

# Epidemiologie und Pathophysiologie der arteriellen Hypertonie

Prof. Dr. med. Hans-Michael Steffen  
 Universität zu Köln, Medizinische Fakultät und Uniklinik Köln

1

## Sterbefälle nach den 10 häufigsten Todesursachen 2021

2

Todesursache	Anzahl Todesfälle	Anteil an Gesamtzahl der Todesfälle (%)
<b>Chronische ischämische Herzkrankheit</b>	<b>74.485</b>	<b>7,3</b>
➤ COVID 19	71.371	7,0
<b>Nicht näher bezeichnete Demenz</b>	<b>45.827</b>	<b>4,5</b>
<b>Akuter Myokardinfarkt</b>	<b>45.181</b>	<b>4,4</b>
Bösartige Neubildung der Bronchien/Lunge	44.601	4,3
<b>Herzinsuffizienz</b>	<b>35.131</b>	<b>3,4</b>
Sonstige chron. obstruktive Lungenkrankheit	28.341	2,8
Sonstige nicht näher bezeichnete Todesursachen	25.374	2,5
<b>Hypertensive Herzkrankheit</b>	<b>23.363</b>	<b>2,3</b>
<b>Vorhofflattern und Vorhofflimmern</b>	<b>21.719</b>	<b>2,1</b>

2

## Sterbefälle nach den 10 häufigsten Todesursachen 2022

3

Todesursache	Anzahl Todesfälle	Anteil an Gesamtzahl der Todesfälle (%)
<b>Chronische ischämische Herzkrankheit</b>	<b>77.773</b>	<b>7,3</b>
<b>Nicht näher bezeichnete Demenz</b>	<b>53.323</b>	<b>5,0</b>
➤ COVID 19	52.358	4,9
<b>Akuter Myokardinfarkt</b>	<b>46.608</b>	<b>4,4</b>
Bösartige Neubildung der Bronchien/Lunge	45.209	4,2
<b>Herzinsuffizienz</b>	<b>37.570</b>	<b>3,5</b>
Sonstige chron. obstruktive Lungenkrankheit	32.305	3,0
Sonstige nicht näher bezeichnete Todesursachen	27.439	2,6
<b>Hypertensive Herzkrankheit</b>	<b>25.267</b>	<b>2,4</b>
<b>Vorhofflattern und Vorhofflimmern</b>	<b>23.799</b>	<b>2,2</b>

2023 www.gbe-bund.de

www.hochdruckliga.de/akademie

3

## Sterbefälle nach den 10 häufigsten Todesursachen 2023

4

Todesursache	Anzahl Todesfälle	Anteil an Gesamtzahl der Todesfälle (%)
<b>Chronische ischämische Herzkrankheit</b>	<b>74.415</b>	<b>7,2</b>
<b>Nicht näher bezeichnete Demenz</b>	<b>53.710</b>	<b>5,2</b>
Bösartige Neubildung der Bronchien/Lunge	44.933	4,4
<b>Akuter Myokardinfarkt</b>	<b>43.839</b>	<b>4,3</b>
<b>Herzinsuffizienz</b>	<b>37.645</b>	<b>3,7</b>
Sonstige chron. obstruktive Lungenkrankheit	33.688	3,3
➤ COVID 19	25.770	2,5
<b>Hypertensive Herzkrankheit</b>	<b>24.207</b>	<b>2,4</b>
<b>Vorhofflattern und Vorhofflimmern</b>	<b>23.469</b>	<b>2,3</b>
Sonstige nicht näher bezeichnete Todesursachen	22.900	2,2

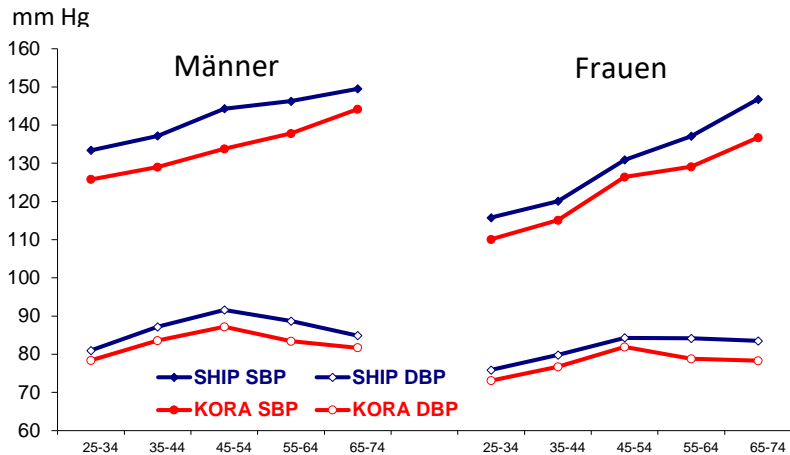
2024 www.gbe-bund.de

www.hochdruckliga.de/akademie

4

## Altersabhängige Entwicklung des Blutdrucks

5



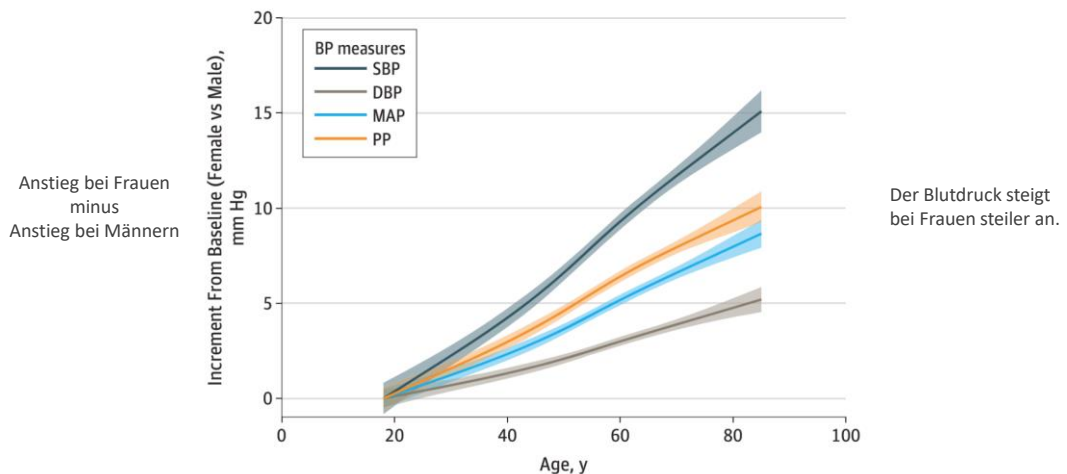
Meisinger C et al., J Hypertens 2006;24: 293

www.hochdruckliga.de/akademie

5

## Geschlechterunterschied im altersabhängigen Blutdruckanstieg

6



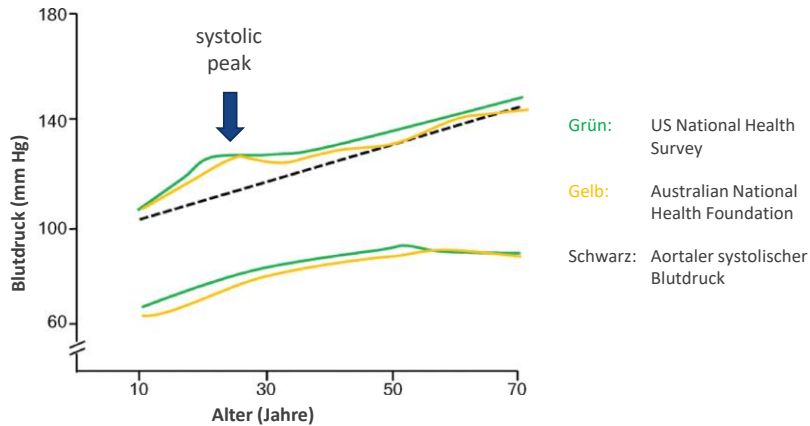
Ji H et al., JAMA Cardiol 2020; 5: 19

www.hochdruckliga.de/akademie

6

## Anstieg des peripheren Blutdrucks nicht linear – ISH der Jungen

7



O'Rourke MF et al., J Hypertens 2013; 31: 649

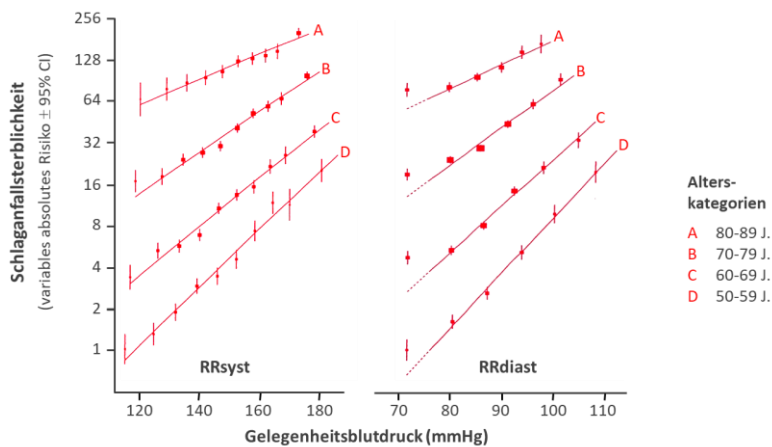
www.hochdruckliga.de/akademie

7

## Arterieller Blutdruck und Schlaganfallsterblichkeit

8

n=958.074 Patienten in 61 prospektiven Observationsstudien  
 mit 12,7 Millionen Patientenjahren



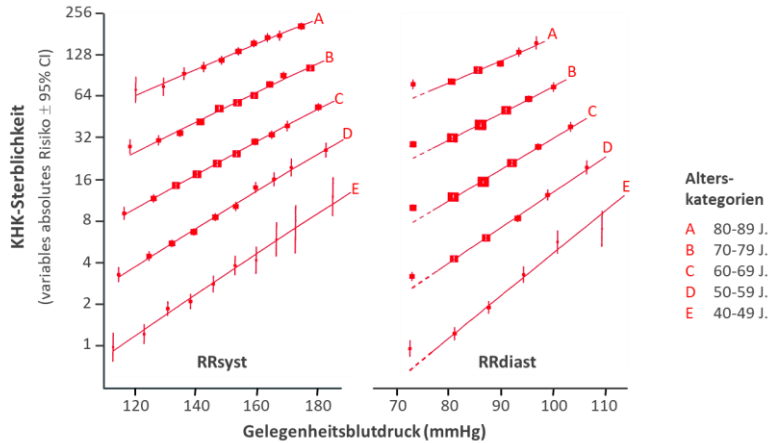
Prospective Studies Collaboration, Lancet 2002; 360: 1903

www.hochdruckliga.de/akademie

8

## Arterieller Blutdruck und KHK-Sterblichkeit

n=958.074 Patienten in 61 prospektiven Observationsstudien mit 12,7 Millionen Patientenjahren

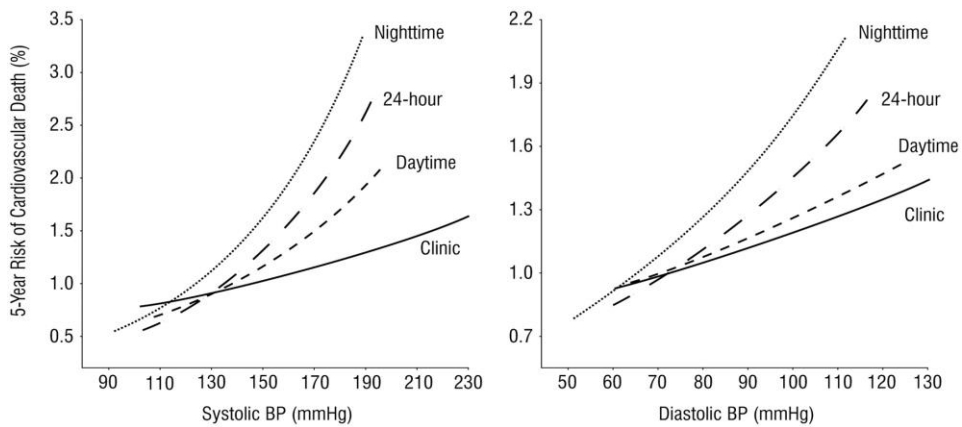


Prospective Studies Collaboration, Lancet 2002;360:1903

www.hochdruckliga.de/akademie

**Dublin Outcome Study**

## 5-Jahres-Risiko für den kardiovaskulären Tod je nach Blutdruckmessung (n=5.292)

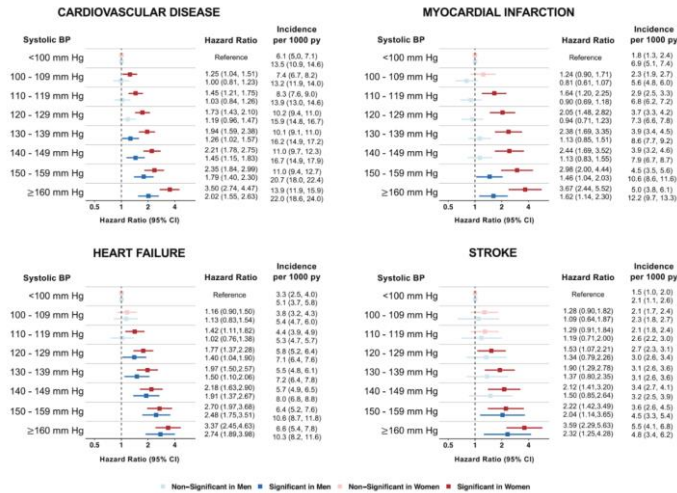


Dolan E et al., Hypertension 2005;46:156

www.hochdruckliga.de/akademie

# Risiko für kardiovaskuläre Erkrankung, Herzinfarkt, Herzinsuffizienz und Schlaganfall bei Frauen bereits ab niedrigeren Blutdruckwerten

11



Ji H et al., Circulation 2021;143:761

www.hochdruckliga.de/akademie

11

# Klassifikation der arteriellen Hypertonie ESH/ESC 2013 – ESH2023 – ESC 2024 – ISH2020 – AHA/ACC 2017

12

ESH/ESC 2013 ESH 2023	ESC 2024	syst. mmHg	diast. mmHg	ISH 2020	syst. mmHg	diast. mmHg	AHA/ACC 2017
	non-elevated	<120	<70	normal			
optimal	elevated	<120	<80				normal
normal		120-129	80-84		120-129	<80	elevated
hoch-normal		130-139	85-89	high normal	130-139	80-89	HT stage 1
Grad 1	hypertension	140-159	90-99	HT stage 1			HT stage 2
Grad 2		160-179	100-109	HT stage 2			
Grad 3		≥180	≥110				
isol. syst. HT	idem	≥140	<90	idem			≥130/<80

Mancia G et al., J Hypertens 2013; 31: 1281  
 Mancia G et al., J Hypertens 2023, 41: 1874

McEvoy JW et al., Eur Heart J 2024;45: 3912

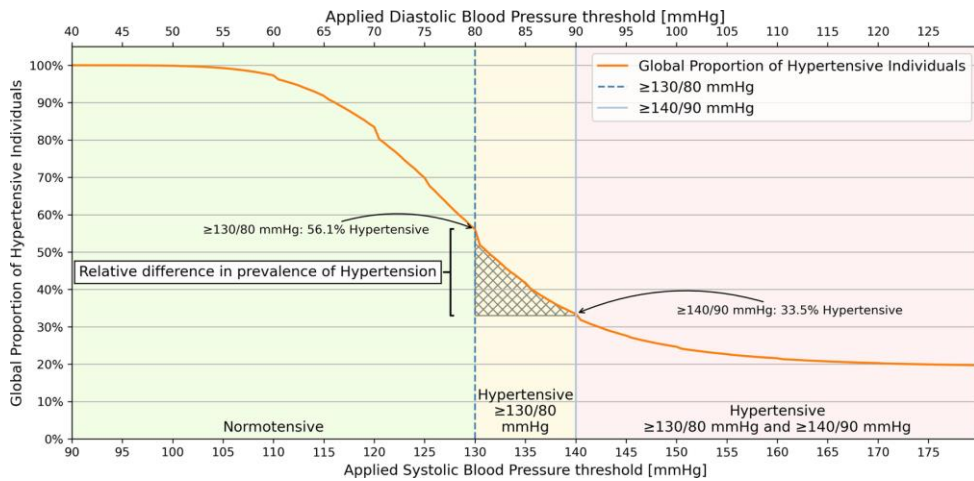
Unger T et al., J Hypertens 2020; 38: 982  
 Whelton PK et al., Hypertension. 2018; 71: 1269

www.hochdruckliga.de/akademie

12

## Weltweite Prävalenz der Hypertonie je nach Grenzwert – May Measurement Month Initiative 2017–2019 (n=4,02 Mio)

13



Nolde JM et al., Hypertension 2022;79: 1509

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

13

## MONICA/KORA Studie

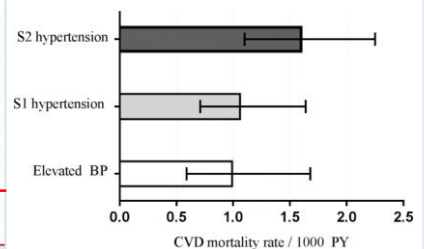
## Hypertonie Definition und CV Tod

14

**Table 1** Baseline characteristics of CVD risk factors grouped by BP categories of the 2017 ACC/AHA Guideline in adults between 25 and 74 years old (N = 11 603)

	Normal BP ≤120/80	Elevated BP 120-129/<80	Stage 1 hypertension 129-139/80-89	Stage 2 hypertension ≥140/≥90	P-value
Total, n (%)	2857 (24.62)	1429 (12.32)	3403 (29.33)	3914 (33.73)	<0.0001
Age (years), mean (SD)	47.25 (±13.3)	41.18 (±11.7)	45.12 (±13.8)	46.44 (±12.8)	<0.0001
Men	5982 (51.6)	872 (30.5)	758 (53.0)	1919 (56.4)	<0.0001
Women	5621 (48.4)	1985 (69.5)	671 (50.0)	1484 (43.6)	<0.0001
Smoking	2807 (24.2)	747 (26.2)	389 (27.2)	826 (24.3)	<0.0001
Hyperchole <sup>a</sup>	4687 (40.4)	775 (27.1)	478 (33.5)	1364 (40.1)	<0.0001
Obesity <sup>b</sup>	2123 (18.3)	216 (7.6)	160 (11.2)	605 (17.8)	<0.0001
Physical inactivity	6698 (57.8)	1509 (52.8)	775 (54.2)	1911 (56.2)	<0.0001
Type 2 diabetes	422 (3.6)	26 (0.91)	38 (2.7)	113 (3.3)	<0.0001
Depressed mood	4251 (36.6)	1125 (39.4)	520 (36.4)	1201 (35.3)	0.01
High CVD risk <sup>c</sup>	1616 (13.9)	210 (6.9)	118 (9.5)	460 (13.5)	<0.0001
History of CVD <sup>d</sup>	961 (8.3)	151 (5.3)	108 (7.6)	238 (7.0)	<0.0001
Antihypertensive Medication	1535 (13.2)	130 (4.6)	123 (8.6)	339 (10.0)	<0.0001

<sup>a</sup>Hypercholesterolaemia: total cholesterol >240 mg/dL.  
<sup>b</sup>Obesity: BMI ≥30 kg/m<sup>2</sup>.  
<sup>c</sup>High CVD risk: three or more CVD risk factors present.  
<sup>d</sup>History of CVD: presents prevalent myocardial infarction, heart failure, angina, or stroke.



Höhere Prävalenz depressiver Verstimmung bei behandelten S2-Patienten (47 % vs. 33 %) – möglicher Hinweis auf einen Etikettierungseffekt

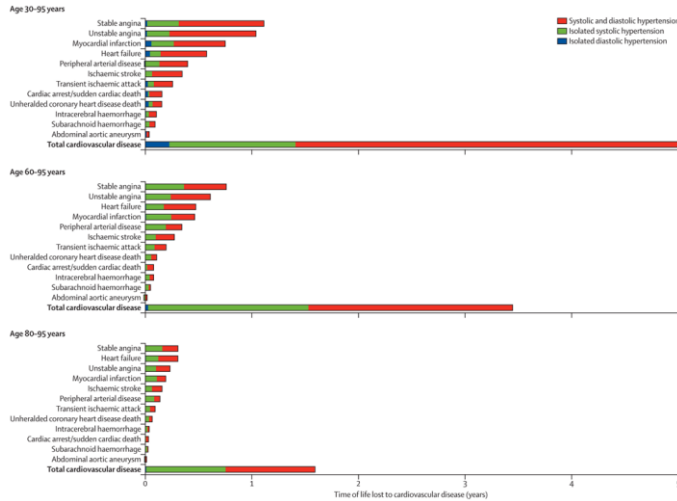
Atasoy S et al., Eur Heart J 2019; 40: 732

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

14

## Verlorene Lebensjahre je nach Eintrittsalter nach dem 30. Lebensjahr bei 1,25 Mio. Patienten

15



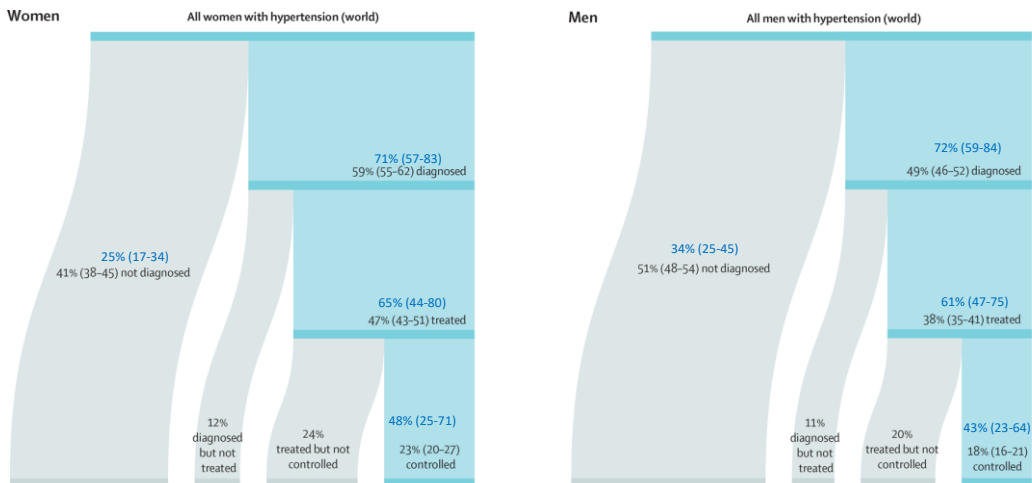
Rapsomaniki E et al., Lancet 2014; 383: 1899

www.hochdruckliga.de/akademie

15

## Hypertonie bei Frauen und Männern im Alter von 30-79a Diagnose- und Behandlungskaskade weltweit und BRD

16



NCD Risk Factor Collaboration, Lancet 2021; 398: 957

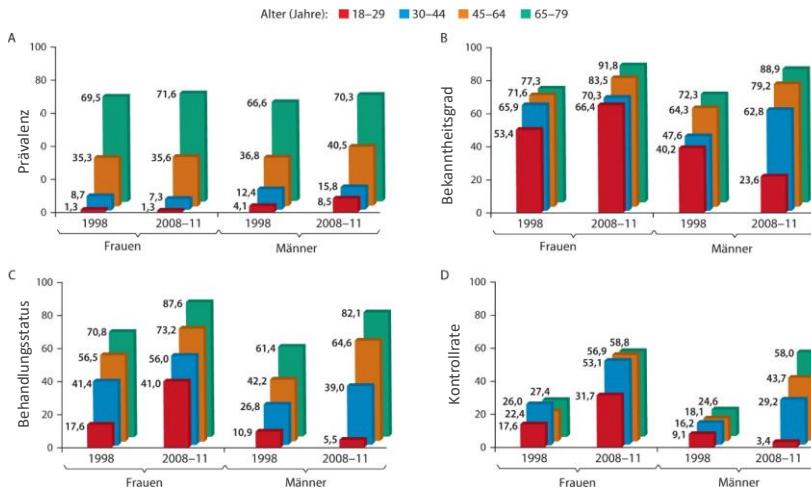
www.hochdruckliga.de/akademie

16



## Hypertonie in Deutschland 1998 (n=7.108) und 2008-11 (n=7.095)

17



Neuhauser HK et al., J Hum Hypertens 2015; 29: 247 und Steffen HM, MMW Fortschr Med 2016; 158: 63

www.hochdruckliga.de/akademie

17

## Systemische Hämodynamik bei primärer Hypertonie

18

$$\text{Blutfluß (HZV)} = \frac{\text{Arterieller Blutdruck}}{\text{Gefäßwiderstand}} \quad \text{Normotonie}$$

**A. Chronisch (normalgewichtige Patienten)**

$$\text{Blutfluß (HZV)} \leftrightarrow = \frac{\text{Arterieller Blutdruck} \uparrow}{\text{Gefäßwiderstand} \uparrow} \quad \text{Hypertonie}$$

**B. Frühstadium, jüngere Patienten oder adipöse Patienten**

$$\text{Blutfluß (HZV)} \uparrow = \frac{\text{Arterieller Blutdruck} \uparrow}{\text{Gefäßwiderstand} \leftrightarrow} \quad \text{Hypertonie}$$

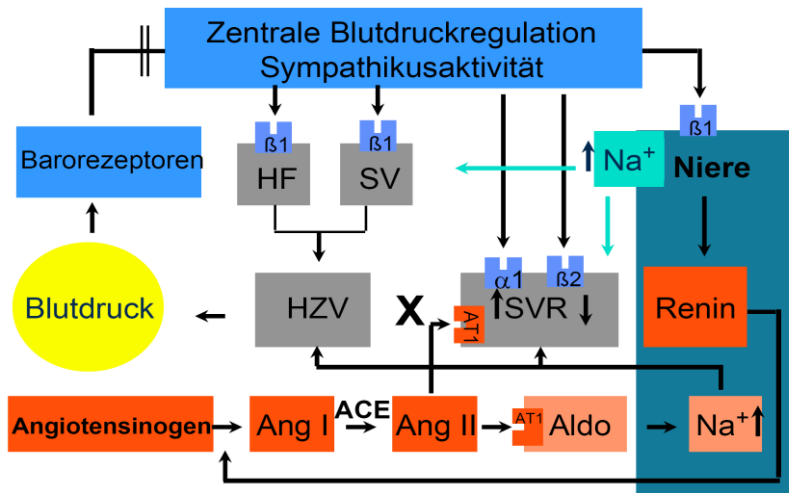
Kreutz R et al., Arterielle Hypertonie; in: Gerok/Huber/Meinertz/Zeidler, Die Innere Medizin, Schattauer Verlag

www.hochdruckliga.de/akademie

18

## Neurohumorale Blutdruckregulation

19



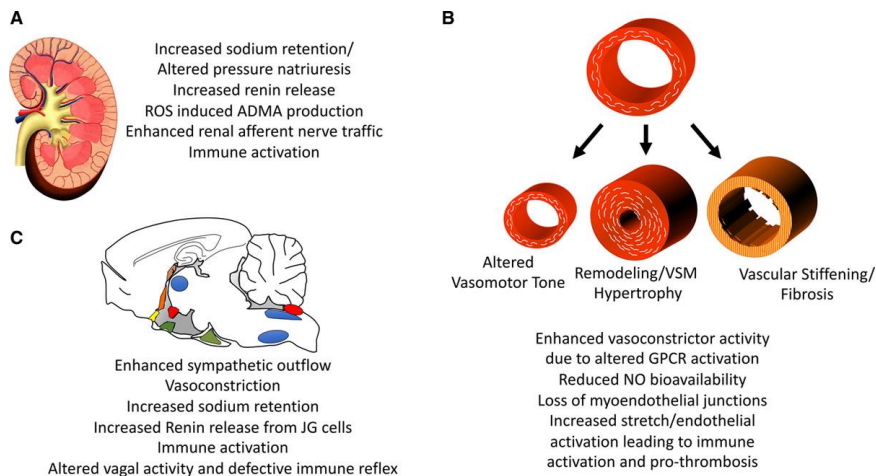
Kreutz R et al., Arterielle Hypertonie; in: Gerok/Huber/Meinertz/Zeldler, Die Innere Medizin, Schattauer Verlag

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

19

## Störungen an Niere, Gefäßsystem und ZNS tragen zur Pathophysiologie der Hypertonie bei

20

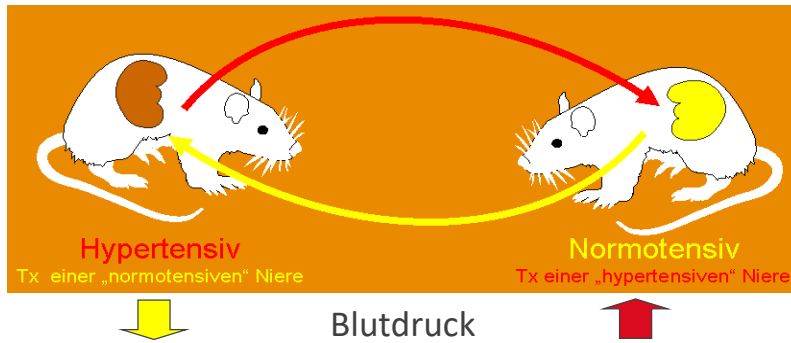


Harrison DG et al., Circ Res 2021;128: 874

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

20

## „Blutdruck geht mit der Niere“

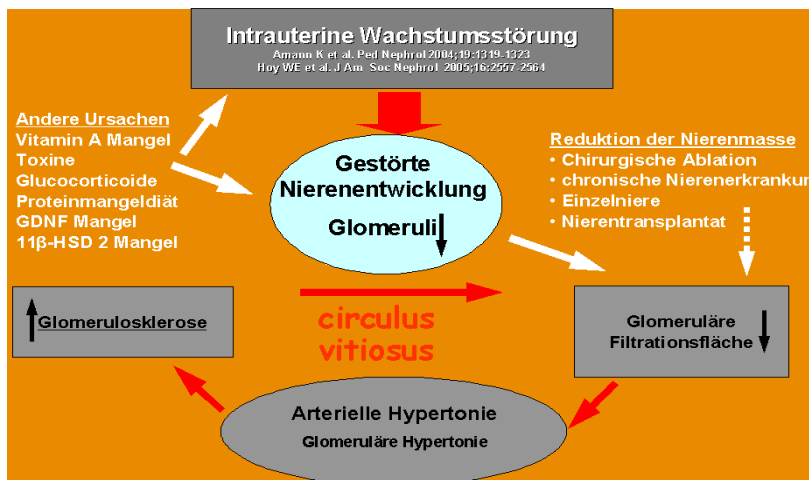


Der Blutdruck verändert sich im Rattenmodell durch Transplantation (Tx) einer Niere konkordant zum Blutdruck des Spendertieres. (Kopf D et al., Am J Physiol 1993; 265: F104; Grisk O et al., J Hypertens 2002; 20: 131)

Patienten ohne positive Familienanamnese für Hypertonie benötigen nach Nieren-Tx eine intensivere Behandlung mit mehr Antihypertensiva falls sie eine Niere eines Spenders mit familiärer Hypertonie erhalten. (Guidi E et al., J Am Soc Nephrol 1996; 7: 1131)

21

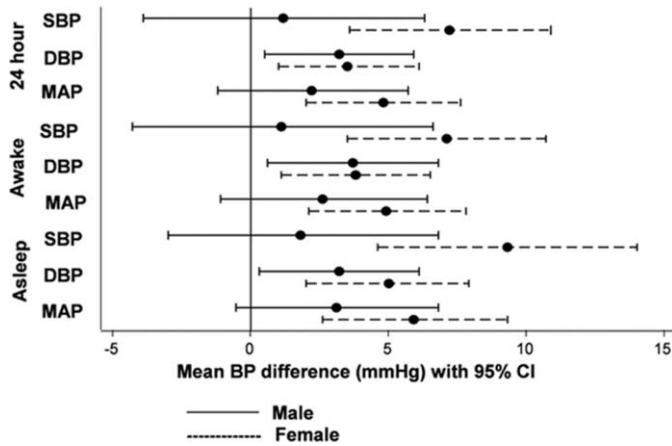
## Nephronmangel-Hypothese



22

### ABDM-Differenzen im Alter von 25 Jahren Geburt < 28. Wo oder < 1.000 g (n=151) vs. > 2.499 g (n=119)

23



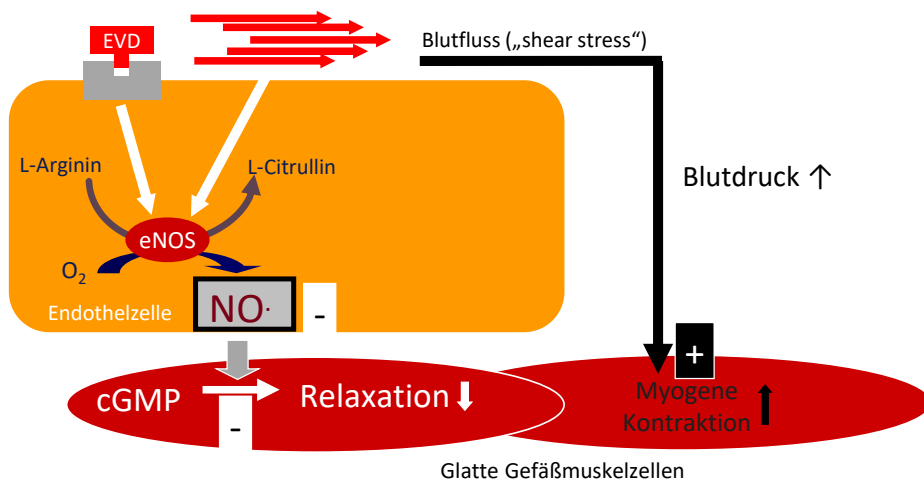
Haikerwal A et al., Hypertension 2020;75: 211

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

23

### Veränderungen der arteriellen Gefäßregulation bei Hypertonie

24



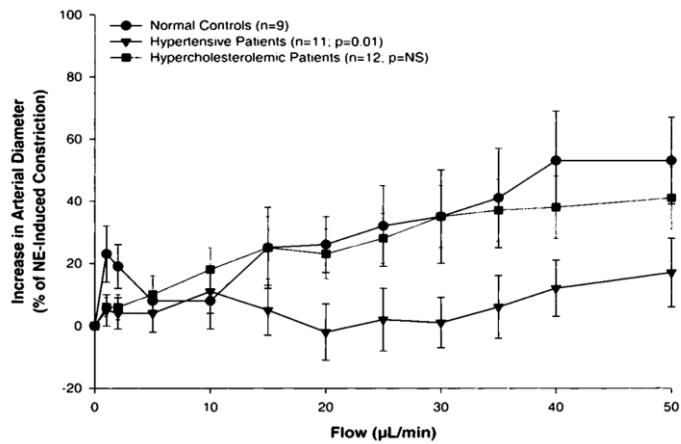
nach R. Kreutz

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

24

## Reduzierte flussabhängige Dilatation kleiner Arterien bei arterieller Hypertonie (Endotheliale Dysfunktion)

25

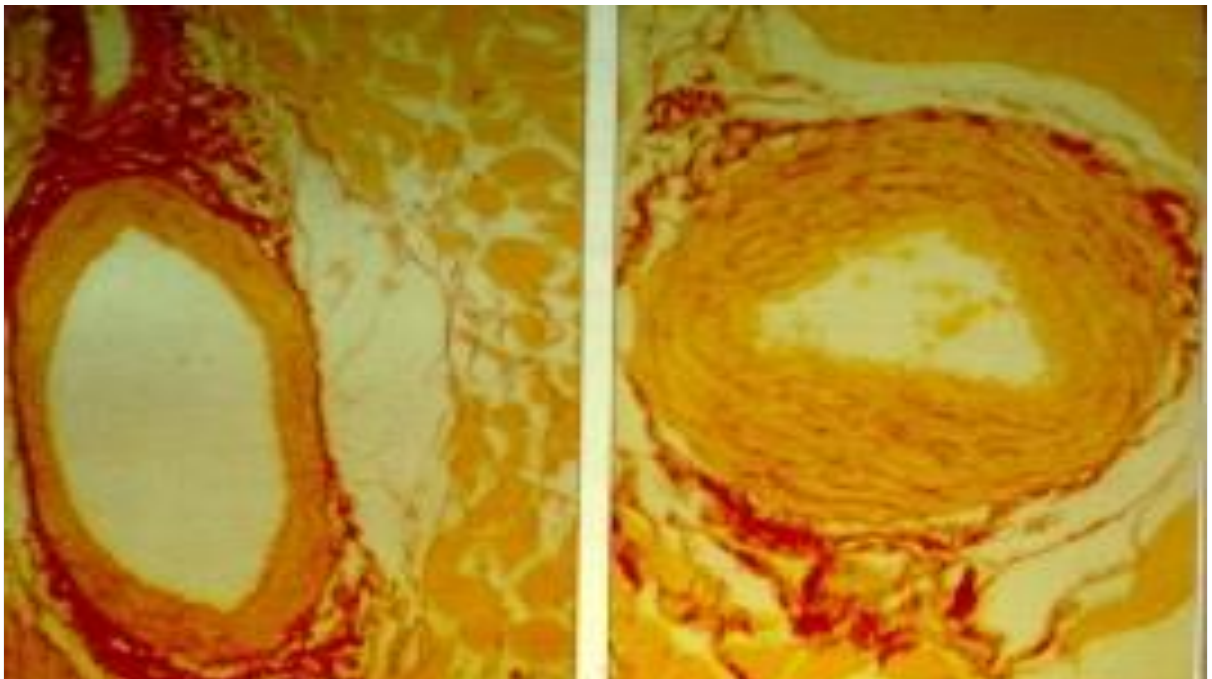


aus glutealer Fettgewebsbiopsie isolierte kleine Arterien (Durchmesser 201+/-26 Mikrometer)

Paniaga OA et al., Circulation 2001; 103: 1752

 www.hochdruckliga.de/akademie

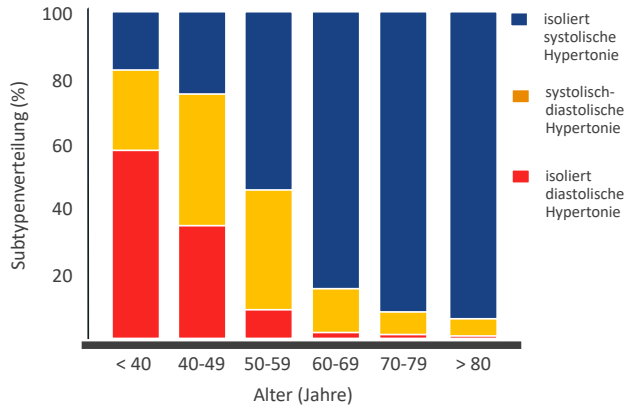
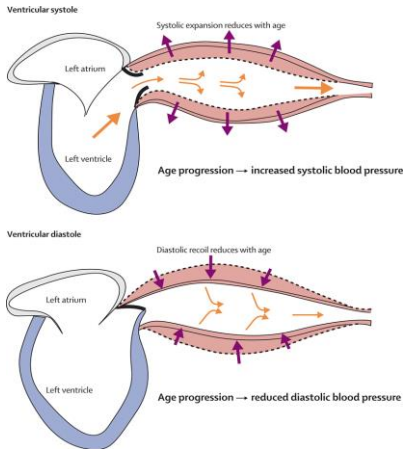
25



26

## Bedeutung des „Windkessels“ für die Blutdruckregulation: Einfluss des Alters und ISH

27



Kaplan NM et al., Lancet 2006; 367: 168

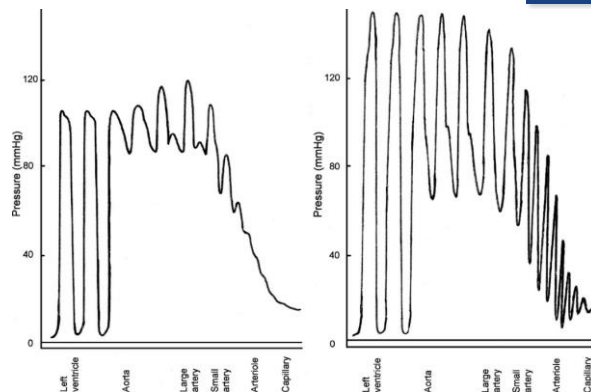
Franklin SS et al., Hypertension 2001; 37: 869

www.hochdruckliga.de/akademie

27

## Die Aorta als Windkessel muss elastisch bleiben

28



Bei einem „starrten Rohr“ wird sich der systolische Blutdruck evtl. nicht ausreichend senken lassen.

nach M.Hausberg, unbekannt Quelle

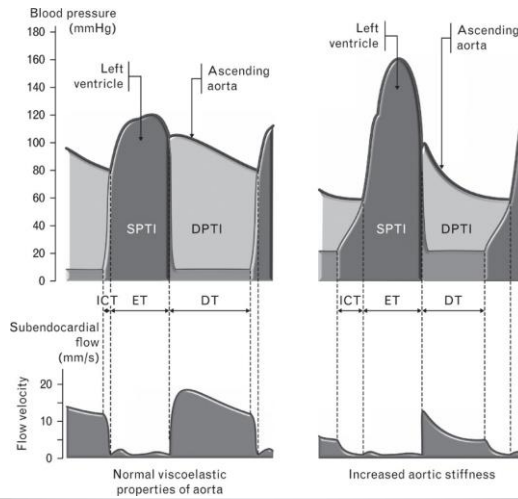
O'Rourke MF et al., J Am Coll Cardiol 2007; 50: 1

www.hochdruckliga.de/akademie

28

## Aortale Steifheit und Myokardischämie

29



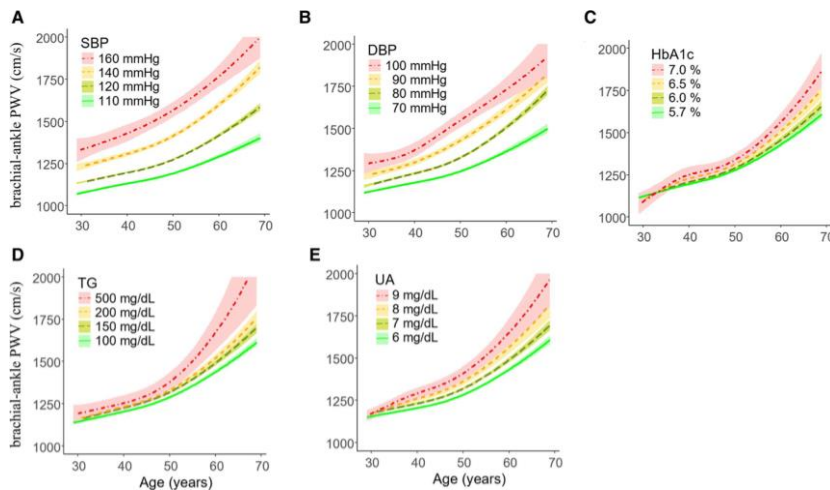
Salvi P et al., J Hypertens 2015;33:1767

www.hochdruckliga.de/akademie

29

## Einfluss von Blutdruck, HbA1c, Triglyzeriden und Harnsäure auf die altersabhängige Entwicklung der Pulswellengeschwindigkeit

30



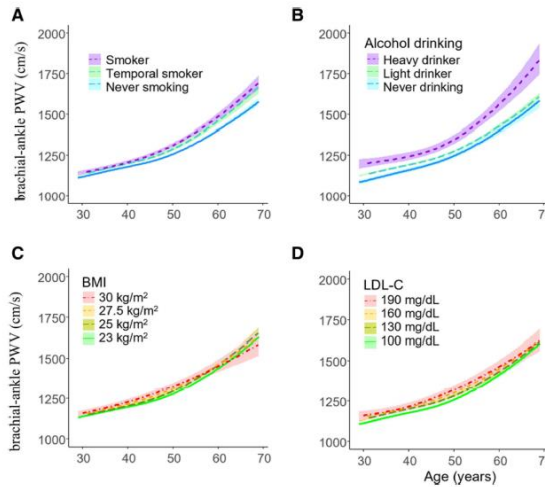
Tomiyama H et al., Hypertension 2023;80:2159

www.hochdruckliga.de/akademie

30

## Einfluss von Rauchen, Alkohol, BMI und LDL-Cholesterin auf die altersabhängige Entwicklung der Pulswellengeschwindigkeit

31



Tomiyama H et al., Hypertension 2023; 80: 2159

www.hochdruckliga.de/akademie

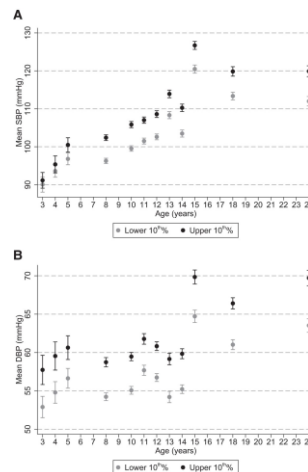
31

## Genetische Faktoren und Blutdruck: erklärt werden können ca. 5 % der interindividuellen Varianz des systolischen Blutdrucks

32

Trans-ethnic association study of blood pressure determinants in over 750,000 individuals

	Known loci		Novel loci		p <sup>b</sup>
	n (loci)	Average effect <sup>a</sup> (s.d.)	n (loci)	Average effect <sup>a</sup> (s.d.)	
SBP	216	0.32 (0.15)	124	0.24 (0.12)	1.03 × 10 <sup>-7</sup>
DBP	76	0.27 (0.15)	4	0.14 (0.02)	7.73 × 10 <sup>-13</sup>
PP	208	0.27 (0.15)	123	0.18 (0.09)	9.57 × 10 <sup>-12</sup>
Total	304	-	201	-	



Giri A et al., Nat Genet 2019; 51: 51

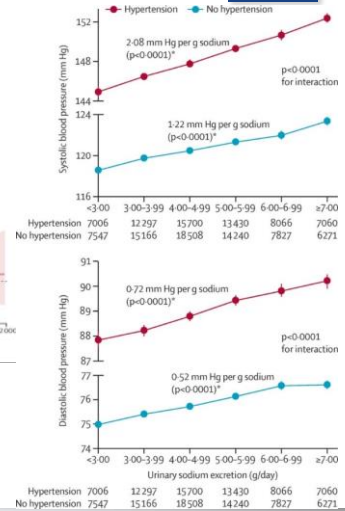
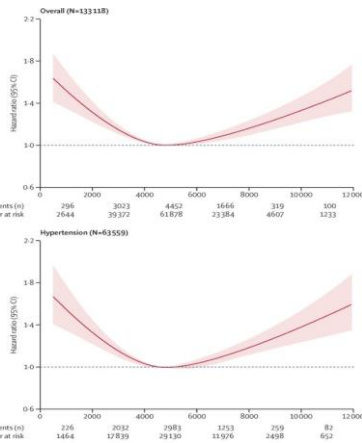
Karsten Øvretveit K et al., Eur J Prev Cardiol 2024; 31: 644 www.hochdruckliga.de/akademie

32



## PURE, EPIDREAM und ONTARGET/TRANSCEND: Tod, MI, Schlaganfall, Herzinsuffizienz und RR-Anstieg/g Na<sup>+</sup>

33



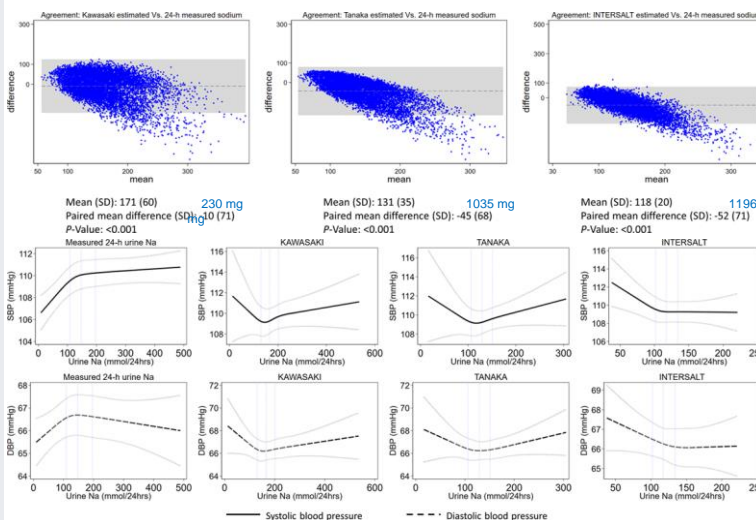
Mente A et al., Lancet 2016; 388: 465

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

33

## Formeln zur Bestimmung der 24-h-Na<sup>+</sup>-Exkretion aus Spot-Urin: erhebliche Fehler im Vergleich zum Sammelurin

34



Consensus Document

It is strongly recommended to not conduct, fund, or publish research studies that use spot urine samples with estimating equations to assess individuals' sodium (salt) intake in association with health outcomes: a policy statement of the World Hypertension League, International Society of Hypertension and Resolve to Save Lives

Norman R.C. Campbell<sup>1</sup>, Paul K. Whelton<sup>2</sup>, Marcelo Ortiz<sup>3</sup>, Laura L. Cobb<sup>4</sup>, Erika S.W. Jones<sup>5</sup>, Nema Gang<sup>6</sup>, Bryan Williams<sup>7</sup>, Naada Khan<sup>8</sup>, Yook-Chin Chia<sup>9</sup>, Tazreen H. Jaffer<sup>10</sup>, and Nicole Iden<sup>11</sup>, for the World Hypertension League, International Society of Hypertension, Resolve to Save Lives

J Hypertens 2023; 41: 683

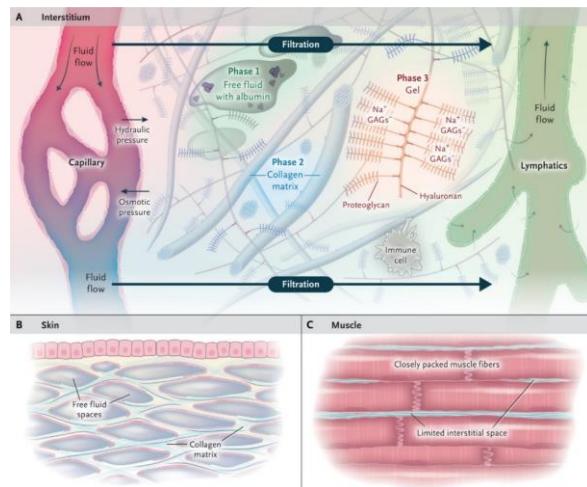
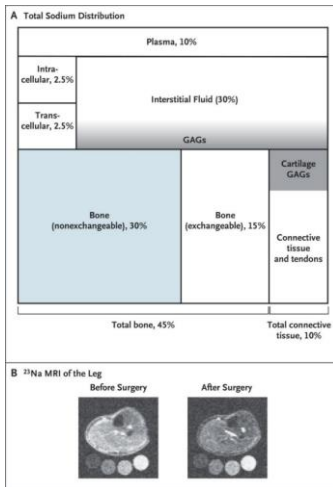
Naser AM et al., Hypertension 2021;77:2127

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

34

## Na<sup>+</sup>-Verteilung und Kompartiment-Modell des Interstitiums

35



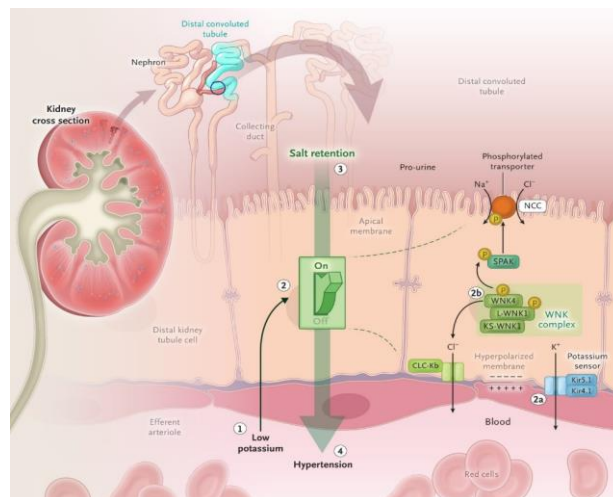
Ellison DH et al., N Engl J Med 2021; 385: 1981

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

35

## „Kalium-Schalter“, Natriumretention und Hypertonie

36



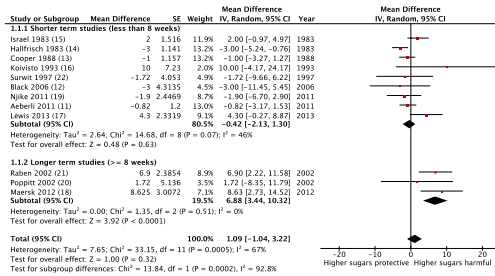
Ellison DH et al., N Engl J Med 2021; 385: 1981

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

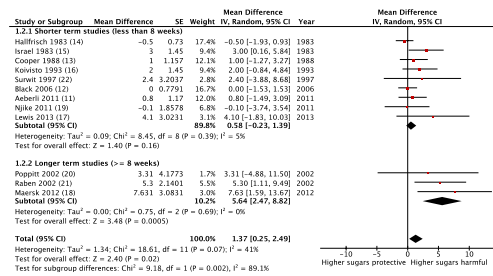
36

# Meta-Analyse: Fruktose/Saccharose-Konsum und Blutdruck – Effekte sind abhängig von der Beobachtungsdauer

## Systolischer Blutdruck



## Diastolischer Blutdruck

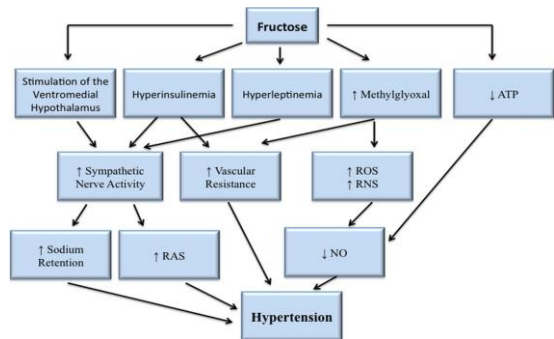
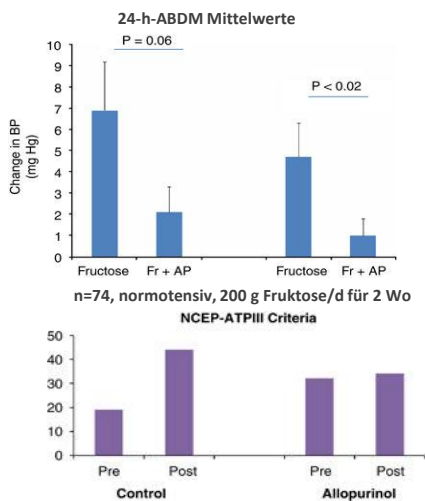


Te Morenga LA et al., Am J Clin Nutr 2014; 100: 65

www.hochdruckliga.de/akademie

37

# Fruktose und metabolisches Syndrom

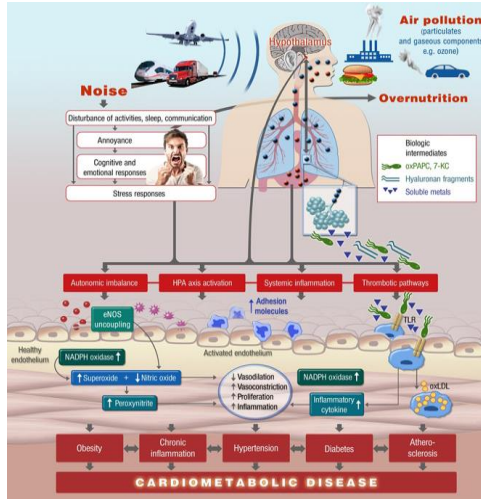


Perez-Pozo SE et al., Int J Obes 2010; 34: 454

DiNicolantonio JJ et al., Open Heart 2014; 1:e000167 www.hochdruckliga.de/akademie

38

# Luftverschmutzung und Lärm: mögliche Mechanismen

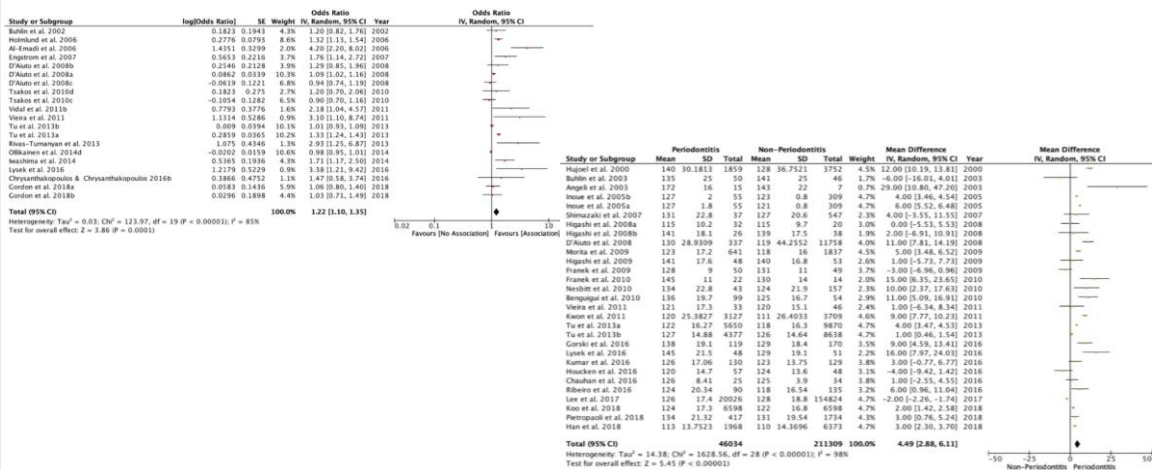


Münzel T et al., Eur Heart J 2017;38: 557

www.hochdruckliga.de/akademie

39

# Meta-Analyse: Peridontitis und Assoziation mit Hypertonie bzw. systolischem Blutdruck

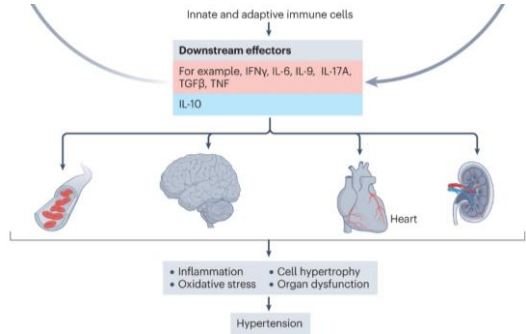
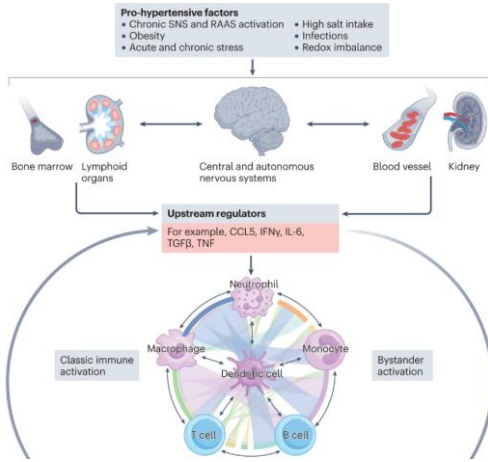


Muñoz Aguilera E et al., Cardiovasc Res. 2020; 116: 28

www.hochdruckliga.de/akademie

40

# Immunmechanismen und arterielle Hypertonie

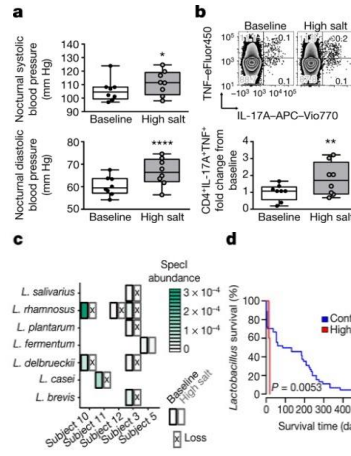
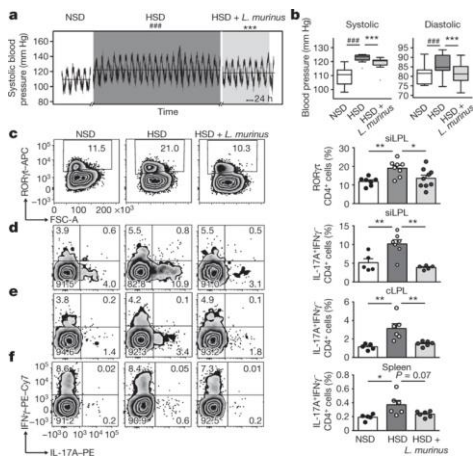


Guzik TJ et al., Nat Rev Cardiol 2024;21:396

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

41

# *L. murinus* verbessert eine salz-sensitive Hypertonie und senkt TH<sub>17</sub> Zellen im Mausmodell



n=8 gesunde Probanden

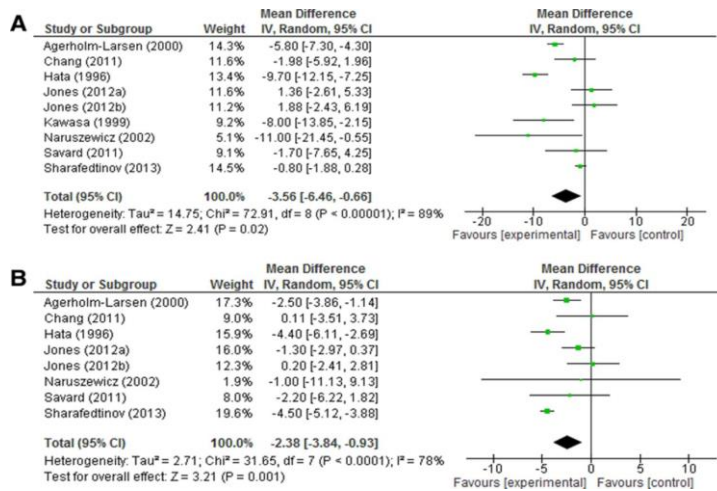
Wlück N et al., Nature 2017; 551: 585

[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

42

## Meta-Analyse: Einfluss von Probiotika auf den (A) systolischen und (B) diastolischen Blutdruck

43



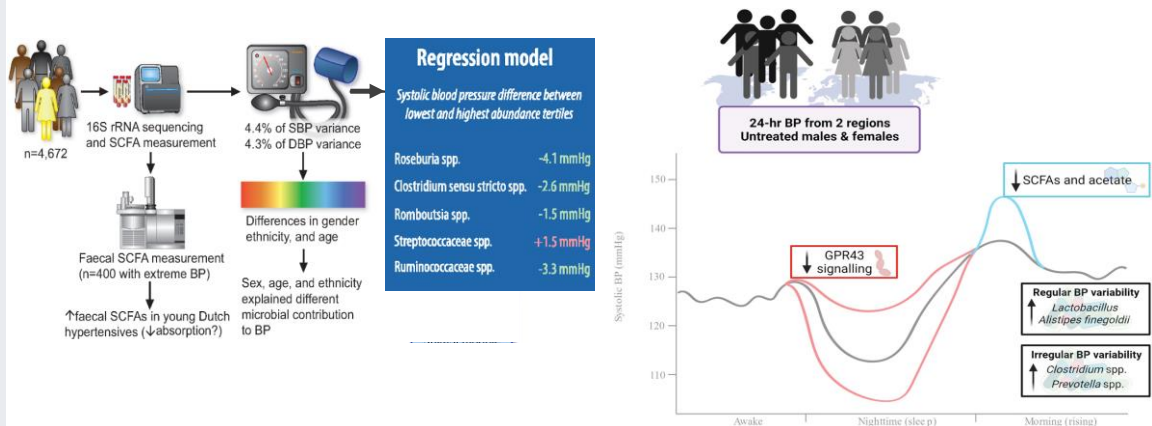
Khalesi S et al., Hypertension 2014; 64: 897

www.hochdruckliga.de/akademie

43

## Darm-Mikrobiom, kurzkettige Fettsäuren im Stuhl und Blutdruckeffekte

44



Verhaar BJH et al., Eur Heart J 2020; 41: 4259

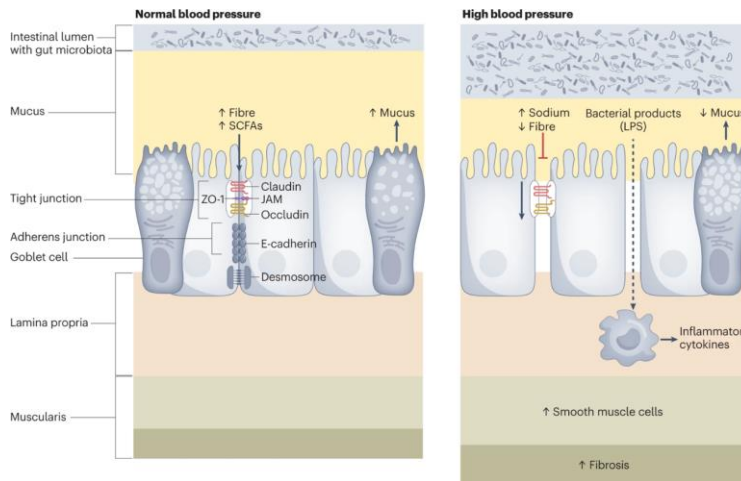
Dinakis E et al., Hypertension 2022; 79: 1690

www.hochdruckliga.de/akademie

44

## Hypertonie: Bedeutung der gestörten intestinalen Barriere

45



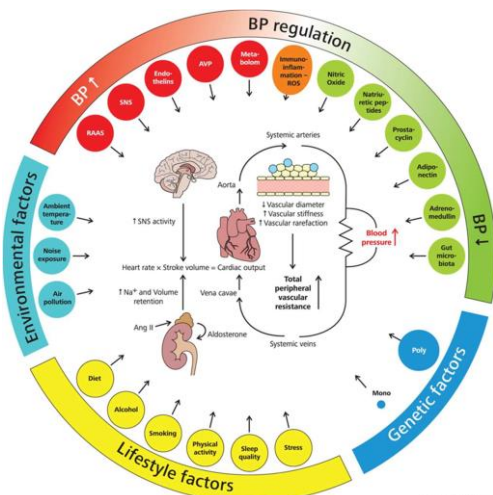
O'Donnell JA et al., Nat Rev Nephrol 2023; 19: 153

www.hochdruckliga.de/akademie

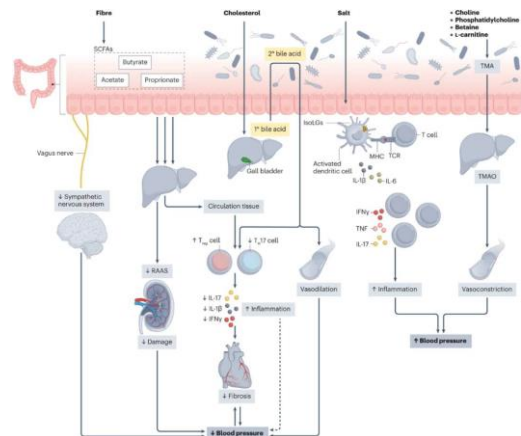
45

## Blutdruckregulation – beteiligte Faktoren

46



Mancia G et al., J Hypertens 2023, 41: 1874



O'Donnell JA et al., Nat Rev Nephrol 2023; 19: 153

www.hochdruckliga.de/akademie

46

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

## Literatur

- Dinakis et al. Association between gut microbiome and their metabolites with human blood pressure variability. *Hypertension* 2022; 79: 1690-1701
- Drummond et al. Immune mechanisms of hypertension. *Nat Rev Immunol* 2019; 19: 512-532
- Ellison et al. Insights into salt handling and blood pressure. *N Engl J Med* 2021; 385: 1981-1993
- Guzik et al. Immune and inflammatory mechanisms in hypertension. *Nat Rev Cardiol* 2024; 21: 396-416
- Harrison et al. Pathophysiology of hypertension. *Circ Res* 2021; 128: 847-863
- Ji et al. Sex differences in blood pressure trajectories over the life course, *JAMA Cardiol* 2020; 5: 19-26
- Mancia et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *J Hypertens* 2023; 41: 1874-2071



## Literatur

49

- McEvoy et al. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension. *Eur Heart J* 2024; 45: 3912-4018
- Münzel et al. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II - mechanistic insights. *Eur Heart J* 2017; 38: 557-564
- Naser et al. Spot urine formulas to estimate 24-hour urinary sodium excretion alter the dietary sodium and blood pressure relationship. *Hypertension* 2021; 77: 2127-2137
- NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. *Lancet* 2021; 398: 957-980
- Neuhauser et al. Hypertension prevalence, awareness, treatment and control in Germany 1998 and 2008-11. *J Hum Hypertens* 2015; 29: 247-253
- O'Donnell et al. The gut microbiome and hypertension. *Nat Rev Nephrol* 2023; 19: 153-167

## Literatur

50

- Olsen et al. A call to action and a lifecourse strategy to address the global burden of raised blood pressure on current and future generations: the Lancet Commission on hypertension. *Lancet* 2016; 388: 2665-712
- Rapsomaniki et al. Blood pressure and incidence of twelve cardiovascular diseases: lifetime risks, healthy life-years lost, and age-specific associations in 1.25 million people. *Lancet* 2014; 383: 1899-1911
- Verhaar et al. Associations between gut microbiota, faecal short-chain fatty acids, and blood pressure across ethnic groups: the HELIUS study. *Eur Heart J* 2020; 41: 4259-4267
- Wilck et al. Salt-responsive gut commensal modulates TH17 axis and disease. *Nature* 2017; 551: 585-589

## Kontakt

51



Deutsche  
Hypertonie  
Akademie

Deutsche Hypertonie Akademie  
Akademie für Fortbildung der  
Deutschen Hochdruckliga e.V.  
Berliner Straße 46, 69120 Heidelberg  
[www.hochdruckliga.de/akademie](http://www.hochdruckliga.de/akademie)

## Autor

52

Prof. Dr. med. Hans-Michael Steffen  
Uniklinik Köln  
Klinik für Gastroenterologie und Hepatologie und  
Universitäres Hypertoniezentrum  
Kerpener Str. 62  
50937 Köln  
Telefon: 0221/47886109  
E-Mail: [hans-michael.steffen@uk-koeln.de](mailto:hans-michael.steffen@uk-koeln.de)