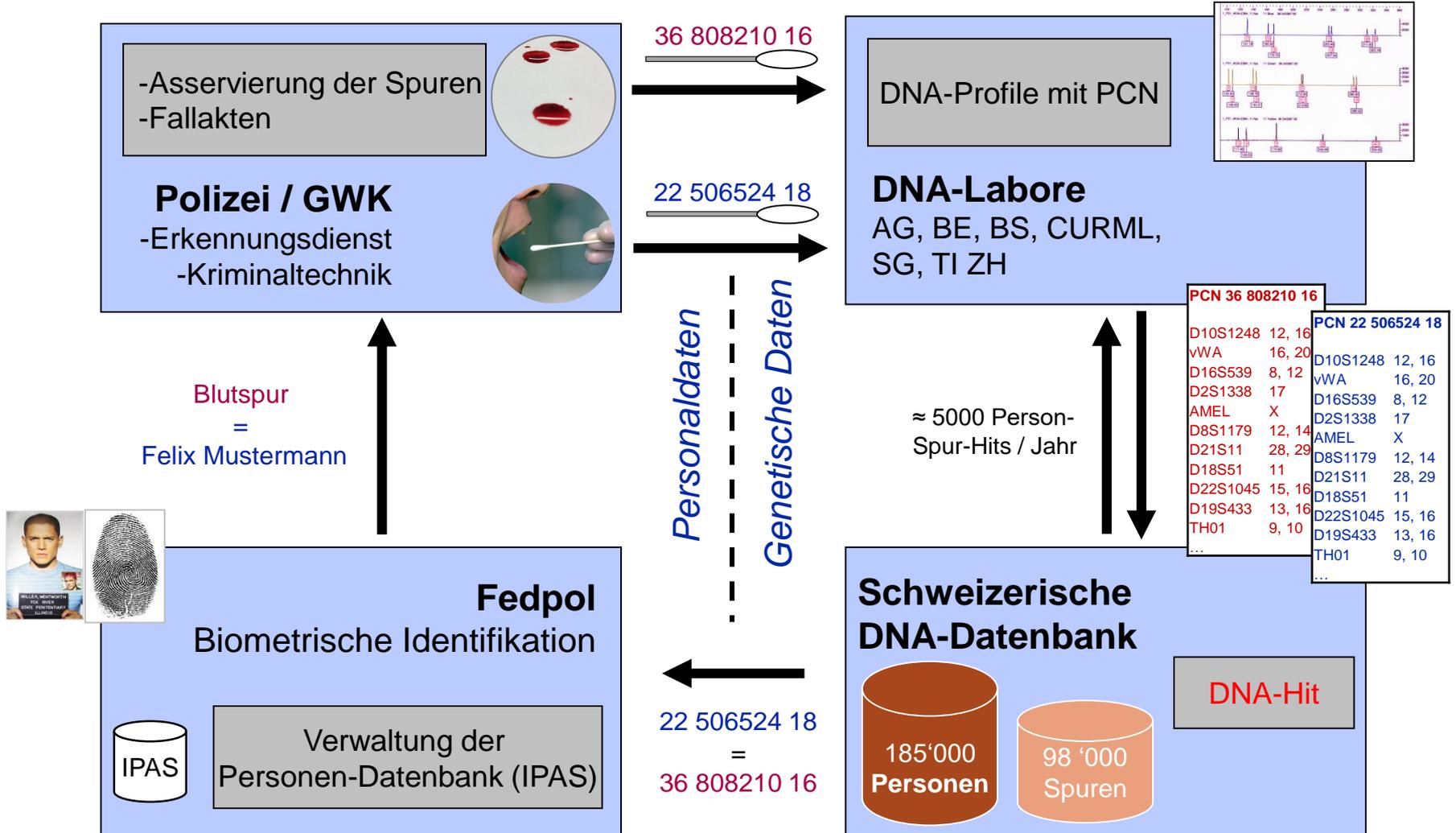


Identifikation



Erpressung

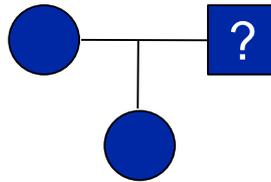
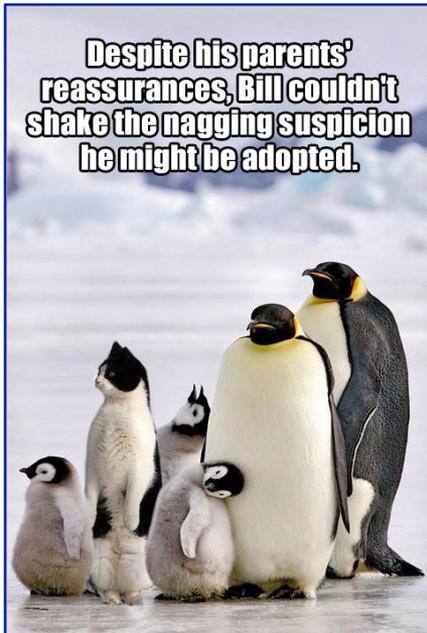
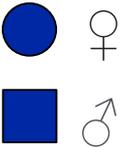




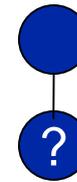


# **Abstammungs- untersuchungen**

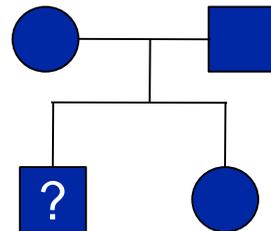
# Abstammungsuntersuchungen



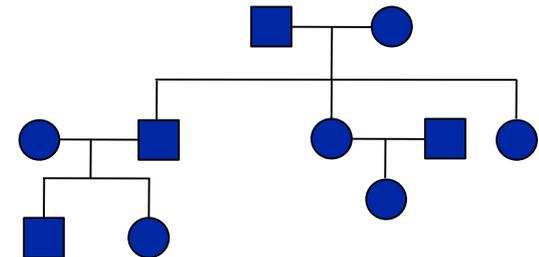
**Vaterschaften**  
Gerichtliche Aufträge,  
Privataufträge,  
Identifikationen



**Mutterschaften**  
Identifikationen,  
Migrationsfälle,  
Verwechslung Baby / Eizelle



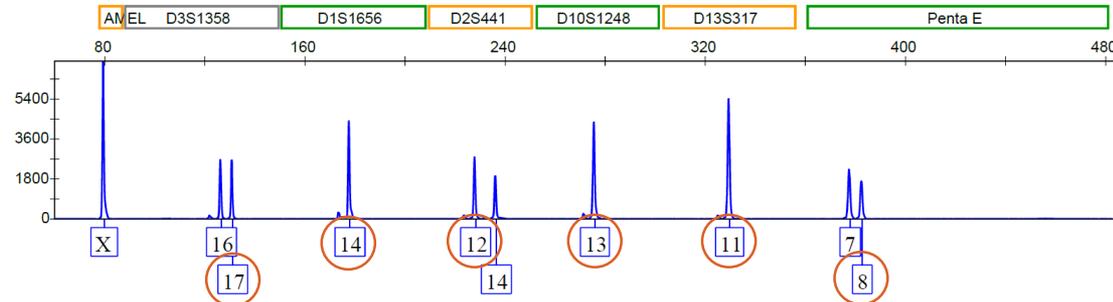
**Geschwisterschaften**  
Identifikationen,  
Privataufträge



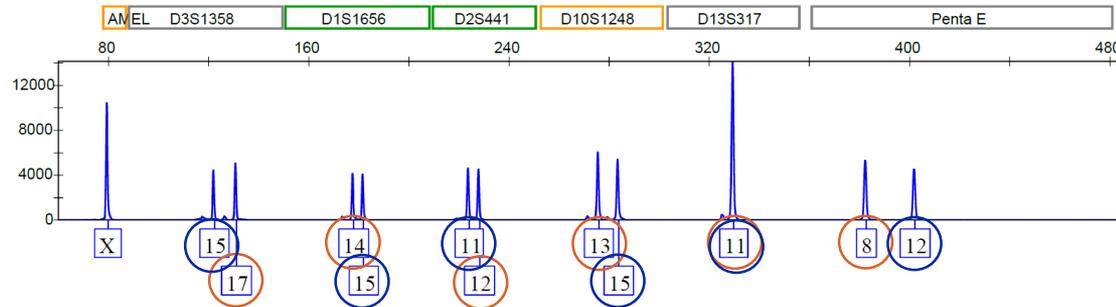
**Komplexere  
Verwandtschaftsverhältnisse**  
Div. Privataufträge, Identifikationen

# Vaterschaftsanalyse: Trio-Fall

Mutter



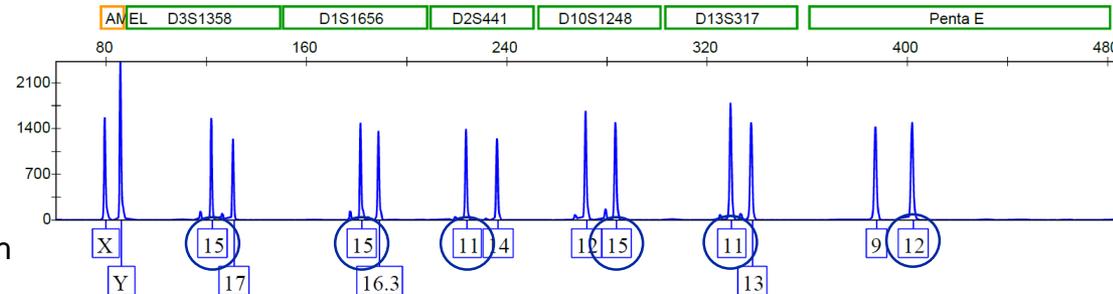
Kind



Vater?



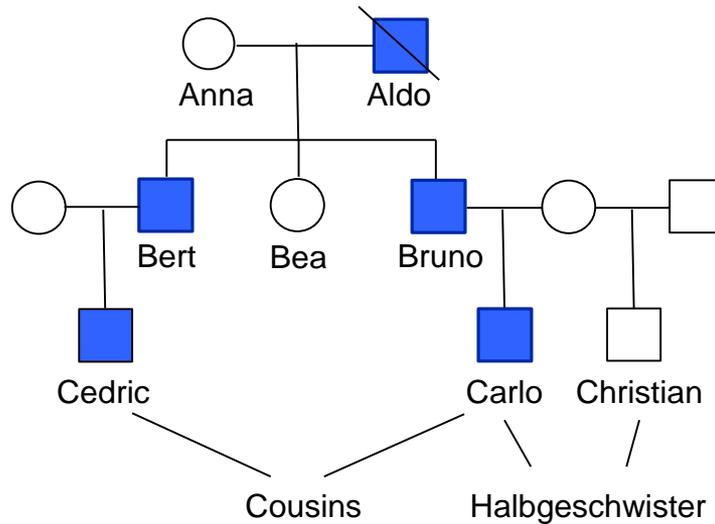
Wird biostatistisch  
berechnet



## Komplexere Abstammungsuntersuchungen

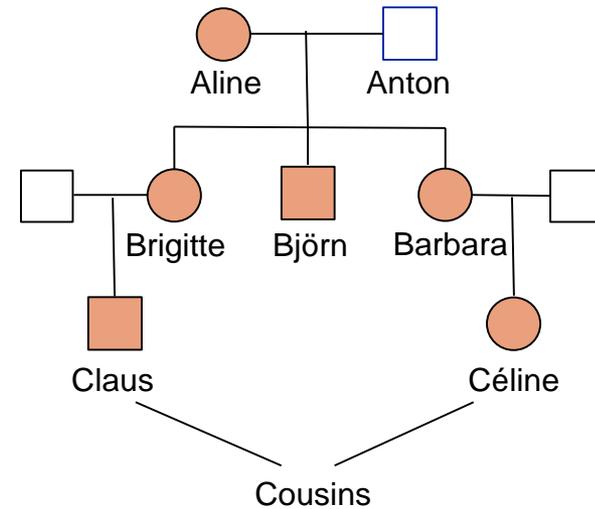
### Y-Chromosomale Marker

Das Y-Chromosom wird unverändert vom Vater an seine Söhne vererbt.



### mtDNA

Die mitochondriale DNA wird unverändert von der Mutter an alle Nachkommen vererbt.





# Erweiterte DNA-Analysen



# DNA-Phänotypisierung

Neue Zürcher Zeitung

## DNA-Spuren sollen der Polizei bald Hautfarbe und Herkunft verraten

Der Bund will das DNA-Profil-Gesetz verschärfen und der Polizei zu neuen Fahndungsmitteln verhelfen. Nach der Sommerpause kommt das Geschäft in den Bundesrat.

Daniel Gerry

0 Kommentare →

07.08.2019, 05.30 Uhr

Hören Merken Drucken Teilen



SCHWEIZ



Abstimmungen

Bundeshaus

Politbüro

Startseite | Schweiz | Gesetzesänderung vorgesehen – Mit DNA-Merkmalen auf Verbrecherjagd

**Abo** Gesetzesänderung vorgesehen

## Mit DNA-Merkmalen auf Verbrecherjagd

Wissenschaftler können Erbgut auf Merkmale wie Haar-, Haut- oder Augenfarbe hin analysieren. Der Bundesrat hat nun die Grundlage für ein Gesetz geschaffen, mit dem auch Ermittler in der Schweiz arbeiten dürfen.



Claudia Blumer

Aktualisiert: 04.12.2020, 14:45

14

## DNA-Phänotypisierung: Motion Vitali

**BZ** **Drei vorübergehende Festnahmen nach Vergewaltigung von Emmen**

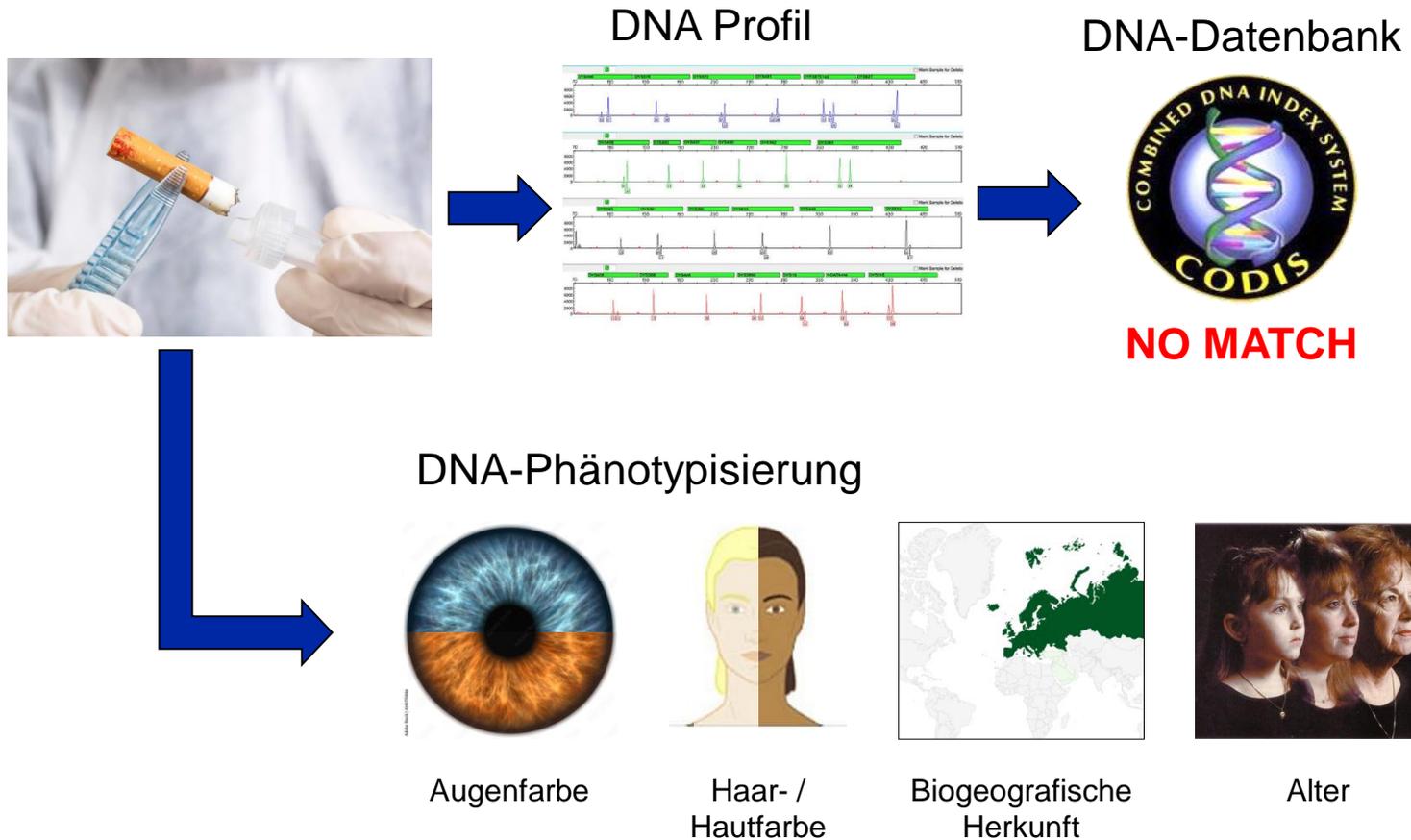
Die Polizei hat 600 Personen überprüft. Der Täter konnte aber auch nach dem Massen-DNA-Test nicht gefasst werden.

dia  
Aktualisiert: 21.12.2015, 11:56

The photograph shows a road sign on the side of a paved path. The sign is white with black text that reads 'Fahrten für den Unterha Dammweg'. Attached to the sign is a white police notice with black text. The notice is titled 'POLIZEIAUFRUF' and contains information about a mass DNA test for a sexual assault case in Emmen. The notice is dated 21.12.2015 and mentions that 600 people were tested, but the perpetrator was not identified.

- Juli 2015: 26-Jährige auf dem Dammweg in Emmen vom Velo gerissen und in nahem Waldstück vergewaltigt
- Frau erlitt bei dem Überfall schwerste Verletzungen. Arme und Beine nach der Tat gelähmt.
- DNA-Profil des mutmasslichen Täters am Opfer → **kein Hit in Datenbank**
- Knapp 10'000 Personendaten überprüft
- 371 Männer zu Massen-DNA-Test aufgebeten
- 1863 Handydaten detailliert ausgewertet
- 16.12.2015 **Motion Vitali**: Phänotypisierung soll bei schweren Verbrechen erlaubt werden
- 8.12.2021 Parlament einigt sich auf Gesetzesentwurf

# DNA-Phänotypisierung



## Phänotypische Merkmale: SNPs

Für Phänotypisierung werden **Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)** ausgewertet (Ausnahme: Alter).

- Mutation im kodierenden Bereich  
→ Einfluss auf Phänotyp



<http://atlasofscience.org/>

# Herkunftsbestimmung

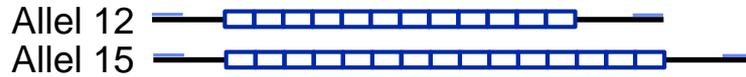
SNP chr2:21225281 C/T



T: 30%  
C: 70%

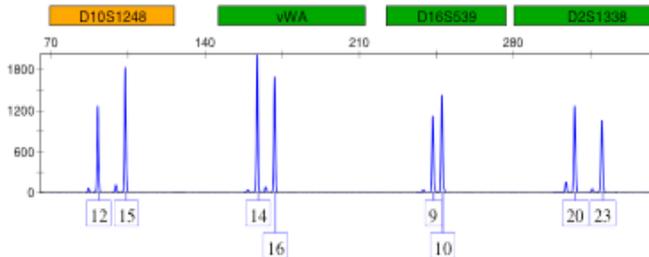
# Kapillarelektrophorese vs. NGS

## Kapillarelektrophorese



Multiplex-PCR  
(16-23 Marker) ↓

Kapillarelektrophorese ↓



Marker	Genotyp
AMEL	X, Y
D10S1248	12, 16
vWA	16, 20
D16S539	8, 12
D2S1338	17
D8S1179	12, 14
...	...

## Next-Generation Sequencing (NGS)



SNP (single nucleotide polymorphisms)

Multiplex-PCR  
(> 150 SNPs) ↓

Library Prep & Sequenzierung ↓

```

1 CCCCCTCTCTGGCTGCATAGAGGTTTTAATGAACAAGGGGATAACCGTCTCCCTCCTGCTGGCTC
2 GCACCACCACGCCCGGCTAATTTTGTATTTTTAGGAGAG
3
4 CTC
5 TTTTGTAGTTTCCCTCTCTTTATGTTTCCATGTCTTAAAGAAACAGATATTTATGAAAGAAAT
...
227837
CTGTGTTTAGGGTTTTTTCCTTTAGTGTGCCGTAGTAACATGCCCTTGGCTCC
    
```

100'000 – Millionen Reads (DNA-Sequenzen)

Marker	Genotyp
SNP1	AA
SNP2	AC
...	...
SNP150	CG



Herkunft: Indien

# Phänotypisierung: Beispiel

## Augenfarbe

6 SNPs



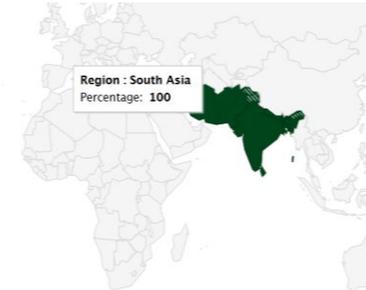
## Haar- / Hautfarbe

41 SNPs



## Biogeografische

Herkunft  
>150SNPs



Ermittlungstool  
Keine Identifizierung!

Augenfarbe	P-Value
Blau	0
Intermediär	0.01
Braun	<b>0.99</b>

Haarfarbe	P-Value
Blond	0
Rot	0
Braun	<b>0.44</b>
Schwarz	<b>0.56</b>

Hautfarbe	P-Value
Sehr hell	0
Hell	0.01
Intermediär	0.15
Dunkel	<b>0.6</b>
Dunkel bis schwarz	<b>0.24</b>

Region	%
Native America	0
East Asia	0
Oceania	0
Africa	0
Europe	0
South Asia	<b>100</b>
Southwest Asia	0

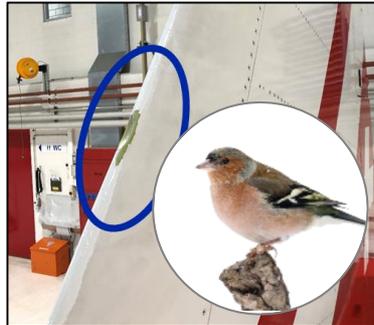
Die Person hat mit grösster Wahrscheinlichkeit eine braune Augenfarbe, eine schwarze natürliche Haarfarbe und eine dunkle bis schwarze Hautfarbe.

## Tierische Forensik

### Speziesidentifizierung DNA-Sequenzierung von mitochondrialer DNA



Buschfleisch



Tatortspuren

### Individuelle Identifizierung von Tieren Speziesspezifische STR-Analyse



Hunderiss eines Rehs

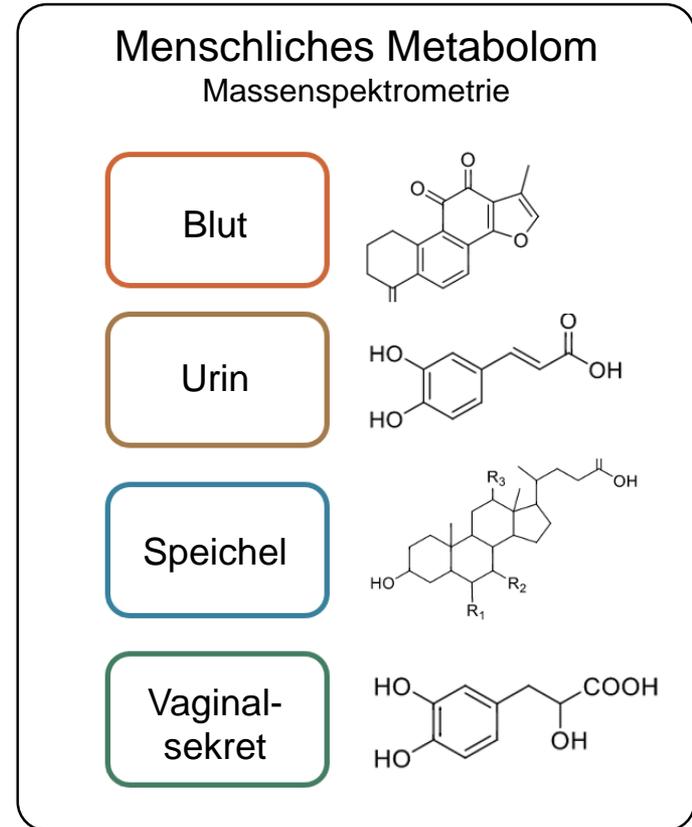
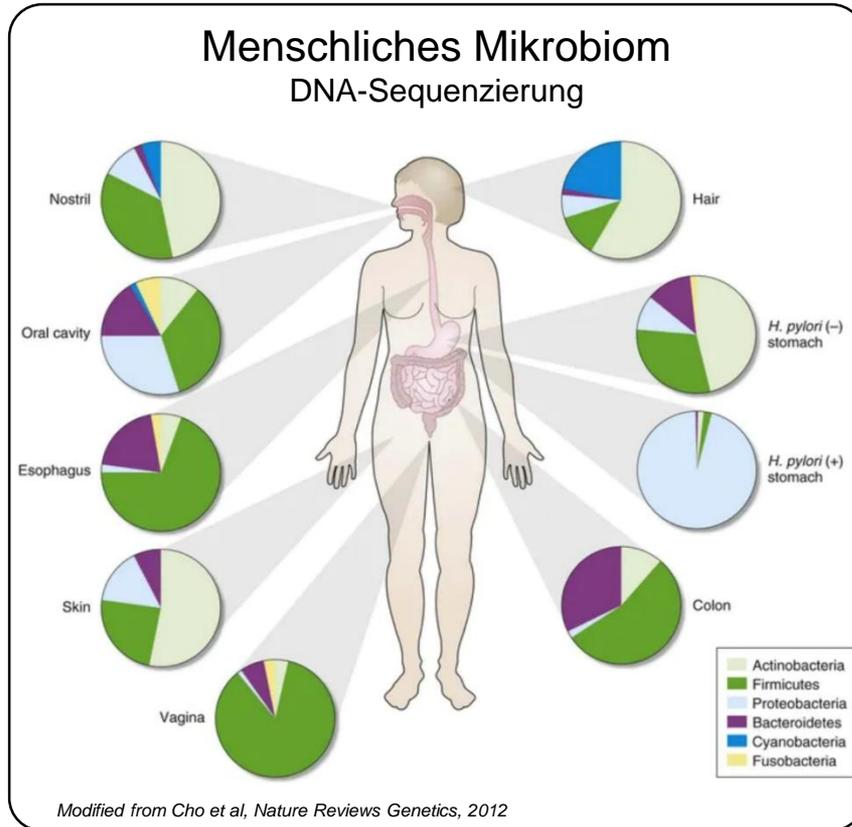


VS.



- Hunde
- Rehe
- Wildschweine

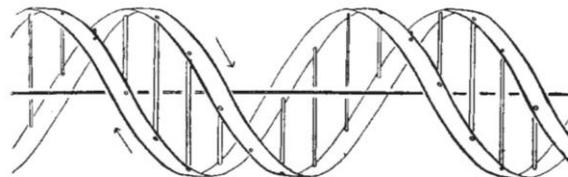
# Forschungsprojekt: Identifizierung von Körperflüssigkeiten





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Fragen?**



J. D. WATSON & F. H. C. CRICK