

# Medizinische Betrachtung des Hirntodes

Stefanie Förderreuther  
Neurologische Klinik  
Ludwig Maximilians Universität München



# Offenlegung potentieller Interessenskonflikte

Oberärztin, Klinikum der Universität München

Konsiliartätigkeit für die Deutsche Stiftung Organtransplantation

Referententätigkeit / Beratertätigkeit für Biogen Idec, Böhringer Ingelheim, Merck Sharp & Dome, Pharm Allergan (sämtlich ohne Bezug zur Thematik Hirntod oder Transplantationsmedizin).



# Hirntod Definition

Vollständiger und irreversible Ausfall  
der Gesamtfunktion von  
Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm.

*=> Endstadium von sehr schweren strukturellen  
Hirnschädigungen unter Intensivtherapie*

Wichtig für das Verständnis:

1. Klinische Diagnose
2. Nicht das gesamte Nervensystem fällt aus



# Pathophysiologie



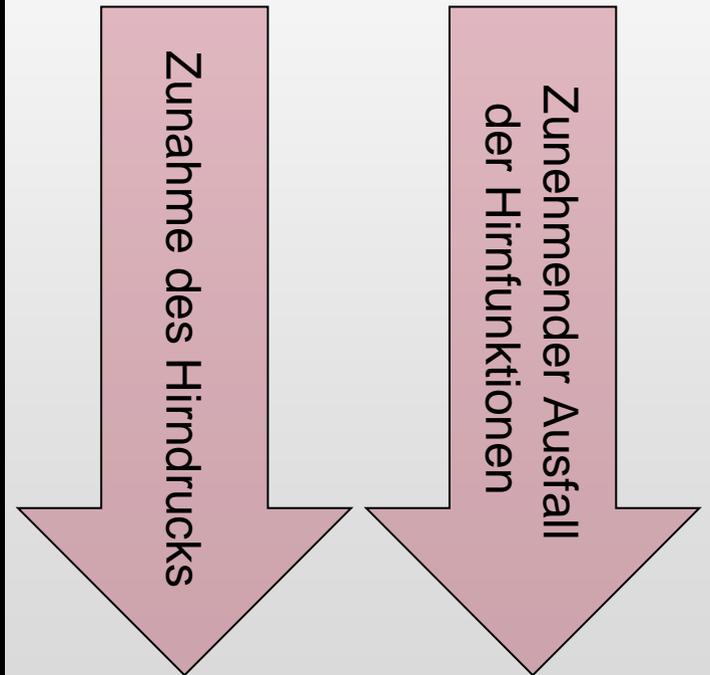
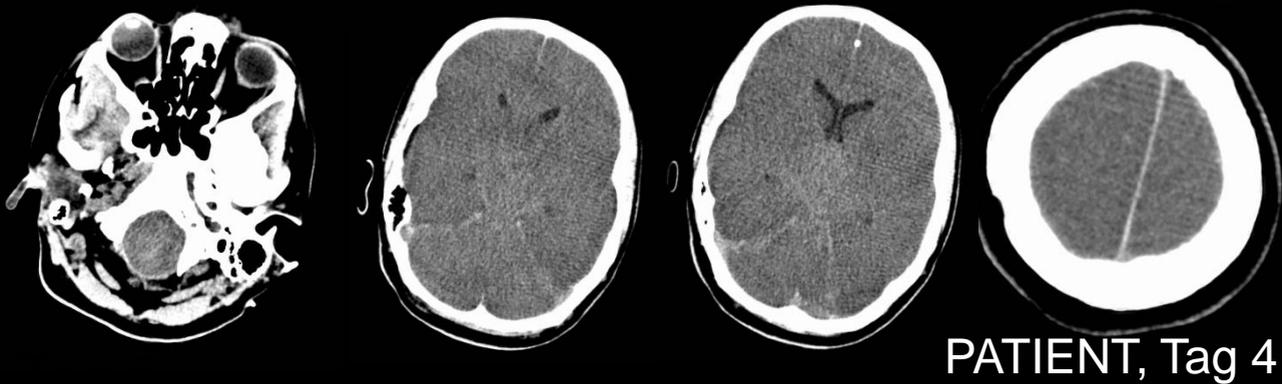
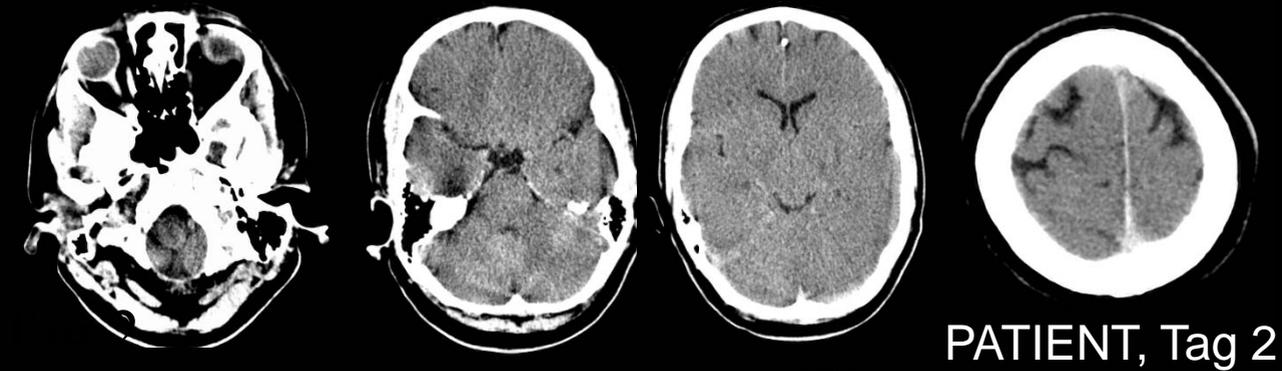
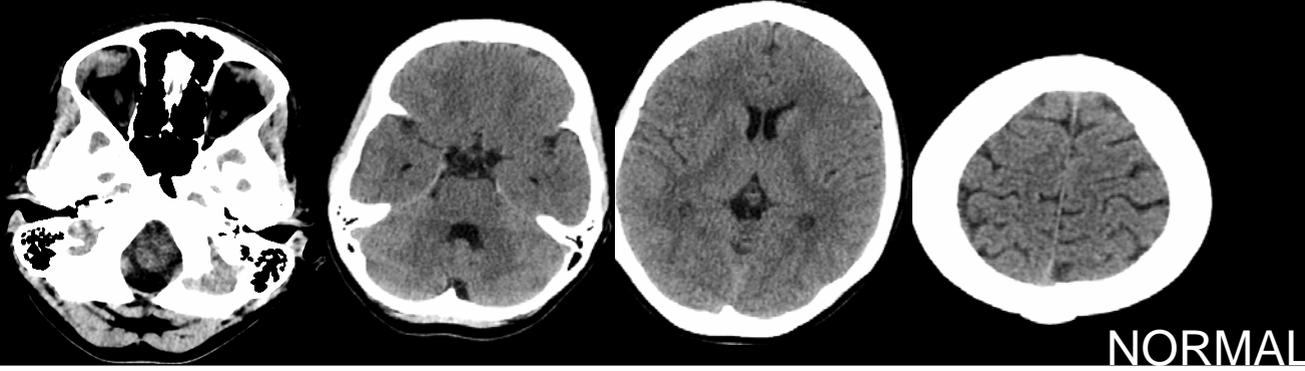
# Mechanismen der Hirnschädigung

- => Zelltod durch direkte Verletzung des Gewebes
- => Zelltod durch Minderdurchblutung



**Strukturelle = bleibende Schäden**

# Beispiel



Hirndruck > mittlerer Blutdruck



Sistieren der Hirndurchblutung

# Die verschiedenen Syndrome

	Bewusstes Erleben	Kommunikation	Hirnnervenreflexe	Tagesrhythmik	Basale Vitalfunktionen*
Koma	?	nein	(teilweise) erhalten	nein	meist <i>stark</i> beeinträchtigt
Wachkoma	?	nein	(teilweise) erhalten	ja	meist <i>wenig</i> beeinträchtigt
Minimally conscious	ja, gering	nein	(teilweise) erhalten	ja	meist <i>wenig</i> beeinträchtigt
Locked-in Syndrom	ja	ja	(teilweise) erhalten	ja	meist <i>wenig</i> beeinträchtigt
Hirntod	nein	nein	erloschen	nein	ausgefallen

\* Atemantrieb, Temperaturregulation, Regulation des Salz-/Wasserhaushaltes

# Die verschiedenen Syndrome

	Schädigungsort
Koma	diffuse Schädigung des Großhirns und / oder des Hirnstamm
Wachkoma	Vorwiegende Schädigung der Gehirnrinde
Minimally conscious	Vorwiegende Schädigung der Gehirnrinde
Locked-in Syndrom	Umschriebene, nicht vollständige Hirnstamm Schädigung
Hirntod	Schädigung von Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm

# Ablauf der Todesfeststellung

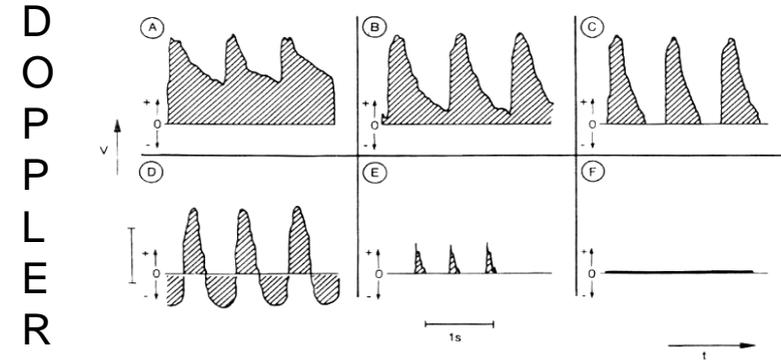
- 2 qualifizierte Ärzte
- Dokumentation auf vorgeschriebenen Protokollblatt
- Untersuchung nach standardisierten Kriterien
  - Überprüfung der Diagnose, Krankengeschichte
  - Ausschluss von Störfaktoren
  - Klinische Untersuchung des Patienten
  - Nachweis der Irreversibilität

# Nachweis der Irreversibilität

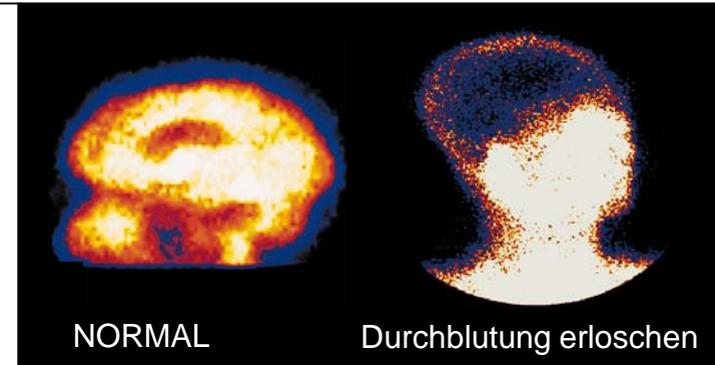
## Optionen:

⇒ Klinische Verlaufskontrolle  
(Beobachtungszeit abhängig von  
der Art der Hirnschädigung)

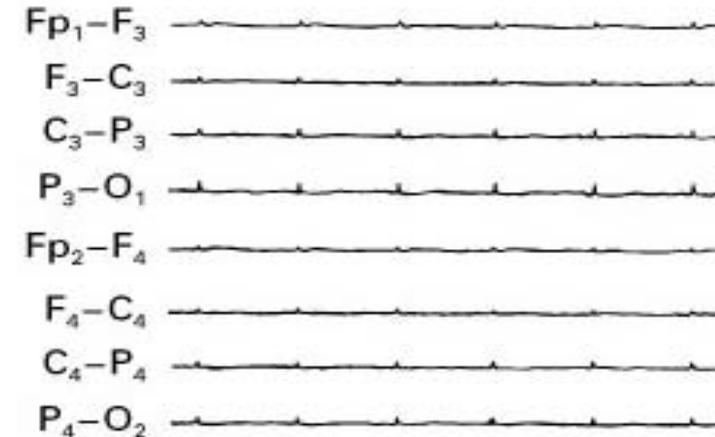
⇒ Zusätzlich apparative Tests  
(bei Kindern unter 3 Jahren und  
Schädigungen, die nicht primär  
das Großhirn betreffen, obligat)



S  
P  
E  
C  
T



E  
E  
G



Neue Aspekte?

# In der Diskussion: Untersuchbarkeit der Bewusstseinslage

**Hintergrund:** Hinweise auf klinisch nicht erkennbare Bewusstseinsinhalte bei einzelnen Wachkoma und MCS\* Patienten in der funktionellen Bildgebung

\*Minimally conscious state

## **Funktionelle Bildgebung:**

- Darstellung des Gehirnstoffwechsels in Abhängigkeit von definierten Aufgaben
- Messgröße: relative Änderung des O<sub>2</sub>- od. Glukoseverbrauchs
- Statistische Methode

# In der Diskussion: Untersuchbarkeit der Bewusstseinslage

- Wachkoma  $\neq$  Hirntod
- Gleichmäßige Durchblutung / Metabolismus erforderlich  
=> kein Metabolismus im Gehirn Hirntoter, reduzierter Metabolismus im Gehirn von Pat. im Wachkoma
- Methodik/Auswertung anspruchsvoll
- Falsch positive Messpunkte => statistische Auswertung
- Geringe Reproduzierbarkeit
- Vielzahl von Störgrößen
- Wissenschaftliche Methode, ungeeignet Befunde zu objektivieren

# Aktivierungsmuster im Gehirn bei Schmerzreizen (Glukose PET)

- Keine Aktivierung bei hirntotem Patienten nachweisbar.
- Veränderte Aktivierung der Schmerzverarbeitenden Strukturen bei Patienten im Wachkoma.

# Fazit

- Eine Verwechslung von Hirntod und Wachkoma ist schon klinisch nicht möglich
- Das Bewusstsein ist schwer zu beurteilen
- „Teilhirntod“ Kriterien sind daher abzulehnen
- Beim Hirntod ist aber die Gesamtfunktion des Gehirns irreversibel erloschen

# Evidence-based guideline update: Determining brain death in adults

Report of the Quality Standards Subcommittee of the American  
Academy of Neurology

*Neurology*® 2010;74:1911-1918

Analyse der Literatur von Jan. 1996 –Mai 2009

Kernaussage 1:

Viele Schritte im Untersuchungsalgorithmus sind  
„nur“ empirisch gesichert

Kernaussage 2:

Bei korrekter Durchführung der Hirntod-Feststellung  
keine Fehldiagnosen

Einwand	Stellungnahme
Konstrukt der Transplantationsmedizin	Historisch falsch
Gehirn $\neq$ zentrales Integrationsorgan des Organismus	Lebender Organismus ist mehr als die Summe seiner Organe
Erhalt der Rückenmark-Funktion	Als Kriterium für das Leben eines individuellen Organismus nicht geeignet
Aufrechterhaltung einer Schwangerschaft	Hormonelle Steuerung erfolgt über die Gebärmutter
Der äußere Anschein	Kein wissenschaftliches Kriterium
Hirnfunktionen klinisch nicht in Gänze erfassbar	Klinische Erfahrung pathologisch-anatomisches Korrelat
Angst vor Fehldiagnosen	Sichere, standardisierte Diagnostik
Andere Überzeugung (weltanschaulich, religiös, philosophisch ...)	Naturwissenschaftlich nicht zu entkräften

# Anmerkung aus ärztlicher Sicht:

1. Todesfeststellung ist praktische Aufgabe des Arztes
2. Todesfeststellung  $\neq$  Todesdefinition
3. Für die Praxis sind klar definierte, valide Kriterien unerlässlich
4. Hirntod als Todeskriterium geeignet
5. Hirntod bedeutet diagnostische Sicherheit, nicht Prognose

Verschmelzung von Ei u. Spermium  
=  
Festlegung der genetischen  
Information

Tod der letzten Zelle  
=  
Verlust der genetischen  
Information

Erster  
Herzschlag

Geburt

Irreversibler Ausfall von

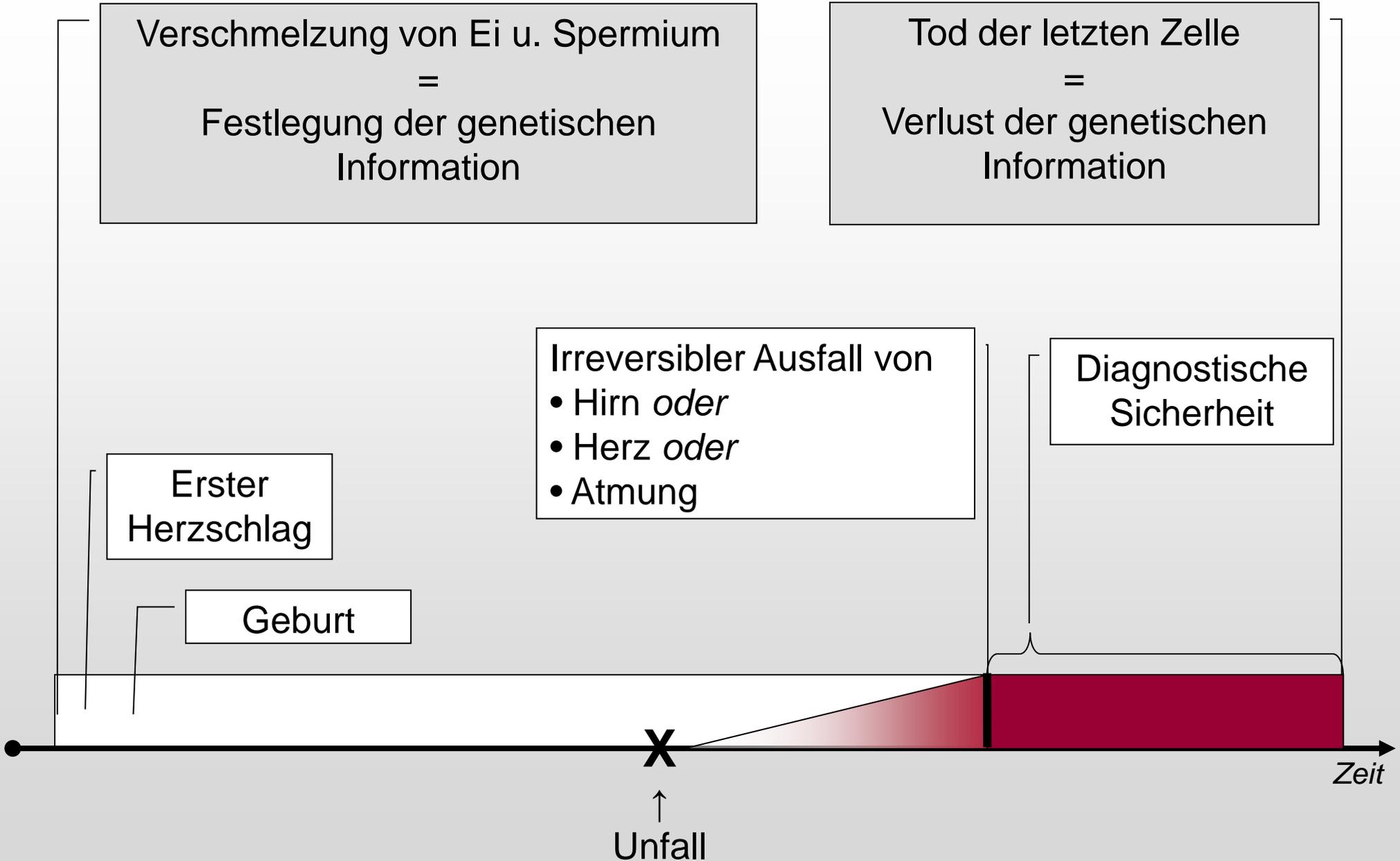
- Hirn *oder*
- Herz *oder*
- Atmung

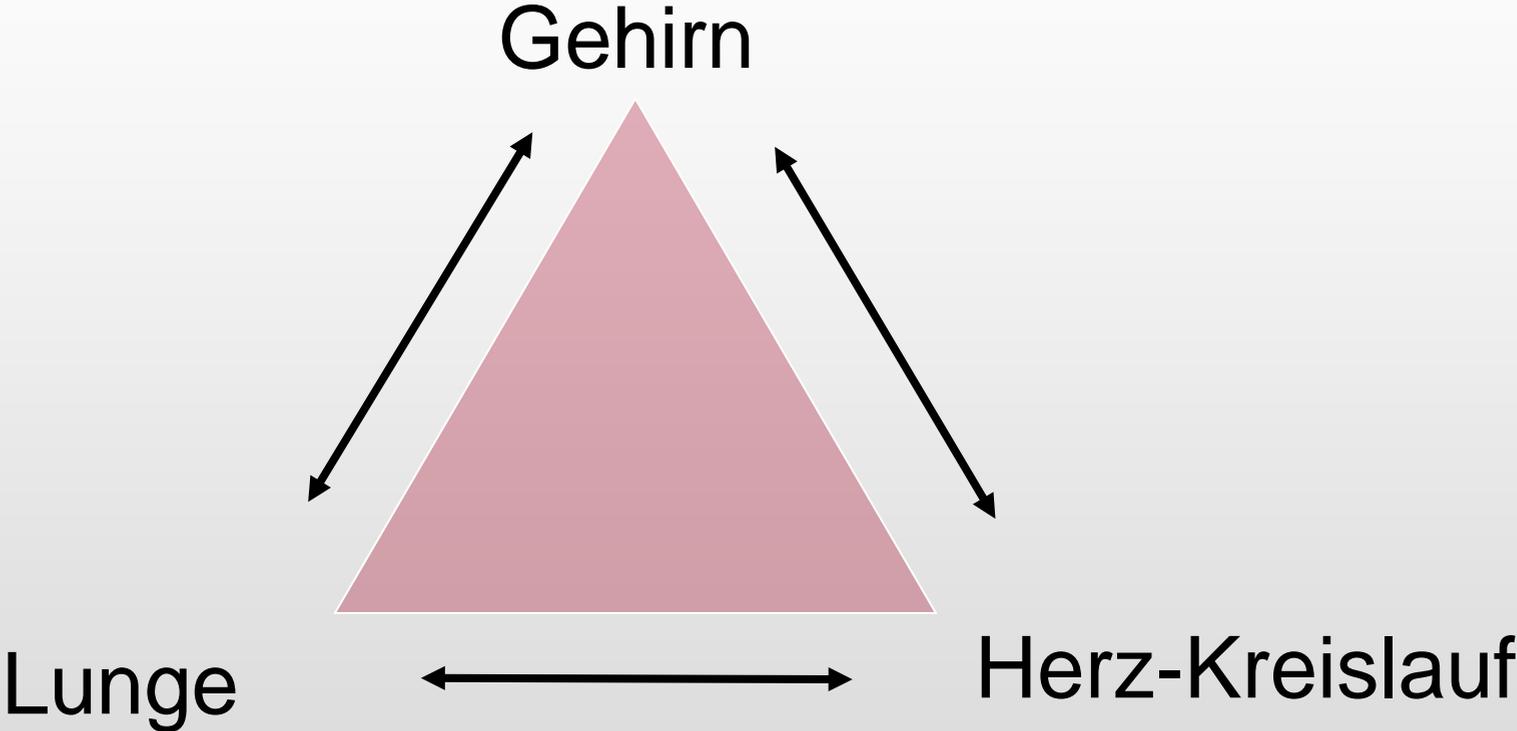
Diagnostische  
Sicherheit

**X**

↑  
Unfall

Zeit





# Zusammenfassend

- Der Todeszeitpunkt ist wissenschaftlich praktisch nicht zu bestimmen
- Für die Todesfeststellung wurden daher seit jeher Kriterien definiert
- Der Hirntod ist ein besonders gutes Kriterium
  - Klinisch eindeutig zu untersuchen
  - Bestätigende elektrophysiologische Korrelate
  - Bestätigende Korrelate aus den Perfusionstests
  - Neuropathologisches Korrelat
  - Das Gehirn kann nicht ersetzt werden
- Ohne Gehirn ist der Mensch als körperlich geistige Einheit nicht mehr existent