

Bundesgesundheitsbl 2020 · 63:452–464
<https://doi.org/10.1007/s00103-020-03109-8>
 Online publiziert: 13. März 2020
 © Der/die Autor(en) 2020



Tamara Schikowski¹ · Claudia Wigmann¹ · Kateryna B. Fuks^{1,2} · Sabine Schipf³ · Margit Heier^{4,5} · Hannelore Neuhauser^{6,7} · Giselle Sarganas^{6,7} · Wolfgang Ahrens^{8,9} · Heiko Becher¹⁰ · Klaus Berger¹¹ · Hermann Brenner^{12,13} · Stefanie Castell¹⁴ · Antje Damms-Machado¹⁵ · Marcus Dörr^{16,17} · Nina Ebert¹⁸ · Ljupcho Efremov¹⁹ · Carina Emmel²⁰ · Stephan B. Felix^{16,17} · Beate Fischer²¹ · Claus-Werner Franzke²² · Sylvia Gastell²³ · Kathrin Günther⁸ · Johannes Haerting¹⁹ · Till Ittermann³ · Lina Jaeschke²⁴ · Annika Jagodzinski^{25,26} · Karl-Heinz Jöckel²⁰ · Rudolphe Kaaks¹⁵ · Sonja Kalinowski²⁰ · Thomas Keil^{28,29,30} · Yvonne Kemmling¹⁴ · Alexander Kluttig¹⁹ · Lilian Krist²⁸ · Oliver Kuss¹⁸ · Nicole Legath¹¹ · Michael Leitzmann²¹ · Wolfgang Lieb³¹ · Markus Löffler^{35,36} · Claudia Meinke-Franze³ · Karin B. Michels²² · Rafael Mikolajczyk¹⁹ · Susanne Moebus²⁰ · Sebastian Nuding³² · Annette Peters³⁸ · Tobias Pischon^{7,24,33} · Ina-Maria Rückert-Eheberg^{4,37} · Ben Schöttker^{12,13} · Børge Schmidt²⁰ · Carsten Oliver Schmidt³ · Matthias B. Schulze⁴⁰ · Andreas Stang²⁰ · Inke Thiele⁴ · Sigrid Thierry^{4,39} · Barbara Thorand⁴ · Henry Völzke^{3,17} · Sabina Waniek³¹ · Karl Werdan³³ · Kerstin Wirkner^{35,36} · Karin Halina Greiser¹⁵

Blutdruckmessung in der NAKO – methodische Unterschiede, Blutdruckverteilung und Bekanntheit der Hypertonie im Vergleich zu anderen bevölkerungsbezogenen Studien in Deutschland

Einleitung

Die arterielle Hypertonie ist ein wichtiger Risikofaktor für Gefäßerkrankungen und kardiovaskuläre Ereignisse wie ischämische Herzerkrankungen und Schlaganfall [1]. Kleine Veränderungen der durchschnittlichen Blutdruckwerte in der Allgemeinbevölkerung können sich deutlich auf die Morbiditäts- und Mortalitätsraten auswirken. Eine Absenkung des systolischen Blutdrucks um 2 mm Hg auf Populationsebene kann bei

Schlaganfällen zu einer Reduktion der Mortalität um 5 % führen; bei koronaren Herzkrankheiten sind es 4 % und für die Gesamtmortalität 3 % [2]. In der klinischen Praxis ist die Bestimmung des individuellen Blutdrucks anhand wiederholter Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten wichtig, um die Diagnose der Hypertonie zu stellen und Therapieentscheidungen treffen zu können. Die Rahmenbedingungen der einzelnen Messungen sind vergleichsweise wenig standardisiert. In epidemiologischen Studien dagegen ist die Blutdruckmessung ein Balanceakt zwischen der Motivation, den wahren, durch die Studienbedingungen möglichst wenig beeinflussten Blutdruckwert zu ermitteln, und der

Absicht, den Aufwand für die Teilnehmenden gering zu halten.

In der Arztpraxis wird die Diagnose Hypertonie auf der Grundlage von wiederholten Blutdruckmessungen und ggf. einer ambulanten Langzeitblutdrucküberwachung gestellt [3, 4]. Dieses Vorgehen ist für große epidemiologische Studien zu aufwendig. Häufig wird anhand eines einzigen Untersuchungszeitpunktes der Hypertoniestatus ermittelt. Dieser ist in epidemiologischen Analysen oft eine entscheidende Variable. Um Blutdruckunterschiede zwischen verschiedenen Personengruppen auf konkrete Einflussfaktoren zurückführen zu können und auch kleine intraindividuelle Blutdruckänderungen über die Zeit zu detektieren, ist eine hoch

Die Autorinnen T. Schikowski, C. Wigmann und K. B. Fuks teilen sich die Erstautorenschaft.

Weitere Informationen zu den Affiliations der Autoren befinden sich auf der letzten Artikelseite.

standardisierte Ruheblutdruckmessung wichtig. Die Messumgebung muss zwingend frei von möglichen Störfaktoren sein, welche das Messergebnis beeinflussen könnten (z. B. Verkehrslärm, Telefonklingeln und Betreten des Raumes während der Messung; [5–7]). Die Störfaktoren könnten dazu führen, dass Messunterschiede nicht auf tatsächliche Unterschiede zwischen den Personen bzw. Personengruppen an sich zurückzuführen sind. Die genaue Definition eines Messprotokolls ist unabdingbar für die Standardisierung, die Validität und die Reliabilität der Messergebnisse.

Sowohl die Europäische Gesellschaft für Hypertonie [3] als auch die Deutsche Hochdruckliga [4] empfehlen, in epidemiologischen Studien drei Blutdruckmessungen in Ruhe nach einer definierten Wartezeit im Sitzen an einer vordefinierten Seite durchzuführen. Die meisten Studien haben auf der rechten Seite gemessen. Für die späteren Auswertungen wird der Mittelwert aus zweiter und dritter Messung gebildet, um den Einfluss intraindividuelle Variabilität zu reduzieren. Der erste Blutdruckmesswert wird häufig nicht zur Analyse verwendet, da dieser noch am stärksten durch vorhergehende Aktivitäten (Bewegung) oder Aufregung (z. B. Weißkitteleffekt) beeinflusst werden kann und tendenziell höhere Werte als die folgenden Messungen aufweist [8]. Werden weniger als drei sukzessive Messungen durchgeführt, entsteht das Problem, dass man entweder den ersten, möglicherweise noch durch vorhergehende Einflüsse erhöhten Blutdruckmesswert in die Berechnung mit einbeziehen muss oder dass kein Mittelwert aus zwei aufeinanderfolgenden Messwerten berechnet werden kann [9].

Trotz zahlreicher Bemühungen, die Blutdruckmessungen in epidemiologischen Studien zu standardisieren, gibt es zum Teil methodische Unterschiede zwischen den Studien, die die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Kohortenstudien beeinträchtigen können [10]. Mögliche Auswirkungen methodischer Unterschiede auf die geschätzte Hypertonieprävalenz in untersuchten Bevölkerungen sind von hoher Relevanz. Zahlreiche populationsbasierte Studien weisen auf einen hohen Anteil

unbekannter Hypertoniker und einen hohen Anteil nicht oder unzureichend kontrollierter Blutdruckwerte selbst bei bekannter Hypertonie hin [11–14].

Das Messprotokoll der Blutdruckmessung wurde in der NAKO Gesundheitsstudie aus zeitlichen und finanziellen Gründen gekürzt und unterscheidet sich im Vergleich zu bestehenden Kohorten in zwei wesentlichen Punkten: (1) Pro Teilnehmerin bzw. Teilnehmer werden nur zwei statt drei Blutdruckmessungen durchgeführt und (2) die Wartezeit zwischen den Messungen wurde von drei auf zwei Minuten verkürzt. Insbesondere die Durchführung von nur zwei statt drei Blutdruckmessungen schränkt die Optionen für die Ableitung des Blutdrucks für wissenschaftliche Auswertungen und unter Umständen die Vergleichbarkeit der geschätzten Blutdruck- und Hypertoniekennzahlen der NAKO im Vergleich zu den anderen Studien ein. Darüber hinaus gibt es bisher keine Empfehlungen zur Auswahl der Messwerte für abgeleitete Variablen beim Vorliegen von nur zwei Blutdruckmesswerten. Die vorliegende Analyse hat daher folgende Ziele:

1. Darstellung der methodischen Unterschiede der Blutdruckmessung in der NAKO im Vergleich zu fünf populationsbasierten Studien in Deutschland;
2. Vergleich der mittleren Blutdruckwerte zwischen der NAKO und fünf anderen epidemiologischen Studien aus Deutschland mit Verwendung verschiedener Blutdruckmesswerte aus der jeweiligen Messreihe;
3. Vergleich der Häufigkeiten der Hypertonie zwischen der NAKO und den fünf anderen Studien auf Basis der verschiedenen Messwerte unter Berücksichtigung der Bekanntheit der Hypertonie.

Methoden

Beschreibung der Studienpopulationen

Für die vorliegende Untersuchung wurden Daten aus der NAKO, der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) und aus vier regionalen po-

pulationsbasierten Kohortenstudien verwendet (siehe **Abb. 1**). In allen Studien wurden Zufallsstichproben aus der Allgemeinbevölkerung gezogen. Eine kurze Beschreibung der einzelnen Studien ist im folgenden Abschnitt zu finden.

NAKO. Die NAKO Gesundheitsstudie ist eine bundesweite Kohortenstudie mit mehr als 200.000 Frauen und Männern aus 18 Studienregionen im Alter von 20 bis 69 Jahren zum Zeitpunkt der Stichprobenziehung [15]. Das Ziel der NAKO ist es, den Ursachen für die Entstehung von Volkskrankheiten, wie beispielsweise Krebs, Diabetes, Infektionskrankheiten und Herzinfarkt, auf den Grund zu gehen. Für die vorliegende Analyse wurden die Daten der ersten 101.816 Teilnehmenden der Basisuntersuchung, die zwischen März 2014 und März 2017 untersucht wurden, verwendet [16].

DEGS1. Die Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland 2008–2011 (DEGS1; [1, 17]) ist Teil des nationalen Gesundheitsmonitorings des Robert Koch-Instituts und erhebt die gesundheitliche Situation von Frauen und Männern im Alter von 18 bis 79 Jahren in bundesweit gezogenen Stichproben aus den Einwohnermelderegistern ($n = 8151$). Für die vorliegende Analyse wurden Daten der Stichprobe, die sowohl befragt als auch untersucht wurde ($n = 7116$), verwendet.

CARLA. Die CARLA-Studie (CARDiovascular Diseases, Living and Ageing in Halle; [12, 18]) ist eine Kohortenstudie der älteren Allgemeinbevölkerung der Stadt Halle (Saale). Die Studienpopulation besteht aus 1779 Personen im Alter von 45 bis 74 Jahren. Für die vorliegende Auswertung wurden Daten der Basisuntersuchung zwischen Dezember 2002 und Januar 2006 verwendet.

HNR. Die Heinz-Nixdorf-Recall-Studie (Risk Factors, Evaluation of Coronary Calcium and Lifestyle, HNR) ist eine populationsbasierte prospektive Kohortenstudie, die insgesamt 4814 Männer und Frauen im Alter von 45 bis 75 Jahren in den Ruhrgebietsstädten Bochum, Es-

Bundesgesundheitsbl <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03109-8>
 © Der/die Autor(en) 2020

T. Schikowski · C. Wigmann · K. B. Fuks · S. Schipf · M. Heier · H. Neuhauser · G. Sarganas · W. Ahrens · H. Becher · K. Berger · H. Brenner · S. Castell · A. Damms-Machado · M. Dörr · N. Ebert · L. Efremov · C. Emmel · S. B. Felix · B. Fischer · C.-W. Franzke · S. Gastell · K. Günther · J. Haerting · T. Ittermann · L. Jaeschke · A. Jagodzinski · K.-H. Jöckel · R. Kaaks · S. Kalinowski · T. Keil · Y. Kemmling · A. Kluttig · L. Krist · O. Kuss · N. Legath · M. Leitzmann · W. Lieb · M. Löffler · C. Meinke-Franze · K. B. Michels · R. Mikolajczyk · S. Moebus · S. Nuding · A. Peters · T. Pischon · I.-M. Rückert-Eheberg · B. Schöttker · B. Schmidt · C. O. Schmidt · M. B. Schulze · A. Stang · I. Thiele · S. Thiery · B. Thorand · H. Völzke · S. Waniek · K. Werdan · K. Wirkner · K. H. Greiser

Blutdruckmessung in der NAKO – methodische Unterschiede, Blutdruckverteilung und Bekanntheit der Hypertonie im Vergleich zu anderen bevölkerungsbezogenen Studien in Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund. Arterielle Hypertonie ist ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Epidemiologische Studien führen meist drei konsekutive Blutdruckmessungen durch. Der 1. Messwert wird für Auswertungen verworfen, da dieser am stärksten durch vorhergehende Aktivitäten beeinflusst sein kann. Aus zeitlichen Gründen wurden in der NAKO Gesundheitsstudie nur zwei Messungen durchgeführt.

Fragestellung. Die vorliegende Analyse untersucht Auswirkungen methodischer Unterschiede bei der Blutdruckmessung auf die Hypertoniehäufigkeit und mittlere Blutdruckwerte anhand eines Vergleichs der ersten Hälfte der NAKO-Teilnehmenden

(nur 2 Messungen) mit 5 deutschen populationsbasierten Studien (3 Messungen).

Material und Methoden. Es wurden Daten der Teilnehmenden aus der NAKO (erste 101.816 Personen), der bundesweiten Studie zur Gesundheit Erwachsener des Robert Koch-Instituts (DEGS1) und aus 4 regionalen populationsbasierten Kohortenstudien (CARLA, HNR, KORA, SHIP) analysiert. Alters- und geschlechtsspezifische mittlere Blutdruckwerte und Hypertoniehäufigkeiten wurden auf Basis des 2. Messwertes, des Mittelwerts aus 1. und 2. sowie aus 2. und 3. Messung berechnet.

Ergebnisse. Die mittleren Blutdruckwerte der beiden aktuellsten Studien (NAKO und DEGS1) sind sehr ähnlich und niedriger als in den

anderen Studien. Die Differenz zwischen dem 2. Messwert und dem Mittelwert aus 2. und 3. Messung ist gering (maximale mittlere Abweichung: 1,5 mm Hg systolisch), jedoch ist die mittels des 2. Messwertes berechnete Hypertoniehäufigkeit der Bevölkerung höher als bei Verwendung des Mittelwerts aus 2. und 3. Messung.

Diskussion. Die Ergebnisse der vorliegenden Analyse zeigen, dass für die wissenschaftliche Auswertung der NAKO-Daten die Verwendung des 2. Blutdruckmesswertes zu empfehlen ist.

Schlüsselwörter

Blutdruck · Blutdruckbestimmung · Epidemiologische Methoden · NAKO Gesundheitsstudie · Hypertonie/Epidemiologie

Blood pressure measurement in the NAKO German National Cohort (GNC) – differences in methods, distribution of blood pressure values, and awareness of hypertension compared to other population-based studies in Germany

Abstract

Background. Arterial hypertension is an important risk factor for cardiovascular diseases. Epidemiological studies typically perform three consecutive blood pressure measurements. The first measurement is discarded in subsequent analyses, as this value may be strongly affected by previous activities. Due to time constraints the German National Cohort (GNC NAKO) performed only two blood pressure measurements.

Objectives. The present analysis examined the possible effects of methodological differences in blood pressure measurement by comparing the first 101,816 GNC participants (two blood pressure measurements) with those of five German population-based studies (three measurements).

Materials and methods. Blood pressure data from participants aged 20 to 79 years from the GNC, the German Health Interview and Examination Survey for Adults by the Robert Koch Institute (DEGS1), and four regional population-based cohort studies (CARLA, HNR, KORA, SHIP) were used to calculate age- and sex-specific mean blood pressure values and hypertension frequencies based on the second blood pressure measurement, the arithmetic mean of the first and second value and of the second and third (the latter not available in the GNC).

Results. The mean blood pressure values of the two most recent studies (GNC, DEGS1) were very similar and lower than in the other studies. The difference of the second

measurement and the mean of second and third measurement was small (maximum mean difference: 1.5 mm Hg systolic blood pressure), but leads to higher estimated hypertension frequencies.

Conclusions. The current results show that using the second blood pressure measurement should be recommended for scientific analyses of GNC data.

Keywords

Blood pressure · Blood pressure determination · Epidemiologic studies · NAKO German National Cohort (GNC) · Hypertension/epidemiology

sen und Mülheim (Ruhr) zwischen 2000 und 2003 untersucht hat [19, 20]. Das primäre Studienziel ist die Frage, ob mithilfe von bildgebenden Verfahren die Risikoprädiktion eines Herzinfarkts verbessert werden kann.

KORA-S4. „Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg“ (KORA) ist eine Forschungsplattform für populationsbasierte Gesundheitssurveys und darauf aufbauende Follow-up-Studien. Die KORA-S4-Studie ist eine

populationsbasierte Querschnittsstudie [21, 22], die 1999 bis 2001 in Augsburg und den beiden angrenzenden Landkreisen Augsburg-Land und Aichach-Friedberg 4261 Männer und Frauen im

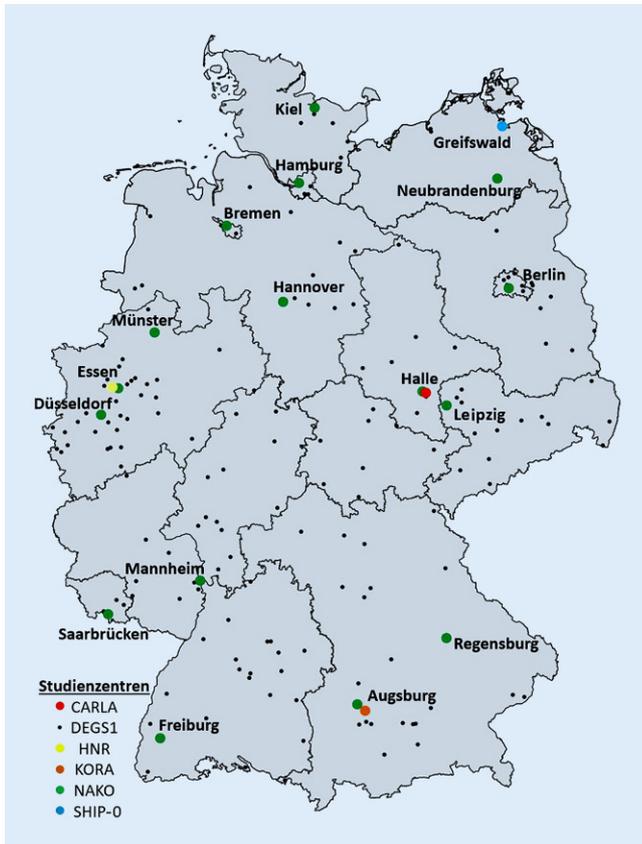


Abb. 1 ◀ Karte der Studienzentren

Alter von 25 bis 74 Jahren untersucht hat.

SHIP-0. Die „Study of Health in Pomerania“ (SHIP; [23]) ist eine populationsbezogene Gesundheitsstudie im Nordosten Deutschlands, für deren Basiserhebung 4308 Frauen und Männer im Alter von 20 bis 79 Jahren aus der Region Vorpommern zwischen 1997 und 2001 untersucht wurden.

Weitere Details zu den Studien sind in [Tab. 1](#) aufgeführt. Für alle oben beschriebenen Studien liegen positive Ethikvoten der lokalen Ethikkommissionen und von allen Teilnehmenden eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme vor.

Für die hier durchgeführten Analysen wurden nur Teilnehmende betrachtet, die zum Zeitpunkt der Untersuchung zwischen 20 und 79 Jahre alt waren. Dies bedeutet, dass bei CARLA für den Vergleich 101 Teilnehmende (älter als 79 Jahre) und bei DEGS1 217 Teilnehmende (im Alter von 18 und 19 Jahren) ausgeschlossen wurden. Des Weiteren wur-

den nur diejenigen Teilnehmenden in die Analysen aufgenommen, deren Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung im ursprünglich geplanten Altersbereich der jeweiligen Studie lag. Nach Ausschluss von Teilnehmenden mit fehlenden Werten standen somit für die Analysen Stichprobenumfänge von 1677 (CARLA) bis 98.582 (NAKO) zur Verfügung.

Für die Analysen wurden folgende Altersgruppen gebildet: 20 bis 24 Jahre, 25 bis 34 Jahre, 35 bis 44 Jahre, 45 bis 54 Jahre und 55 bis 64 Jahre, 64 bis 69 Jahre, 70 bis 74 Jahre und 75 bis 79 Jahre. Die engeren Altersgruppen am Anfang und am Ende der Altersspanne wurden dabei gewählt, um die unterschiedlichen Einschlussbereiche der Studien bezüglich des Alters besser abbilden zu können. Dennoch sind nicht alle Altersgruppen in jeder Studie vertreten und sie wurden nur dann in die Analyse eingeschlossen, wenn eine männliche oder weibliche Altersgruppe mindestens 20 Teilnehmende umfasste. Für HNR wurden für die altersgruppenspezifischen Analysen daher

weitere 14 Personen im Alter von 75 Jahren ausgeschlossen.

Blutdruckmessung und Definition abgeleiteter Werte

In der NAKO wurden nur zwei Messungen des Blutdrucks durchgeführt, während in allen anderen Vergleichsstudien drei Messungen erfolgten. In allen Studien wurde das Messungsprogramm jeweils in der sitzenden Position nach einer Ruhezeit im Sitzen von mindestens fünf Minuten durchgeführt. Die Pause zwischen den einzelnen Blutdruckmessungen betrug bei der NAKO zwei Minuten, während bei allen anderen Studien drei Minuten abgewartet werden mussten. Alle Studien außer der DEGS1-Studie haben Messgeräte der Firma OMRON verwendet. Jedoch waren die OMRON-Geräte nicht in allen Studien baugleich (vgl. auch [Tab. 1](#)).

In der NAKO wird derzeit der 2. Messwert zur Bestimmung des Blutdruckwertes für wissenschaftliche Auswertungen herangezogen, z. B. zur Berechnung des mittleren Blutdruckwertes der Studienpopulation. Demgegenüber verwenden die Studien, die über drei Messwerte verfügen, üblicherweise den Mittelwert aus zweiter und dritter Messung für die weiteren Analysen.

Um abschätzen zu können, welchen Einfluss die Wahl der unterschiedlichen Messwerte auf die weiteren Analyseergebnisse hat, wurde für alle Studien die Berechnung auf Basis des zweiten Blutdruckmesswertes (analog zur NAKO) vorgenommen und mit den Mittelwerten (MW) aus dem ersten und zweiten (MW 1/2) sowie aus dem zweiten und dritten (MW 2/3; verfügbar in allen Studien außer NAKO) Messwert verglichen.

In DEGS1 standen populationsgewichtete Messwerte, die zusätzlich für Geräteunterschiede korrigiert wurden [24], für die Analysen zur Verfügung. Die Blutdruckwerte aus DEGS1 wurden mittels einer Formel korrigiert, die die Geräteunterschiede zwischen dem in DEGS1 verwendeten Blutdruckmessgerät Datascope Accutorr Plus und dem in den anderen Studien verwendeten OMRON-Blutdruckmessgerät berücksichtigt. Diese Formel wurde in einer Studie

Tab. 1 Beschreibung der eingeschlossenen Studien

	NAKO 100.000	DEGS1	CARLA	HNR	KORA-S4	SHIP-0
Referenz	Ahrens et al. 2014 [15]	Scheidt-Nave et al. 2012 [17], Neuhauser et al. 2013 [1]	Greiser et al. 2005 [18], Lacruz et al. 2015 [12]	Stang et al. 2006 [20], Schmermund et al. 2002 [19]	Holle 2005 [21], Meisinger et al. 2006 [22]	Völzke et al. 2011 [23]
Studienzeitraum	2014–2018	2008–2011	2002–2006	2000–2003	1999–2001	1997–2001
Region	Bundesweit	Bundesweit	Halle (Saale)	Bochum, Essen, Mülheim (Ruhr)	Augsburg-Stadt, Augsburg-Land, Aichach-Friedberg	Vorpommern
Studienteilnehmende (Response)	101.816 (keine Responseangabe vor Abschluss der Basisrekrutierung)	8151 (64 %/42 %)* *64 % bei wieder eingeladenen BGS98-Teilnehmenden, 42 % bei neu eingeladenen Teilnehmenden	1779 (64 %)	4814 (55,8 %)	4261 (66,8 %)	4308 (68,8 %)
Davon im urspr. geplanten Altersbereich der jeweiligen Studie	98.824	7987	1779	4811	4244	4283
Vorhandene Blutdruckmessungen im geplanten Altersbereich der Studie	98.582	7095	1778	4797	4226	4278
Anteil Frauen (%)	53,7 %	52,1 %	45,6 %	50,2 %	51,0 %	50,9 %
Alter (Arithm. Mittel ± Standardabw.; Min.–Max.)	51 ± 12; 20–69	51 ± 17; 18–79	64 ± 10; 45–83	60 ± 8; 45–75	49 ± 14; 25–74	50 ± 16; 20–79
Anzahl konsekutive Blutdruckmessungen laut Studiendesign	2	3	3	3 ^a	3	3
Zeit vor/zwischen den Messungen	5 min vor 1. Messung und 2 min Messabstand	5 min vor 1. Messung und 3 min Messabstand	5 min vor 1. Messung und 2 min Messabstand	5 min vor 1. Messung und 3 min Messabstand	5 min vor 1. Messung und 3 min Messabstand	5 min vor 1. Messung und 3 min Messabstand
Definition des Blutdruckwerts für wiss. Auswertungen	2. Messung (sofern vorhanden, sonst 1.)	Mittelwert aus 2. und 3. Messung	Mittelwert aus 2. und 3. Messung	Mittelwert aus 2. und 3. Messung ^a	Mittelwert aus 2. und 3. Messung	Mittelwert aus 2. und 3. Messung
Arm für die Messung	Rechts	Rechts	Links	Rechts	Rechts	Rechts
Anzahl der Manschetten	3 Manschettengrößen (klein, normal, groß) abhängig vom Armumfang (<22 cm, 22–31,9 cm, >32 cm)	3 Manschettengrößen (schmal, mittel, groß) abhängig vom Armumfang (<27,9 cm, 28–35,9 cm, >36 cm)	2 Manschettengrößen (normal und groß) abhängig vom Armumfang (> oder <32 cm)	2 Manschettengrößen (Breite × Länge: 14 cm × 48 cm oder 16 cm × 65 cm) abhängig vom Armumfang (≥ oder <32 cm)	2 Manschettengrößen (Breite × Länge: 14 cm × 48 cm oder 16 cm × 65 cm) abhängig vom Armumfang (≥ oder <32 cm)	2 Manschettengrößen (Breite × Länge: 14,6 cm × 44,6 cm oder 16 cm × 63 cm) abhängig vom Armumfang (22–31,9 cm, 32–42 cm)
Blutdruckmessgerät	HEM 705 IT (baugleich mit HEM-705CP II), Omron Healthcare GmbH	Accutorn Plus, Datascope, Mahwah, NJ, USA	HEM-705CP, Omron Corporation, Tokyo, Japan	HEM 705CP, Omron Corporation, Hoofddorp, The Netherlands	HEM-705CP, Omron Corporation, Tokyo, Japan	HEM-705CP, Omron Corporation, Tokyo, Japan

^aBei ca. 13 % der HNR-Teilnehmenden wurden als gekürztes Messprogramm zwei anstatt drei Messungen durchgeführt und der Wert für wissenschaftliche Auswertungen als Mittelwert der Messungen 1 und 2 definiert

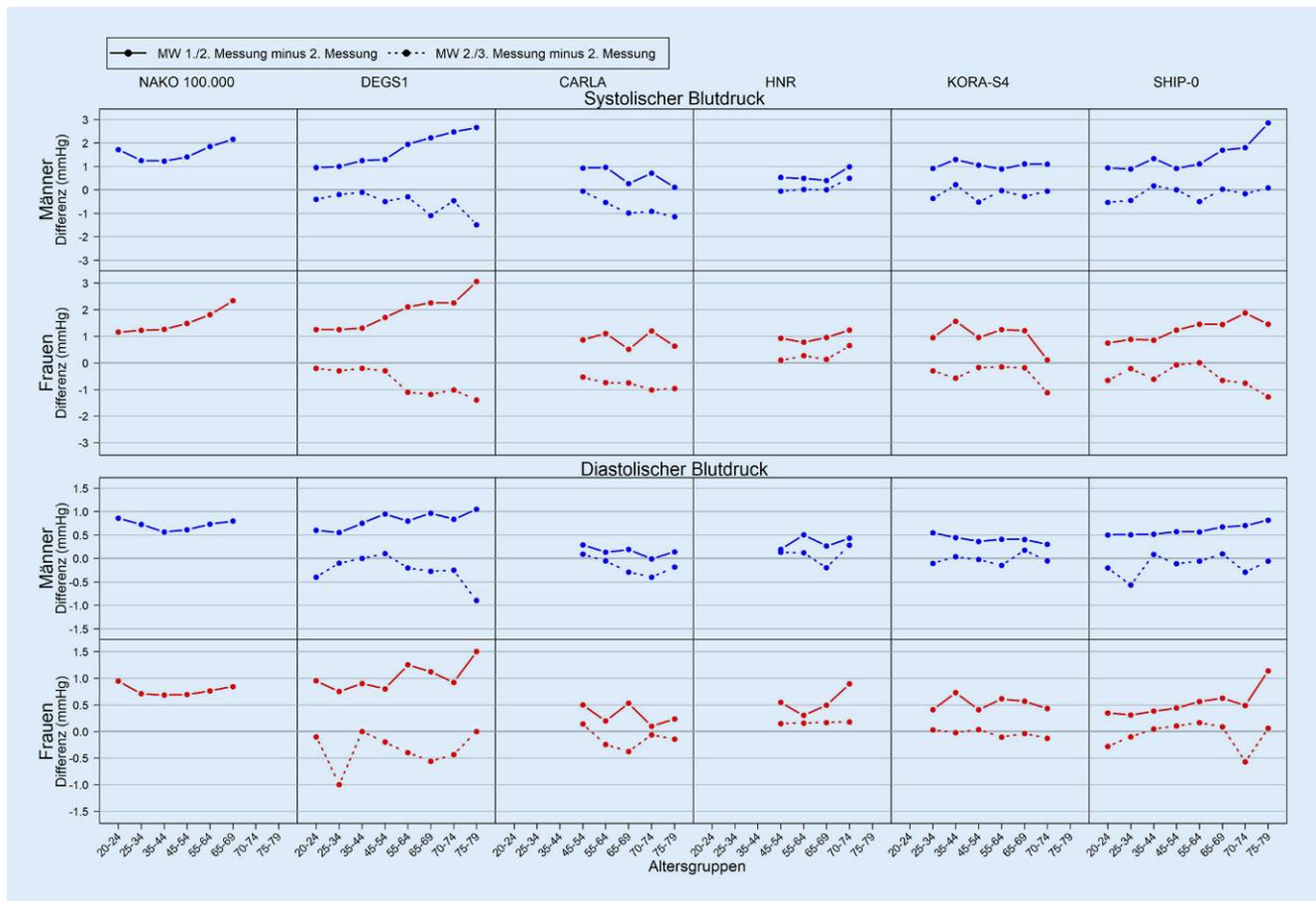


Abb. 2 ▲ Differenzen der mittleren Blutdruckwerte (in mm Hg) zwischen verschiedenen Definitionen des Blutdruckwertes für wissenschaftliche Auswertungen (der 2. Wert entspricht dabei der Definition in NAKO und dient als Referenzwert) nach Geschlecht und Altersgruppe in 6 populationsbasierten Studien in Deutschland. Im Falle von DEGS1 handelt es sich um populationsgewichtete Messwerte, die zusätzlich für Geräteunterschiede korrigiert wurden, vgl. [24]

mit sequenziellen Vergleichsmessungen mit beiden Geräten entwickelt [24]. In allen anderen Studien wurde keine Gewichtung vorgenommen. Für die Beurteilung der Hypertoniekategorien der Studienpopulationen wurden zum einen die tatsächlichen Messwerte des systolischen (SBP) und diastolischen Blutdrucks (DBP) und zum anderen die Selbstangabe einer ärztlich diagnostizierten Hypertonie aus dem Interview betrachtet. Da in dem der Analyse zugrunde liegenden NAKO-Datensatz noch keine qualitätsgesicherten Angaben zur Medikamenteneinnahme vorlagen, verwendeten wir aus Gründen der Vergleichbarkeit auch für die anderen Studien ausschließlich die Selbstangabe einer ärztlich diagnostizierten Hypertonie. Es wurden folgende Kategorien definiert [3]:

1. **Normotonie:** normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg) und keine Hypertonie laut Selbstangabe;
2. **bekannte, kontrollierte Hypertonie:** normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg), aber Hypertonie laut Selbstangabe;
3. **bekannte, unkontrollierte Hypertonie:** hypertensive Messwerte (SBP \geq 140 mm Hg und/oder DBP \geq 90 mm Hg) und Hypertonie laut Selbstangabe;
4. **unbekannte, unkontrollierte Hypertonie:** hypertensive Messwerte (SBP \geq 140 mm Hg und/oder DBP \geq 90 mm Hg), aber keine Hypertonie laut Selbstangabe.

Statistische Analyse

Im Rahmen der statistischen Analyse wurden die Datensätze der jeweiligen Studien zunächst deskriptiv bezüglich der Alters- und Geschlechterverteilung untersucht (vgl. **Tab. 1**). Hierbei wurden alle zur Verfügung stehenden Teilnehmenden unabhängig vom Alter zum Untersuchungszeitpunkt einbezogen.

Geschlechts- und altersgruppenspezifische Mittelwerte und Standardabweichungen von SBP und DBP wurden mit folgenden Definitionen des „finalen Blutdruckwertes“ berechnet:

1. für den Mittelwert aus 1. und 2. Blutdruckmessung (MW 1/2),
2. für die 2. Blutdruckmessung sowie
3. für den Mittelwert aus 2. und 3. Messung (MW 2/3, Letzterer für alle Studien außer NAKO).

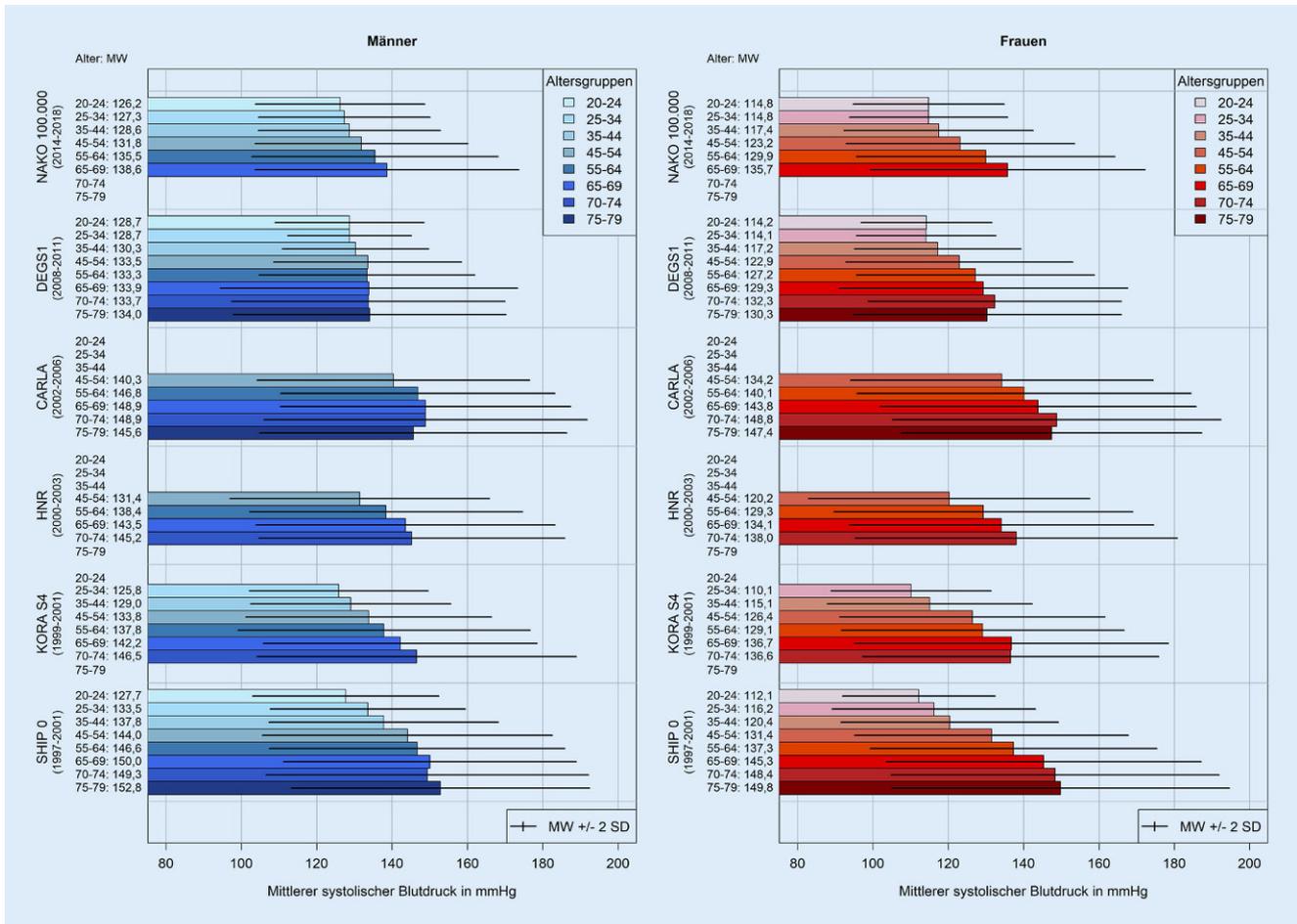


Abb. 3 ▲ Verteilung des systolischen Blutdrucks (NAKO: 2. Messung, übrige Studien: MW 2/3) nach Geschlecht und Altersgruppe (in mm Hg) in 6 populationsbasierten Studien in Deutschland. Bei DEGS1 handelt es sich um populationsgewichtete Messwerte, die zusätzlich für Geräteunterschiede korrigiert wurden, vgl. [24]

Anschließend wurden die Mittelwertdifferenzen zwischen der 2. Messung und dem Mittelwert aus 1. und 2. Messung und dem Mittelwert aus 2. und 3. Messung (dem empfohlenen Maß zur Schätzung der Blutdruckwerte in epidemiologischen Studien) berechnet, um abzuschätzen, welcher Messwert in der NAKO am besten vergleichbar mit dem empfohlenen Mittelwert aus dem 2. und 3. Messwert ist und für wissenschaftliche Analysen verwendet werden sollte. Um die Auswirkung der Verwendung unterschiedlicher Ausgangsblutdruckmesswerte auf die Höhe der Hypertoniehäufigkeit in der Bevölkerung abzuschätzen, wurden die Häufigkeiten der Hypertoniekategorien sowohl auf Basis des MW 1/2 und auf Basis des 2. Wertes als auch auf Basis des MW 2/3 bestimmt.

Ergebnisse

Die Mittelwertdifferenzen zwischen den verschiedenen Definitionen des finalen Blutdruckwertes sind in **Abb. 2** dargestellt. Die Definition des finalen Blutdruckwertes über den 2. Messwert (analog zur NAKO) stellt dabei die Referenz dar. Die Differenz hierzu ist größer, wenn der MW 1/2 herangezogen wird (maximale mittlere Abweichung: 3,1 mm Hg systolisch), als wenn der MW 2/3 gebildet wird (maximale mittlere Abweichung: 1,5 mm Hg systolisch). In den meisten Studien ist der Mittelwert aus der 2. und 3. Messung niedriger als die 2. Messung. Bei HNR jedoch ist dies zumeist umgekehrt. In den Studien mit einer großen Altersspanne (NAKO, DEGS1 und SHIP-0) ist vor allem beim SBP erkennbar, dass Unterschiede

zwischen den sukzessive gemessenen Blutdruckwerten mit steigendem Alter größer werden, was auch zu größeren Unterschieden zwischen den abgeleiteten finalen Blutdruckwerten mit zunehmendem Alter führt.

Die Ergebnisse in **Abb. 3** und **Abb. 4** zeigen, dass die Mittelwerte der NAKO und der DEGS1-Studie (die beiden aktuellsten Studien) insgesamt sehr ähnlich und niedriger im Vergleich zu den früheren Studien waren. Die Mittelwerte des SBP bei Frauen und Männern in der CARLA-Studie waren über alle Altersgruppen hinweg am höchsten.

In den Studien zeigte sich zumeist ein altersgemäßer Verlauf der mittleren Blutdruckwerte, d. h., dass der systolische Blutdruck in den höheren Altersgruppen auch höher war. Verglichen über die drei in allen Studien vorhandenen

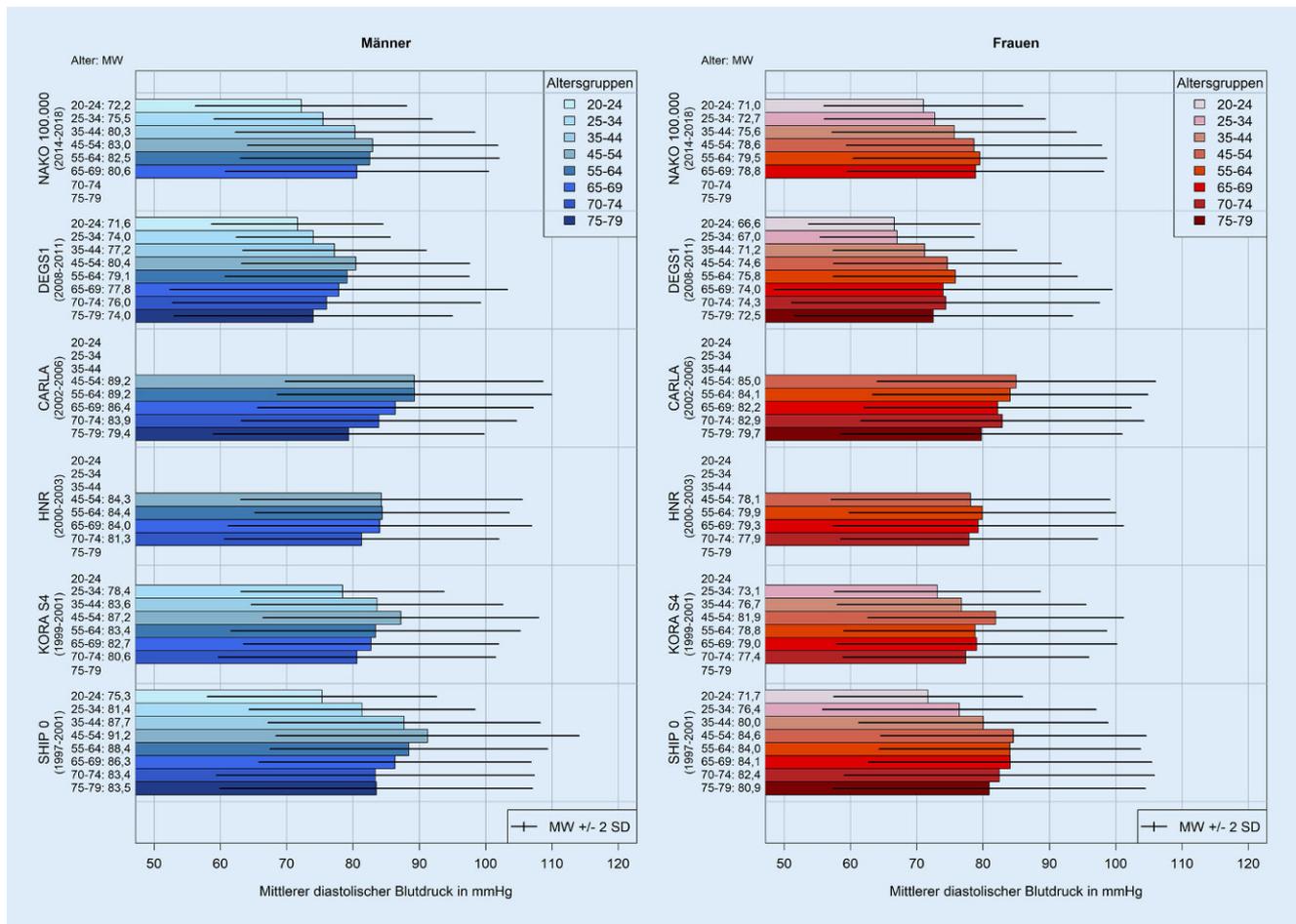


Abb. 4 ▲ Verteilung des diastolischen Blutdrucks (NAKO: 2. Messung, übrige Studien: MW 2/3) nach Geschlecht und Altersgruppe (in mm Hg) in 6 populationsbasierten Studien in Deutschland. Bei DEGS1 handelt es sich um populationsgewichtete Messwerte, die zusätzlich für Geräteunterschiede korrigiert wurden (vgl. [24])

Altersgruppen, 45–54 Jahre, 55–64 Jahre und 65–69 Jahre, trat der höchste Anstieg von 120,2 mm Hg auf 134,1 mm Hg bei den Frauen in HNR sowie von 131,4 mm Hg auf 145,3 mm Hg bei den Frauen in SHIP-0 auf. Der kleinste Anstieg von 133,5 mm Hg auf 133,9 mm Hg trat bei den Männern in DEGS1 auf. Beim DBP ist in den Studien, die jüngere Altersgruppen eingeschlossen haben (NAKO, DEGS1, KORA-S4, SHIP-0), ein Anstieg bis in die mittleren Altersgruppen 45–54 Jahre bzw. 55–64 Jahre zu verzeichnen; in allen Studien sinkt der diastolische Blutdruck danach mit steigendem Alter ab (der stärkste Abfall innerhalb der drei Altersgruppen ist von 88,4 mm Hg auf 83,4 mm Hg bei den Männern in SHIP-0 zu verzeichnen, der geringste von 84,4 mm Hg auf 84,0 mm Hg bei den Männern in HNR).

In allen Studien zeigten sich bei Männern höhere Blutdruckwerte als bei Frauen.

Um zu analysieren, ob die Auswahl der verschiedenen Blutdruckwerte für die Berechnung der Mittelwerte eine Auswirkung auf die Schätzung der Hypertoniehäufigkeit in den zugrunde liegenden Bevölkerungen hat, wurden die aus den verschiedenen Mittelwertberechnungen resultierenden Häufigkeiten in den vorliegenden Studien miteinander verglichen. Die altersspezifischen sowie altersgruppenübergreifenden prozentualen Anteile der vier Hypertoniekategorien sind in **Abb. 5** für Männer und in **Abb. 6** für Frauen dargestellt. Die Häufigkeit der Hypertonie stieg mit zunehmendem Alter für beide Geschlechter in allen Studienpopulationen. Vor allem in den höheren Altersgruppen wussten Teilnehmende häufiger nicht von ihren erhöhten

Blutdruckwerten. Für die Kategorie „bekannte, aber unkontrollierte Hypertonie“ war auch hier der Anteil bei den älteren Studienteilnehmenden am höchsten. Im Studienvergleich waren die Anteile der bekannten, unkontrollierten Hypertonie bei SHIP-0 und bei CARLA am höchsten und bei HNR und NAKO am niedrigsten. Bezüglich des Vergleichs der Ausgangsmittelwerte (MW 1/2, 2. Wert, MW 2/3) zeigten sich lediglich geringe Unterschiede bei der Schätzung der Häufigkeiten der verschiedenen Hypertoniekategorien (0% bis maximal 3%).

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die Messmethoden der Blutdruckuntersuchung und die Ableitung von Variablen für die wissenschaftliche Auswertung

Altersgruppe	Hypertoniestatus	NAKO 100.000		CARLA			HNR		KORA-S4			SHIP-0			
		MW 1/2	2. Wert	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	MW 1/2	2. Wert	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	
20-24	Normotonie	82%	83%									67%	66%	69%	
	Bekannte kontrollierte HTN	3%	3%									12%	12%	12%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	2%	1%									7%	7%	7%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	14%	12%									14%	16%	13%	
25-34	Normotonie	78%	80%						68%	69%	71%	50%	49%	53%	
	Bekannte kontrollierte HTN	4%	5%						13%	13%	13%	12%	11%	12%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	3%	3%						6%	6%	6%	15%	17%	15%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	14%	13%						13%	13%	10%	23%	23%	19%	
35-44	Normotonie	68%	69%						61%	61%	63%	37%	39%	38%	
	Bekannte kontrollierte HTN	8%	8%						7%	8%	7%	10%	10%	9%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	7%	7%						13%	12%	13%	30%	30%	31%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	17%	16%						19%	19%	18%	23%	22%	23%	
45-54	Normotonie	52%	53%	34%	32%	36%	49%	48%	50%	44%	44%	46%	27%	26%	29%
	Bekannte kontrollierte HTN	13%	14%	11%	11%	11%	16%	16%	17%	8%	9%	11%	7%	8%	8%
	Bekannte unkontrollierte HTN	14%	13%	31%	31%	31%	19%	20%	19%	22%	21%	19%	36%	35%	35%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	21%	20%	23%	25%	22%	16%	16%	15%	26%	26%	24%	30%	31%	28%
55-64	Normotonie	33%	34%	19%	18%	20%	33%	32%	34%	38%	37%	38%	22%	23%	24%
	Bekannte kontrollierte HTN	23%	25%	8%	10%	11%	18%	18%	18%	16%	17%	17%	9%	9%	9%
	Bekannte unkontrollierte HTN	24%	22%	44%	42%	41%	28%	28%	28%	29%	29%	29%	38%	38%	38%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	20%	19%	30%	30%	28%	21%	22%	20%	16%	18%	17%	31%	30%	29%
65-69	Normotonie	25%	26%	10%	11%	16%	25%	24%	25%	25%	25%	28%	17%	17%	17%
	Bekannte kontrollierte HTN	25%	27%	18%	16%	18%	18%	18%	18%	17%	16%	17%	10%	12%	10%
	Bekannte unkontrollierte HTN	31%	29%	45%	46%	44%	36%	36%	35%	33%	34%	33%	44%	42%	44%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	20%	18%	28%	27%	22%	21%	23%	21%	25%	26%	22%	29%	29%	29%
70-74	Normotonie	15%	14%	16%	20%	22%	21%	24%	24%	24%	23%	18%	18%	16%	
	Bekannte kontrollierte HTN	16%	16%	16%	18%	19%	18%	16%	14%	17%	13%	12%	13%		
	Bekannte unkontrollierte HTN	47%	47%	47%	37%	35%	36%	39%	40%	37%	45%	46%	45%		
	Unbekannte unkontrollierte HTN	22%	24%	21%	25%	24%	25%	22%	22%	23%	24%	24%	26%		
75-79	Normotonie	15%	14%	17%								10%	12%	12%	
	Bekannte kontrollierte HTN	21%	21%	23%								10%	13%	12%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	43%	43%	40%								46%	43%	44%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	21%	23%	19%								34%	32%	32%	
Gesamt	Normotonie	47%	48%	20%	19%	22%	35%	34%	36%	47%	47%	49%	31%	31%	32%
	Bekannte kontrollierte HTN	16%	18%	13%	14%	15%	17%	17%	18%	12%	12%	13%	10%	10%	10%
	Bekannte unkontrollierte HTN	17%	16%	41%	41%	40%	28%	27%	27%	21%	21%	20%	33%	32%	33%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	19%	18%	25%	26%	23%	20%	21%	19%	20%	20%	18%	27%	26%	25%

Farbskala für normotone Messwerte:	0%	25%	50%	75%	100%
Farbskala für hypertensive Messwerte:	0%	25%	50%	75%	100%

Abb. 5 ▲ Hypertoniestatus der männlichen Studienteilnehmer nach Altersgruppen anhand unterschiedlicher Definitionen des Blutdruckwertes für wissenschaftliche Auswertungen. *HTN* Hypertonie, *MW* Mittelwert. *Normotonie*: normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg) und keine Hypertonie laut Selbstangabe. *Bekannte, kontrollierte Hypertonie (HTN)*: normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg), aber Hypertonie laut Selbstangabe. *Bekannte, unkontrollierte Hypertonie*: hypertensive Messwerte (SBP ≥140 mm Hg und/oder DBP ≥90 mm Hg) und auch Hypertonie laut Selbstangabe. *Unbekannte, unkontrollierte Hypertonie*: hypertensive Messwerte (SBP ≥140 mm Hg und/oder DBP ≥90 mm Hg), aber keine Hypertonie laut Selbstangabe

der NAKO mit verschiedenen populationsbasierten Kohortenstudien in Deutschland verglichen. Zum ersten Mal wurden hier Blutdruckmessdaten der ersten Hälfte der Teilnehmenden aus der deutschlandweiten NAKO Gesundheitsstudie dargestellt. In dieser wurden zur Schätzung der Blutdruckwerte der Studienteilnehmenden im Interesse kürzerer Gesamtuntersuchungszeiten lediglich zwei statt drei Blutdruckmessungen, zudem in einem engeren zeitlichen Abstand durchgeführt. Aufgrund dieses methodischen Unterschiedes war es nicht möglich, die übliche Definition für die Ableitung der Auswertungsvariable Blutdruck – Mittelwert aus dem 2. und 3. Messwert – in der NAKO anzuwenden. Bei der empfohlenen Durchführung von drei Messungen kann zum einen der 1. Messwert verworfen werden, zum

anderen kann durch Mittelwertbildung aus 2. und 3. Messwert die Variabilität innerhalb einer Person besser erfasst werden als bei der Verwendung nur eines Messwertes für wissenschaftliche Analysen. Die Auswirkungen der methodischen Unterschiede der NAKO auf die Schätzung von Blutdruckkennzahlen und der Häufigkeit der Hypertonie wurden anhand eines Vergleichs zwischen der NAKO und fünf weiteren Kohortenstudien aus Deutschland analysiert.

Unsere Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass der zweite Messwert der üblichen Definition (Mittelwert 2./3. Messung) näherkommt als der Mittelwert 1./2. Messung. Obwohl das Fehlen der dritten Messung es nicht gestattet, den Mittelwert der 2./3. Messung zu bilden, legen unsere Ergebnisse nahe, dass die Auswirkungen auf die Schätzung

der Blutdruckwerte der Studienpopulation gering sind. Falls nur zwei Messwerte verfügbar sind, ist auf Basis unserer Ergebnisse somit ein Verzicht auf den ersten Wert ratsam. Dies steht im Einklang mit Ergebnissen aus anderen Studien. So hat eine frühere Analyse der CARLA-Kohorte ebenfalls eine Überschätzung des Blutdrucks berichtet, wenn nur der erste Messwert verwendet wird [8]. Eine Studie mit Daten der US-amerikanischen bevölkerungsbasierten NHANES-Kohorte hat zudem gezeigt, dass die Einstufung des Blutdrucks als hyper- oder normoton anhand des ersten Messwerts zu Überschätzung führen kann, wenn die Probanden einen erhöhten Blutdruck haben oder älter sind [25]. Eine Auswertung aus der EPIC-Potsdam-Studie (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) zeigte zudem,

Altersgruppe	Hypertoniestatus	NAKO		CARLA			HNR			KORA-S4			SHIP-0		
		MW	2. Wert	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	MW 1/2	2. Wert	MW 1/2	2. Wert	MW 2/3	
20-24	Normotonie	95%	95%									85%	83%	85%	
	Bekannte kontrollierte HTN	2%	2%									13%	12%	14%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	1%	1%									1%	1%	0%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	2%	2%									1%	3%	1%	
25-34	Normotonie	92%	92%						86%	87%	87%	74%	75%	75%	
	Bekannte kontrollierte HTN	3%	3%						10%	10%	10%	14%	14%	15%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	1%	1%						2%	2%	2%	6%	7%	6%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	4%	3%						2%	2%	1%	5%	4%	4%	
35-44	Normotonie	83%	83%						78%	79%	79%	66%	66%	67%	
	Bekannte kontrollierte HTN	7%	7%						9%	10%	9%	14%	14%	15%	
	Bekannte unkontrollierte HTN	3%	3%						7%	7%	7%	11%	11%	10%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN	7%	7%						6%	5%	5%	8%	9%	8%	
45-54	Normotonie	68%	69%	36%	35%	37%	64%	63%	64%	56%	56%	56%	44%	44%	45%
	Bekannte kontrollierte HTN	12%	12%	23%	23%	24%	16%	16%	16%	13%	13%	15%	20%	20%	20%
	Bekannte unkontrollierte HTN	8%	8%	31%	31%	30%	12%	12%	12%	15%	16%	14%	23%	23%	22%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	12%	11%	10%	11%	9%	9%	9%	8%	16%	15%	15%	14%	14%	13%
55-64	Normotonie	46%	48%	27%	27%	29%	46%	45%	46%	50%	48%	49%	31%	31%	33%
	Bekannte kontrollierte HTN	21%	23%	22%	23%	24%	23%	22%	23%	20%	20%	21%	21%	21%	21%
	Bekannte unkontrollierte HTN	17%	16%	34%	33%	32%	20%	20%	20%	23%	22%	21%	30%	30%	30%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	15%	14%	17%	17%	15%	12%	12%	11%	8%	9%	9%	19%	18%	16%
65-69	Normotonie	32%	33%	17%	14%	16%	33%	32%	33%	30%	29%	30%	20%	19%	21%
	Bekannte kontrollierte HTN	24%	27%	24%	22%	24%	27%	27%	27%	24%	24%	25%	14%	18%	14%
	Bekannte unkontrollierte HTN	26%	24%	43%	45%	43%	24%	24%	24%	34%	34%	33%	44%	40%	44%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	18%	16%	16%	19%	17%	16%	17%	16%	12%	13%	12%	22%	22%	21%
70-74	Normotonie			13%	12%	12%	32%	32%	31%	36%	35%	38%	19%	21%	19%
	Bekannte kontrollierte HTN			24%	22%	27%	26%	27%	24%	19%	21%	23%	14%	16%	16%
	Bekannte unkontrollierte HTN			49%	51%	46%	29%	28%	30%	38%	37%	34%	46%	44%	44%
	Unbekannte unkontrollierte HTN			14%	15%	15%	14%	14%	14%	6%	7%	5%	21%	19%	21%
75-79	Normotonie			15%	15%	16%						15%	17%	16%	
	Bekannte kontrollierte HTN			17%	15%	21%						12%	12%	10%	
	Bekannte unkontrollierte HTN			54%	56%	50%						52%	52%	54%	
	Unbekannte unkontrollierte HTN			13%	13%	12%						21%	19%	20%	
Gesamt	Normotonie	62%	63%	25%	24%	26%	47%	47%	47%	62%	61%	62%	48%	49%	49%
	Bekannte kontrollierte HTN	15%	15%	22%	21%	24%	22%	22%	22%	14%	15%	15%	16%	17%	17%
	Bekannte unkontrollierte HTN	12%	11%	39%	40%	37%	19%	19%	19%	16%	16%	15%	22%	22%	22%
	Unbekannte unkontrollierte HTN	12%	11%	14%	15%	13%	12%	12%	12%	8%	8%	8%	13%	13%	12%
Farbskala für normotone Messwerte:		0%	25%	50%	75%	100%									
Farbskala für hypertensive Messwerte:		0%	25%	50%	75%	100%									

Abb. 6 ▲ Hypertoniestatus der weiblichen Studienteilnehmerinnen nach Altersgruppen anhand unterschiedlicher Definitionen des Blutdruckwertes für wissenschaftliche Auswertungen. *HTN* Hypertonie, *MW* Mittelwert. *Normotonie*: normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg) und keine Hypertonie laut Selbstangabe. *Bekannte, kontrollierte Hypertonie (HTN)*: normotone Messwerte (SBP <140 mm Hg und DBP <90 mm Hg), aber Hypertonie laut Selbstangabe. *Bekannte, unkontrollierte Hypertonie*: hypertensive Messwerte (SBP ≥140 mm Hg und/oder DBP ≥90 mm Hg) und auch Hypertonie laut Selbstangabe. *Unbekannte, unkontrollierte Hypertonie*: hypertensive Messwerte (SBP ≥140 mm Hg und/oder DBP ≥90 mm Hg), aber keine Hypertonie laut Selbstangabe

dass die Überschätzung des Blutdrucks mit dem ersten Blutdruckmesswert abhängig von Alter, Gewicht, Höhe des Blutdrucks sowie Medikation war [26].

Da die Unterschiede des geschätzten Blutdrucks zwischen der Durchführung von nur zwei im Vergleich zu drei Messungen gering waren, ist ein Vergleich der aus der NAKO gewonnenen Blutdruckwerte mit anderen Studien, die drei Messungen durchgeführt haben, legitim. Die Verwendung des 2. Messwerts statt des Mittelwerts aus 2. und 3. Messung für die Definition der Hypertonie kann jedoch zu einer leichten Überschätzung des Anteils an Studienteilnehmenden mit Hypertonie führen.

Die Untersuchungen bieten auch eine umfassende Darstellung des Blutdrucks über verschiedene Altersstufen. Die Blutdruckwerte in der NAKO zeigten die er-

warteten altersspezifischen Trends, ähnlich wie in den anderen betrachteten Studien. Der systolische Blutdruck stieg mit dem Alter an, während der diastolische Blutdruck einen invertierten u-förmigen Verlauf zeigte, vermutlich altersbedingt durch den Anstieg der arteriellen Steifigkeit [27]. Der Vergleich der aktuellsten Studien NAKO und DEGS1 mit den früheren Kohorten zeigte einen niedrigeren mittleren Blutdruck bzw. eine bessere Kontrolle der Hypertonie und die hier untersuchte Teilstichprobe der NAKO aus der ersten Rekrutierungshälfte wies insgesamt niedrigere Hypertoniehäufigkeiten auf als die früher durchgeführten Studien.

Vorläufige Auswertungen der Response in der NAKO zeigten eine niedrigere Teilnahmebereitschaft als in früheren Studien. Inwiefern die niedrigeren

Blutdruckwerte und Hypertoniehäufigkeiten daher auf eine mögliche Selektion der Studienteilnehmenden und Unterschiede der Response zurückzuführen sein könnten, lässt sich jedoch in der aktuellen Analyse nicht eruieren, da hier nur eine Unterstichprobe der NAKO-Teilnehmenden untersucht wurde und Aussagen zur Response und zu möglichen Selektionseffekten erst nach Abschluss der Basisrekrutierung und nach Auswertung wichtiger Charakteristika der Non-Responder im Vergleich zu NAKO-Teilnehmenden möglich sein werden.

Die Auswertung der verschiedenen Kohortenstudien zeigte, dass der Anteil der unbekanntem Hypertonie hoch war und sich auch in der NAKO als aktuellster Studie insbesondere bei Männern mit 12 % bis 20 % immer noch auf hohem

Niveau befand. Zudem war auch der Anteil der Teilnehmenden mit bekannter, aber unkontrollierter Hypertonie hoch und erreichte in einigen Studienpopulationen und Altersgruppen über 40 %. Beide Beobachtungen werfen die Frage nach geeigneten Maßnahmen auf, um diesen Missstand zu beheben.

Stärken und Schwächen

Die Stärke unserer Studie ist der Einschluss von mehreren populationsbasierten Studien aus Deutschland, die alle ein ähnliches Studienkonzept hatten und hinsichtlich Alter und Geschlecht sehr ähnlich aufgebaut waren. Bis auf die beschriebenen Abweichungen bei der NAKO und ein anderes Blutdruckmessgerät bei DEGS1 wurden die Blutdruckmessungen in allen Studien nach den identischen standardisierten Methoden durchgeführt. Die Daten wurden alle zentral mit gleicher Syntax analysiert. Nach unserem Wissen ist dies die erste Studie, welche die Auswirkung der Auswahl des finalen Blutdruckmesswertes auf die Blutdruck- und Hypertonieverteilung in mehreren Kohorten gleichzeitig untersucht hat.

Eine Schwäche der vorliegenden Analyse ist, dass zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Medikamentendaten in die Analysen einbezogen werden konnten, da die ATC-Codes (anatomisch-therapeutisch-chemisches Klassifikationssystem) für die NAKO noch in Bearbeitung sind. Dies limitierte die Möglichkeit, die Hypertonie analog zu DEGS1 zu klassifizieren. Weiterhin lassen sich die vorliegenden Ergebnisse der Häufigkeitsschätzung nicht auf die Allgemeinbevölkerung beziehen, da lediglich DEGS1 ein bundesweit repräsentatives Sampling- und Wichtungsverfahren eingesetzt hat. Eine weitere Limitation ist die in NAKO gegenüber den anderen Studien verkürzte Wartezeit zwischen den Messungen (2 min statt 3 min Pause), deren Auswirkungen wir nicht analysieren können. Obwohl es Hinweise gibt, dass die Wartezeit zwischen den Messungen keine große Auswirkung auf die Blutdruckwerte hat [28], sind individuelle Unterschiede in der Zeit zur Stabilisierung der Blutdruckwerte bekannt [29].

Fazit

Grundsätzlich ist es wünschenswert, für die Schätzung des mittleren Blutdrucks der Bevölkerung den Mittelwert aus der zweiten und dritten Messung zu verwenden und den ersten Messwert zu verwerfen. Bei Vorhandensein von nur zwei Messwerten befindet man sich im Dilemma, entweder den ersten Wert nicht verwerfen zu können oder sich nur auf den zweiten Einzelmesswert stützen zu müssen. Die Ergebnisse der vorliegenden Analyse weisen darauf hin, dass bei Vorliegen von nur zwei konsekutiven Blutdruckmesswerten die Verwendung des Mittelwerts aus beiden Messungen zu höheren Blutdruckschätzungen führt als die Verwendung nur des zweiten Messwertes. Der zweite Messwert ist daher, obwohl er in der Regel höher als der Mittelwert aus zweitem und drittem Messwert ist, ein valideres Maß für den zugrunde liegenden Blutdruck als der Mittelwert aus erstem und zweitem Blutdruckmesswert. Die Verwendung des alleinigen zweiten Messwerts kann jedoch dennoch zu einer leichten Überschätzung der Hypertoniehäufigkeit in der Bevölkerung in Vergleich zur bisher gebräuchlichen Berechnung auf Basis des Mittelwerts aus zweiter und dritter Messung führen. Die Ergebnisse mit der ersten Hälfte der Teilnehmenden der NAKO zeigen, dass – sofern das Studiendesign nicht die Erhebung von mehr als zwei Blutdruckwerten erlaubt – für die wissenschaftliche Auswertung die Verwendung des zweiten Blutdruckmesswerts nach Verwerfen des ersten Messwertes zu empfehlen ist.

Korrespondenzadresse

Dr. Tamara Schikowski

IUF – Leibniz Institut für umweltmedizinische Forschung gGmbH
Auf'm Hennekamp 50, 40225 Düsseldorf, Deutschland
tamara.schikowski@iuf-duesseldorf.de

Danksagung. Wir danken den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Studien, den finanziellen und idealen Unterstützern sowie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aller Studien. Die CARLA-Studie wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 598 „Herzversagen im Alter – zelluläre Mechanismen und therapeutische Einflussnahme“, durch das Wilhelm-Roux-Programm der Martin-Luther-Universität

Halle-Wittenberg (MLU Halle), durch das Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt und durch die Bundesagentur für Arbeit. Es wurden Daten der Heinz-Nixdorf-Recall-Studie (HNR) verwendet, die von der Heinz Nixdorf Stiftung (derzeitiger Vorstandsvorsitzender: Martin Nixdorf) gefördert wurde. Weitere Unterstützung erhielt die Studie u. a. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Forschungsplattform KORA (Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg) wurde initiiert und finanziert vom Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie vom Freistaat Bayern gefördert wird. Es wurden Daten und/oder Probenmaterial der Study of Health in Pomerania (SHIP) vom Forschungsverbund Community Medicine der Universitätsmedizin Greifswald zur Verfügung gestellt. Förderer: BMBF Förderkennzeichen: 01ZZ9603, 01ZZ0103, 01ZZ0701 und das Land Mecklenburg-Vorpommern.

Förderung. Dieses Projekt wurde mit Daten der NAKO Gesundheitsstudie (www.nako.de), der DEGS1-Studie, der CARLA-Studie, der HNR-Studie, der KORA-Studie und der SHIP-Studie durchgeführt. Die NAKO Gesundheitsstudie wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, Förderkennzeichen 01ER1301A/B/C und 01ER1511D), die Bundesländer und die Helmholtz-Gemeinschaft gefördert sowie durch die beteiligten Universitäten und Institute der Leibniz-Gemeinschaft finanziell unterstützt.

Funding. Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T. Schikowski, C. Wigmann, K.B. Fuks, S. Schipf, M. Heier, H. Neuhauser, G. Sarganas, W. Ahrens, H. Becher, K. Berger, H. Brenner, S. Castell, A. Damms-Machado, M. Dörr, N. Ebert, L. Efreimov, C. Emmel, S.B. Felix, B. Fischer, C.-W. Franzke, S. Gastell, K. Günther, J. Haerting, T. Ittermann, L. Jaeschke, A. Jagodzinski, K.-H. Jöckel, R. Kaaks, S. Kalinowski, T. Keil, Y. Kemmling, A. Kluttig, L. Krist, O. Kuss, N. Legath, M. Leitzmann, W. Lieb, M. Löffler, C. Meinke-Franze, K.B. Michels, R. Mikolajczyk, S. Moebus, S. Nuding, A. Peters, T. Pischon, I.-M. Rückert-Eheberg, B. Schöttker, B. Schmidt, C.O. Schmidt, M.B. Schulze, A. Stang, I. Thiele, S. Thiery, B. Thorand, H. Völzke, S. Waniek, K. Werdan, K. Wirkner und K.H. Greiser geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen oder an menschlichem Gewebe wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz

beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Neuhauser H, Thamm M, Ellert U (2013) Blood pressure in Germany 2008–2011: results of the German health interview and examination survey for adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 56:795–801
2. Whelton PK, He J, Appel LJ et al (2002) Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from the national high blood pressure education program. *JAMA* 288:1882–1888
3. Williams B, Mancia G, Spiering W et al (2018) 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J* 39:3021–3104
4. Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL (2018) Leitlinien zur Behandlung der arteriellen Hypertonie
5. Handler J (2009) The importance of accurate blood pressure measurement. *Perm J* 13:51–54
6. Kawahara J, Sano H, Fukuzaki H, Saito K, Hirouchi H (1989) Acute effects of exposure to cold on blood pressure, platelet function and sympathetic nervous activity in humans. *Am J Hypertens* 2:724–726
7. Campbell NR, McKay DW, Chockalingam A, Fodor JG (1994) Errors in assessment of blood pressure: patient factors. *Can J Public Health* 85(2):S12–17
8. Lacruz ME, Kluttig A, Kuss O et al (2017) Short-term blood pressure variability—variation between arm side, body position and successive measurements: a population-based cohort study. *BMC Cardiovasc Disord* 17:31
9. Padwal R, Campbell NRC, Schutte AE et al (2019) Optimizing observer performance of clinic blood pressure measurement: a position statement from the lancet commission on hypertension group. *J Hypertens* 37:1737–1745
10. Schulze MB, Kroke A, Saracci R, Boeing H (2002) The effect of differences in measurement procedure on the comparability of blood pressure estimates in multi-centre studies. *Blood Press Monit* 7:95–104
11. Horacek M, Mohlenkamp S, Mahabadi AA et al (2012) Prevalence of arterial hypertension in the population of western Germany: Heinz Nixdorf recall study. *Herz* 37:721–727
12. Lacruz ME, Kluttig A, Hartwig S et al (2015) Prevalence and incidence of hypertension in the general adult population: results of the CARLA-cohort study. *Medicine* 94:e952
13. Lowel H, Meisinger C, Heier M, Hoyer H, Alte D, Völzke H (2006) Epidemiology of hypertension in Germany. Selected results of population-representative cross-sectional studies. *Dtsch Med Wochenschr* 131:2586–2591
14. Rückert I-M, Baumert J, Schunk M et al (2015) Blood pressure control has improved in people with and without type 2 diabetes but remains suboptimal: a longitudinal study based on the German DIAB-CORE consortium. *PLoS ONE* 10:e133493–e133493
15. Ahrens W, Geiser H, Linseisen J et al (2014) The design of a nationwide cohort study in Germany: the pretest studies of the German national cohort (GNC). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 57:1246–1254
16. Schipf S, Schöne G, Schmidt B et al (2020) Die Basiserhebung der NAKO Gesundheitsstudie: Teilnahme an den Untersuchungsmodulen, Qualitätssicherung und Nutzung von Sekundärdaten. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03093-z>
17. Scheidt-Nave C, Kamtsiuris P, Gößwald A et al (2012) German health interview and examination survey for adults (DEGS)—design, objectives and implementation of the first data collection wave. *BMC Public Health* 12:730–730
18. Geiser KH, Kluttig A, Schumann B et al (2005) Cardiovascular disease, risk factors and heart rate variability in the elderly general population: design and objectives of the CARdiovascular disease, living and ageing in Halle (CARLA) study. *BMC Cardiovasc Disord* 5:33
19. Schmermund A, Mohlenkamp S, Stang A et al (2002) Assessment of clinically silent atherosclerotic disease and established and novel risk factors for predicting myocardial infarction and cardiac death in healthy middle-aged subjects: rationale and design of the Heinz Nixdorf RECALL study. Risk factors, evaluation of coronary calcium and lifestyle. *Am Heart J* 144:212–218
20. Stang A, Moebus S, Mohlenkamp S et al (2006) Algorithms for converting random-zero to automated oscillometric blood pressure values, and vice versa. *Am J Epidemiol* 164:85–94
21. Holle R, Happich M, Lowel H, Wichmann HE (2005) KORA—a research platform for population based health research. *Gesundheitswesen* 67(1):S19–25
22. Meisinger C, Heier M, Völzke H et al (2006) Regional disparities of hypertension prevalence and management within Germany. *J Hypertens* 24:293–299
23. Völzke H, Alte D, Schmidt CO et al (2011) Cohort profile: the study of health in Pomerania. *Int J Epidemiol* 40:294–307
24. Adler C, Ellert U, Neuhauser HK (2014) Disagreement of the two oscillometric blood pressure measurement devices, datascoper accutorr plus and omron HEM-705CP II, and bidirectional conversion of blood pressure values. *Blood Press Monit* 19:109–117
25. Handler J, Zhao Y, Egan BM (2012) Impact of the number of blood pressure measurements on blood pressure classification in US adults: NHANES 1999–2008. *J Clin Hypertens* 14:751–759
26. Schulze MB, Kroke A, Bergmann MM, Boeing H (2000) Differences of blood pressure estimates between consecutive measurements on one occasion: implications for inter-study comparability of epidemiologic studies. *Eur J Epidemiol* 16:891–898
27. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR et al (2003) Seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. *Hypertension* 42:1206–1252
28. Vinyoles E, Cecilia M, Garcia-Alfaro M, Vera M, Fernandez-San Martin MI (2014) To wait or not to wait 1 min between office blood pressure readings. *Blood Press Monit* 19:203–207
29. Mahe G, Comets E, Nouni A et al (2017) A minimal resting time of 25 min is needed before measuring stabilized blood pressure in subjects addressed for vascular investigations. *Sci Rep* 7:12893

Affiliations

- ¹ IUF – Leibniz Institut für umweltmedizinische Forschung gGmbH, Düsseldorf, Deutschland
- ² Fachgebiet Strahlenepidemiologie und -Risikobewertung, Bundesamt für Strahlenschutz, Oberschleißheim, Deutschland
- ³ Institut für Community Medicine, Universitätsmedizin Greifswald, Greifswald, Deutschland
- ⁴ Institut für Epidemiologie, Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Neuherberg, Deutschland
- ⁵ KORA-Studienzentrum, Universitätsklinikum Augsburg, Augsburg, Deutschland
- ⁶ Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring, Robert Koch-Institut, Berlin, Deutschland
- ⁷ Standort Berlin, DZHK (Deutsches Zentrum für Herz-Kreislauf-Forschung), Berlin, Deutschland
- ⁸ Leibniz Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie, BIPS, Bremen, Deutschland
- ⁹ Institut für Statistik, Fachbereich Mathematik und Informatik, Universität Bremen, Bremen, Deutschland
- ¹⁰ Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg-Eppendorf, Deutschland
- ¹¹ Institut für Epidemiologie und Sozialmedizin, Universität Münster, Münster, Deutschland
- ¹² Abt. Klinische Epidemiologie und Altersforschung, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), Heidelberg, Deutschland
- ¹³ Netzwerk Altersforschung (NAR) an der Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland
- ¹⁴ Abteilung für Epidemiologie, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI), Braunschweig, Deutschland
- ¹⁵ Abteilung Epidemiologie von Krebserkrankungen, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland
- ¹⁶ Klinik und Poliklinik für Innere Medizin B, Universitätsmedizin Greifswald, Greifswald, Deutschland
- ¹⁷ Standort Greifswald, Deutsches Zentrum für Herz-Kreislauf-Forschung (DZHK), Greifswald, Deutschland
- ¹⁸ Institut für Biometrie und Epidemiologie, Deutsches Diabetes-Zentrum (DDZ), Leibniz-Zentrum für Diabetes-Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland
- ¹⁹ Institut für Epidemiologie, Biometrie und Informatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland
- ²⁰ Institut für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie, Universitätsklinikum Essen, Essen, Deutschland
- ²¹ Institut für Epidemiologie und Präventivmedizin, Universität Regensburg, Regensburg, Deutschland
- ²² Institut für Prävention und Tumorepidemiologie, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland
- ²³ Zentrale Einrichtung NAKO Studienzentrum, Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke, Nuthetal, Deutschland
- ²⁴ Forschergruppe Molekulare Epidemiologie, Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft (MDC), Berlin, Deutschland
- ²⁵ Klinik für Allgemeine und Interventionelle Kardiologie, Universitäres Herz- und Gefäßzentrum Hamburg-Eppendorf, Hamburg-Eppendorf, Deutschland
- ²⁶ Epidemiologisches Studienzentrum, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg-Eppendorf, Deutschland
- ²⁸ Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland
- ²⁹ Institut für Klinische Epidemiologie und Biometrie, Universität Würzburg, Würzburg, Deutschland
- ³⁰ Landesinstitut für Gesundheit, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), Bad Kissingen, Deutschland
- ³¹ Institut für Epidemiologie, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland
- ³² Universitätsklinik und Poliklinik für Innere Medizin III, Universitätsklinikum Halle (Saale), Halle (Saale), Deutschland
- ³³ Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland
- ³⁵ Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie (IMISE), Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland
- ³⁶ LIFE – Leipziger Forschungszentrum für Zivilisationserkrankungen, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland
- ³⁷ Lehrstuhl für Epidemiologie, UNIKA-T Augsburg, Ludwig-Maximilians-Universität München, Augsburg, Deutschland
- ³⁸ Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE), Ludwig-Maximilians-Universität München, München, Deutschland
- ³⁹ NAKO-Studienzentrum, Universitätsklinikum Augsburg, Augsburg, Deutschland
- ⁴⁰ Abteilung Molekulare Epidemiologie, Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke, Nuthetal, Deutschland