

# Knochenmineraldichtemessungen am distalen Unterarm merowingischer Skelette im Vergleich zu Werten anderer Messregionen

Johanna Hammerl, Micha Schwikardi, Nils-Jörn Rehbach,  
Joachim Happ und Reiner Protsch von Zieten

## Einleitung

Der technische Fortschritt in der Osteoporosediagnostik, mit der Möglichkeit der quantitativen Bestimmung der Knochenmineraldichte (KMD), führte zu einem neuen Interesse an der Osteoporose. Derzeit sind osteodensitometrische Untersuchungen des ganzen Skelettsystems, wie auch einzelner Skelettanteile und hierbei peripherer und zentraler Skelettregionen möglich. Erstmals wurde die Unterarmregion an merowingischen Skeletten aus drei unterschiedlichen Lokationen mit Hilfe der Dual X-Ray Absorptiometry (DXA) untersucht.

## Material und Methoden

Aus drei verschiedenen Gräberfeldern aus merowingischer Zeit (Edesheim, Essingen und Bockenheim/Rheinland-Pfalz) wurden nach der Geschlechts- und Altersbestimmung Individuen mit intakten Skelettregionen aus-

gewählt ( $n = 33$ ;  $m = 25$ ;  $w = 8$ ). Mit Hilfe des Röntgen-Osteodensitometers Hologic QDR-1000 wurde die Knochenmineraldichte (KMD) des Radius bestimmt, wobei Messwerte der ultradistalen Region (UD) und der sog. 1/3-Region (1/3) gewonnen wurden (Abb. 1). Bei vorab durchgeführten Messungen von Unterarmknochen ohne und mit Hackfleischmantel zur Simulation der Unterarmweichteile hatte sich herausgestellt, dass dieser keinen Einfluss auf die Messergebnisse besitzt. Daher wurden die Radii der untersuchten Individuen ohne Weichteilhülle gemessen.

Die Messdaten wurden mit den von Hologic angegebenen Normbereichen verglichen und die Abweichungen von der Altersnorm junger erwachsener Individuen (T-Wert), wie auch vom Mittelwert der Altersnorm (Z-Wert) in Prozent angegeben.

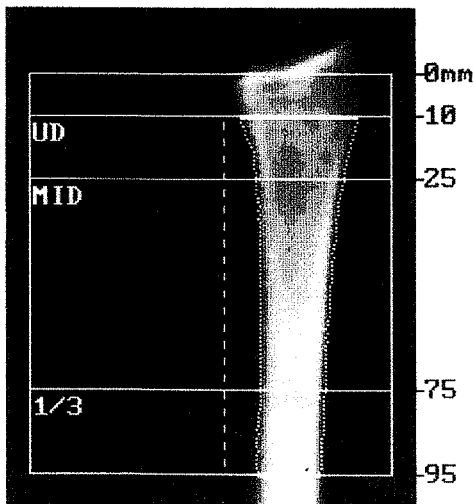
Weiterhin wurden die Messergebnisse mit den Messdaten aus vorangegangenen Untersuchungen des Femurhalsbereiches, des Ward'schen Dreiecks und der Len-

Abb. 1: Scanbild des distalen Radius.

Prof. Happ Duesseldorfer 1 6 Ffm 1

A08159706 Fri 15.Aug.1997 09:27  
Name: Essingen, Grab 18/1  
Comment:  
I.D.: Sex: M  
S.S.#: - - Ethnic:  
ZIPCode: Height: cm  
Scan Code: Weight: kg  
BirthDate: 26.Aug.72 Age:  
Physician: BAR.  
Forearm Length: 25.5 cm

k = 1.325 d0 = 171.4(1.000)[4]



C.F.	1.003	1.091	1.000
RADIUS	Area (cm <sup>2</sup> )	BMC (grams)	BMD (gms/cm <sup>2</sup> )
UD	3.75	2.26	0.602
MID	8.31	6.15	0.740
1/3	3.22	2.74	0.852
TOTAL	15.27	11.15	0.730

15.Aug.1997 09:39 [172 x 96]  
Hologic QDR-1000 (S/N 000)  
Left Forearm 05.47

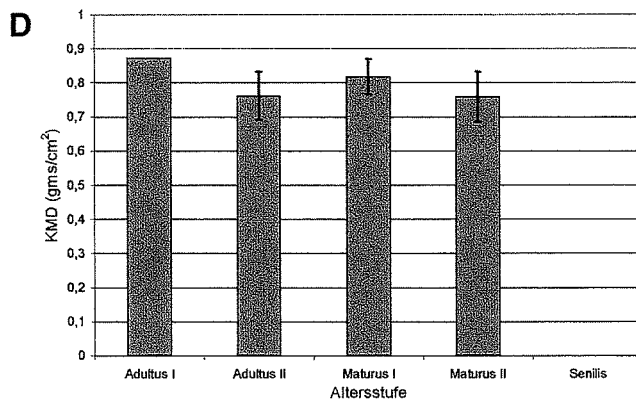
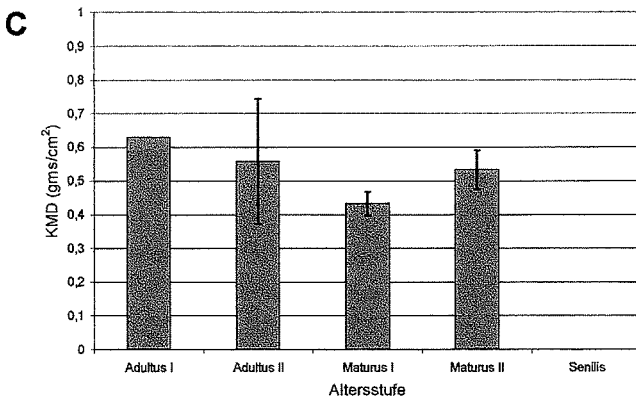
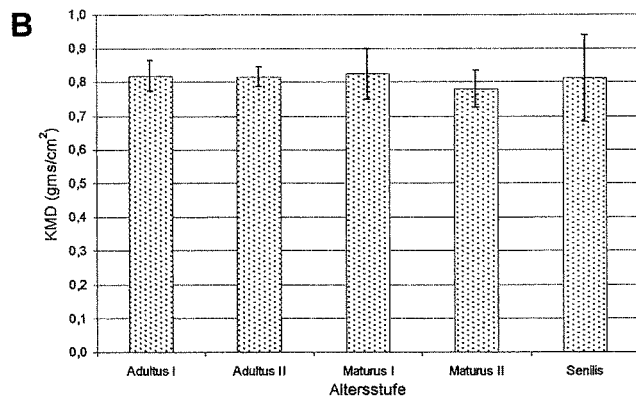
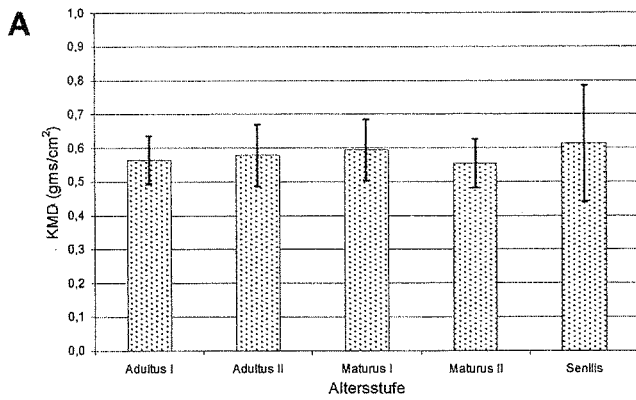


Abb. 2: Knochenmineraldichte von merowingischen Individuen im Bereich des distalen Radius. A) UD-Region, männlich; B) 1/3-Region, männlich; C) UD-Region, weiblich; D) 1/3-Region, weiblich.

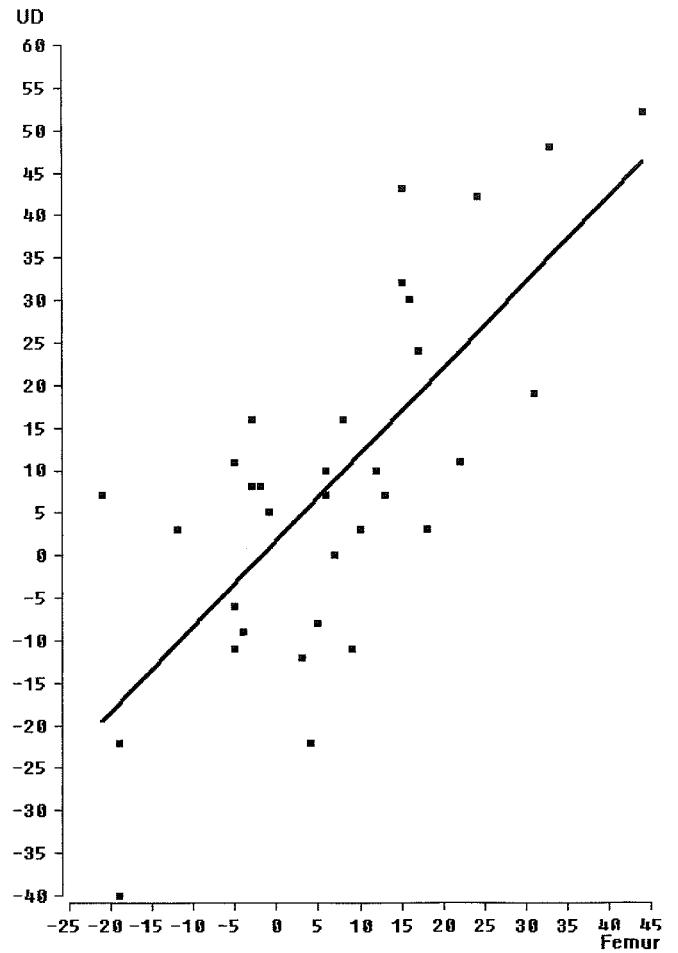


Abb. 3: Korrelation zwischen den prozentualen Abweichungen der KMD-Werte der Messregion UD und Femur von merowingischen Individuen ( $n = 33$ ;  $r = 0,72$ ;  $p < 0,05$ ).

denwirbel L1 bis L4 verglichen (HAMMERL et al. 1997, 1999).

Bei den Lendenwirbeluntersuchungen waren nicht alle Wirbelkörper vorhanden oder im messbaren Zustand, so dass die KMD-Messungen nur an gut erhaltenen Wirbelkörpern durchgeführt wurden. Wegen des meist schlechten Erhaltungszustandes der Wirbelbögen waren die Wirbelkörper von lateral gemessen und der ermittelte KMD nach der Methode von SCHWIKARDI et al. (1999) auf Dichtewerte einer postero-anterioren (PA) Messung umgerechnet worden, damit ein Vergleich mit den Normbereichen von Hologic möglich war.

## Ergebnisse

Weibliche Individuen weisen in den Altersstufen Adultus I und II höhere KMD-Werte auf als männliche Individuen, wobei der altersbedingte KMD-Abfall bei weiblichen Individuen ausgeprägter gefunden wurde.

Sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Skeletten ließ sich der höchste Abfall der KMD im WARDSchen Dreieck, gefolgt von der Femurhals-Region, nachweisen (Tab. 1).

Die KMD-Werte in der 1/3-Region des distalen Unterarms

Tab. 1: T-Werte des KMD-Abfalls unterschiedlicher Messregionen in Prozent (gerundete Mittelwerte und Standardabweichungen  $\pm n-1$ ), getrennt für männliche (m) und weibliche (w) Individuen.

	LWS		Femur		Ward		Radius-UD		Radius-1/3	
	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
AD I + AD II	2 ± 9% n = 3	13 ± 15% n = 3	9 ± 11% n = 7	26 ± 17% n = 4	19 ± 15% n = 7	40 ± 14% n = 4	5 ± 12% n = 7	30 ± 35% n = 4	0 ± 4% n = 6	14 ± 12% n = 4
MAT I	-1 ± 9% n = 3	-	11 ± 13% n = 6	-4 ± 12% n = 2	17 ± 16% n = 6	-15 ± 4% n = 2	8 ± 17% n = 6	-3 ± 8% n = 2	1 ± 9% n = 6	-6 ± 41% n = 2
MAT II + SEN	-5 ± 11% n = 4	-	0 ± 14% n = 12	-3 ± 3% n = 2	2 ± 16% n = 12	-14 ± 4% n = 2	5 ± 22% n = 12	8 ± 4% n = 2	-3 ± 11% n = 12	1 ± 2% n = 2

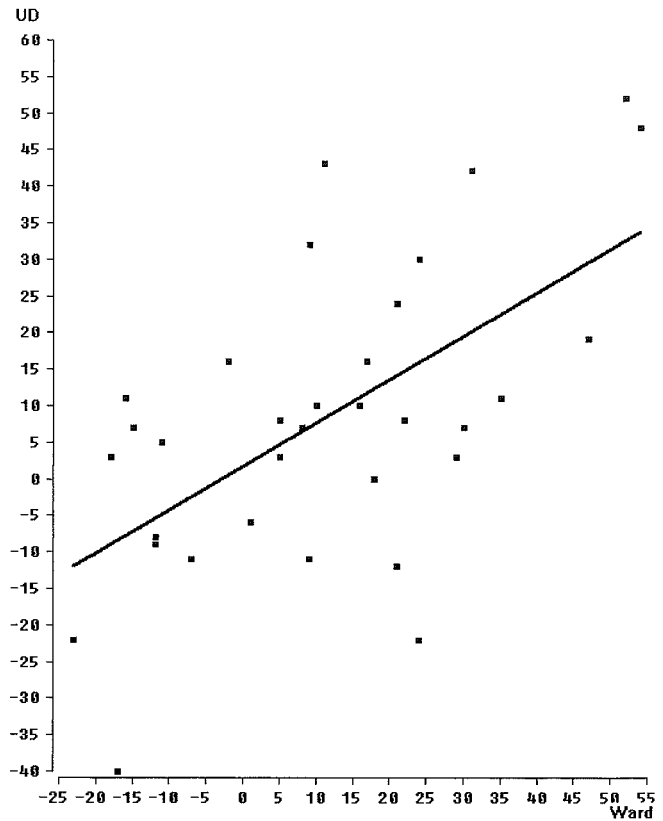


Abb. 4: Korrelation zwischen den prozentualen Abweichungen der KMD-Werte der Messregion UD und Ward von meroingischen Individuen ( $n = 33$ ;  $r = 0,59$ ;  $p < 0,05$ ).

wurden höher als in der UD-Region gefunden (Abb. 2 a–d). Bei den männlichen Individuen ließ sich kein altersbedingter Abfall der KMD in den vorgenannten Regionen erkennen (Abb. 2 a–b). Nur bei weiblichen Individuen deutet sich in der UD-Region ein altersbedingter Abfall der KMD an (Abb. 2 c–d).

In der LWS-Region zeigt sich bei männlichen Individuen ein altersbezogener KMD-Abfall. Aufgrund der geringen Fallzahl der Stichprobe war bei weiblichen Individuen diesbezüglich keine Aussage möglich (Tab. 1).

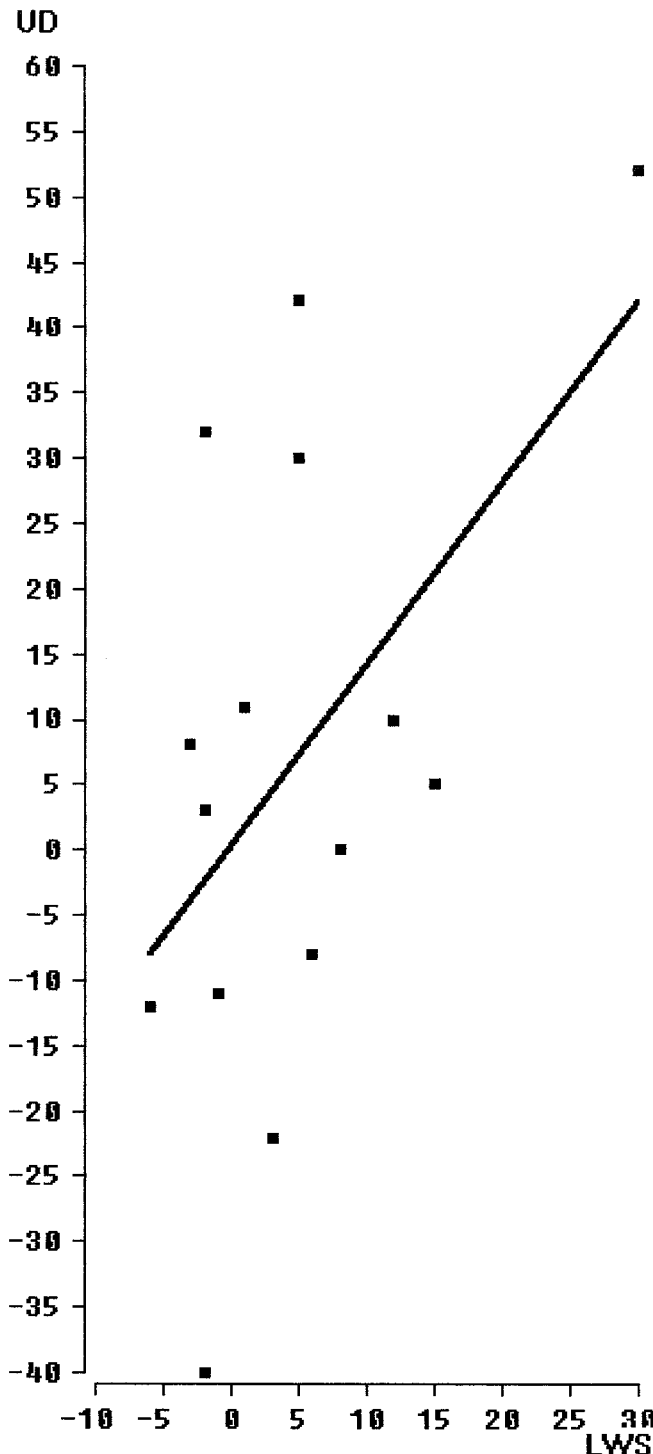
Darüber hinaus wurde die prozentuale Veränderung der KMD der unterschiedlichen Messregionen auf Korrelation miteinander überprüft (Abb. 3–5). Die KMD der UD- und der Femurhals-Region korrelierten am besten ( $r = 0,72$ ; Abb. 3). Zwischen der KMD der UD-Region und des Ward'schen Dreiecks (Ward-Region) zeigte sich ein geringerer Zusammenhang (Abb. 4). Hier beträgt der r-Wert 0,59. Die geringste Korrelation ( $r = 0,52$ ) ließ sich zwischen der UD- und der LWS-Region feststellen (Abb. 5). Hier lag jedoch nur eine geringe Stichprobengröße ( $n = 15$ ) vor.

## Diskussion

Die KMD-Werte liegen im Vergleich zu rezenten Normkollektiven insgesamt höher. Diese Beobachtung konnte schon bei vorangegangenen Femurhals- und Lendenwir-

belkörper-Messungen an historischen Skeletten gemacht werden (HAMMERL 1990; HAMMERL et al. 1997, 1999; SCHWIKARDI 1999). Möglicherweise sind diese Befunde durch in früheren Jahrhunderten günstigere Lebensbedingungen als heute zu erklären, wie z. B. hohe körperliche Aktivität, die Ernährung und Sonnenexposition. Allerdings können messtechnisch bedingte sowie exogene

Abb. 5: Korrelation zwischen den prozentualen Abweichungen der KMD-Werte der Messregionen UD und LWS von merowingischen Individuen ( $n = 15$ ;  $r = 0,52$ ;  $p = 0,049$ ).



Faktoren, wie Bodenaustauschprozesse, Kontamination etc., nicht ausgeschlossen werden.

Die Knochenmineraldichte der UD-Region war wie erwartet deutlicher als in der 1/3-Region gemindert, da in diesem Areal ein größerer Anteil spongiöser Knochen-substanz vorliegt. Bei den Radius-Messungen an männlichen Individuen konnte kein altersabhängiger progressiver Abfall der KMD nachgewiesen werden. Diese Beobachtung zeigt, dass sich in der Skelettperipherie eine Rarefizierung der Knochensubstanz erst im fortgeschrittenen Alter entwickelt. Aufgrund der geringen Fallzahlen konnte zur Altersabhängigkeit der KMD des distalen Unterarms bei weiblichen Individuen keine Aussage abgeleitet werden. Die UD-Region des Unterarms scheint physiologische oder generalisierte pathologische Veränderungen der KMD sensibler widerzuspiegeln als die 1/3-Region.

Im Bereich der UD- und der Femurhals-Region ließ sich die beste Korrelation der Messwerte nachweisen. Vermutlich liegt hier ein physiologisch ähnliches Verhalten bzgl. des Knochenabbaus vor. Dies ließ sich nicht so deutlich im Vergleich der UD- mit der Ward-Region zeigen. Die Ward-Region scheint einem stärkeren altersbezogenen Knochenabbau zu unterliegen, als die UD- und die Femur-Region. Offensichtlich haben in diesem Bereich altersphysiologische Prozesse einen größeren Einfluss auf die KMD. Dies wäre u. a. durch den fehlenden Kompakta-Anteil im Ward'schen Dreieck zu erklären. Ein Vergleich der UD- mit der LWS-Region ergab die geringste Korrelation, was aber auch eine Folge der geringen Stichprobe sein kann.

Beim Vergleich der intraindividuellen Messdaten fällt auf, dass zum größten Teil Radiusmessungen von denjenigen Individuen vorhanden sind, bei denen auch die KMD-Werte im Bereich des Femurhalses und der Lendenwirbelkörper relativ hoch waren. Radii von Individuen, die in den letztgenannten Messregionen sehr geringe Werte aufwiesen, standen vermutlich aufgrund von Bergungsschwierigkeiten, postmortalen Destruktionen etc. nicht zur Verfügung.

#### Ausblick

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass die Osteodensitometrie neben den Messbereichen Femurhals und Lendenwirbelkörper auch für die KMD-Bestimmung von Radii herangezogen und damit als wichtiges Instrument in der anthropologischen Diagnostik eingesetzt werden kann. Ebenso könnte es auch möglich sein, isolierte Knochenfunde unbekannter Herkunft anhand des Mineralisationsgrades bezüglich des Lebensalters grob einzuordnen. Damit könnten der Demineralisationsgrad der Skelettfragmente bestimmt und möglicherweise Rückschlüsse auf das Alter des Toten gezogen werden, so dass diese Methode als gerichtsmedizinisches Verfahren unterstützend zur Identifizierung unbekannter Leichen herangezogen werden kann (SCHWIKARDI et al. 2001).

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Johanna Hammerl  
Institut der Anthropologie und Humangenetik  
für Biologen  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Siesmayerstraße 70  
D-60323 Frankfurt am Main

## Literatur

- HAMMERL, J. (1990): Bestimmung der Knochendichte durch quantitative digitale Radiographie (QDR) am Femurhals bei einer merowingischen Population aus Bockenheim/Landkreis Bad Dürkheim. Dissertation im FB Biologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität.
- HAMMERL, J., R. PROTSCH VON ZIETEN, R. WOLF, H. BAUMANN, K. BETHGE, I. SYMIETZ, ST. JANKUHN, T. BUTZ, R.-H. FLAGMEYER, T. REINERT & J. VOGT (1997): Ermittlung der Knochenmineraldichte sowie der Haupt- und Spurenelemente an historischen Knochen. In: M. KOKABI (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie, Band I, Konstanz, 204–207.
- HAMMERL, J., M. SCHWIKARDI, J. HAPP & R. PROTSCH VON ZIETEN (1999): Knochenmineraldichte von Lendenwirbeln historischer Skelette. In: M. KOKABI & E. MAY (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie, Band II, Konstanz, 186–188.
- SCHWIKARDI, M., J. HAMMERL, J. HAPP & R. PROTSCH VON ZIETEN (1999): Verfahren zum Vergleich von Knochendichtemessungen an Lendenwirbeln historischer Skelette mit rezenten Normkollektiven. In: M. KOKABI & E. MAY (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie, Band II, Konstanz, 189–194.
- SCHWIKARDI, M., J. HAMMERL, N.-J. REHBACH, J. HAPP & R. PROTSCH VON ZIETEN (2001): Osteodensitometrie als Hilfsmittel zur Identifizierung von Skelett- bzw. Knochenfunden. In: E. MAY & N. BENECKE (Hrsg.), Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie, Band III, Konstanz, 168–171.