

Abschlussbericht zum Vorhaben

Epidemiologische Fall-Kontroll-Studie zur
Risikoabschätzung frequenzabhängiger arbeitsbedingter
Hand-Arm-Vibrationen, FP 297

Kurzfassung

Laufzeit

01.01.2010 – 31.12.2021

Autoren

Dr. Yi Sun

Dr. Frank Bochmann

im Auftrag des UVT-Forschungsbegleitkreises

Inhaltsverzeichnis

1. Problemstellung/Ziele, Objectives
2. Aktivitäten/Methode, Activities/Methods
3. Ergebnisse, Results
4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens
 - 4.1 Rekrutierung und deskriptive Beschreibung der Studienpopulation
 - 4.2 Deskriptive Beschreibung der gesamten und frequenzabhängigen Vibrationsbelastungen
 - 4.3 Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen kumulative Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw) und Erkrankungen entsprechend BK 2103
 - 4.3.1 Dosis-Wirkungsableitung in Bezug auf Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw, ungewichtet) aller Frequenzen
 - 4.3.2 Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw, ungewichtet) und Erkrankungen entspricht BK 2103
 - 4.3.3 Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen gesamten Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103
 - 4.3.4 Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103
 - 4.3.5 Interpretation Dosis-Wirkungsbeziehung mit unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Vibrationsdosis (Dhv- und Dhw-Werte)

1. Problemstellung/Ziele

Hand-Arm-Vibrationen sind mechanische Schwingungen, die durch von Hand geführte technische Werkzeuge, Geräte oder Maschinen hervorgerufen werden. Langjährige Einwirkungen von Hand-Arm-Vibrationen können pathologische Veränderungen an dem Hand-Arm-Schulter-System verursachen. Im Rahmen einer multizentrischen (BG Bau, BGRCl, BGHM und IFA) epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie wurde der mögliche Einfluss von Hand-Arm-Vibrationsbelastungen auf den Risiken von muskuloskelettalen Erkrankungen des Hand-Arm-Schulter-Systems untersucht. Dabei sollen folgende Fragen geklärt werden: 1) Besteht ein Zusammenhang bzw. eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen arbeitsbedingten Hand-Arm-Vibrationen und dem Auftreten von muskuloskelettalen Erkrankungen des Hand-Arm-Schulter-Systems? 2) Unterscheiden sich die verschiedenen Krankungsbilder bzgl. der ermittelten Dosis-Wirkungsbeziehungen? 3) Welche Bedeutung hat die Frequenzzusammensetzung der Exposition für die Dosis-Wirkungsbeziehung?

Objectives: Hand-arm vibrations are mechanical vibrations caused by hand-guided technical tools, devices or machines. Long-term exposure to hand-arm vibrations can cause pathological changes in the hand-arm-shoulder system. In a multicenter (BG BAU, BGRCl, BGHM and IFA) epidemiological case-control study the possible influence of hand-arm vibration exposure on the risks of musculoskeletal diseases of the hand-arm-shoulder system was investigated. The following questions will be addressed: 1) Is there an association or dose-response relationship between work-related hand-arm vibration and the incidence of musculoskeletal disorders of the hand-arm-shoulder system? 2) Do the different disease patterns differ with regard to the determined dose-effect relationships? 3) What is the significance of the frequency composition of the exposure for the dose-response relationship?

2. Aktivitäten/Methoden

Im Zeitraum von 01.01.2010 bis 30.11.2021 wurden männliche Fälle und Kontrollen (1:3, gematcht nach Geburtsjahren) für die Studien rekrutiert. Die Fälle beziehen sich auf die ärztlich gemeldeten neuen Verdachtsanzeigen von BK 2103 (mit 6 Krankungsbilder: Hand Osteoarthritis (OA), Ellenbogen OA, Schulter OA, Mondbeinnekrose, Kahnbeinpseudoarthrose und Ellenbogen Osteochondrose). Die Kontrollen beziehen sich auf eine Zufallsstichprobe von neuen meldepflichtigen Arbeitsunfällen. Um die Diagnosesicherheit der Verdachtsanzeige zu prüfen, wurde eine Validierungsstudie (mit röntgenologischen Untersuchungen) bei ca. 50% der Fälle durchgeführt. Bei Fällen und Kontrollen wurden standardisierte Fragebogenerhebungen durch die Aufsichtspersonen der jeweiligen BGen vorgenommen. Neben Freizeitaktivitäten und Komorbiditäten wurden die Arbeitshistorien (bzgl. der Verwendung von Hand geführten technischen Werkzeugen, die Hand-Arm-Vibrationen hervorrufen kann) jeden Studienteilnehmers detailliert erhoben. Um die Vibrationsbelastungen für jeden Studienteilnehmer zu quantifizieren, wurde eine Datenbank (Vibrationskataster) zur Vibrationsmessungen von über 700 Geräten eingerichtet. Diese Datenbank wurde für die Berechnung von Tagesdosis (Ahv(8)-typisch, Ahw(8)-typisch) und Langzeitdosis (Dhv und Dhv) von Vibrationsbelastungen herangezogen. Die Dosis-Wirkungsbeziehungen bzw. frequenzabhängigen Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen Vibrationsbelastungen und muskuloskelettalen Erkrankungen entsprechend BK 2103 wurden mittels konditionaler logistischer Regression ermittelt.

Activities/Methods: Male cases and controls (1:3, matched by birth years) were recruited for the studies during a period from 01/01/2010 - 11/30/2021. Cases refer to physician-reported new suspected cases of BK 2103 (with 6 disease pattern: Hand Osteoarthritis (OA), Elbow OA, Shoulder OA, Lunate Osteoarthritis, Scaphoid Pseudoarthritis, and Elbow Osteochondrosis). Controls refer to a random sample of new reportable occupational injuries. A validation study (with radiographic examinations) was performed on approximately 50% of the cases to test the diagnostic accuracy of the SAR. Standardized

questionnaires were administered to cases and controls by the supervisors of the respective statutory accident insurance institutions for trade and industry (BG). In addition to leisure activities and comorbidities, the work histories (regarding the use of hand-held technical tools, which can cause hand-arm vibrations) of each study participant were collected in detail. To quantify vibration exposures for each study participant, a database (vibration cadastre) of vibration measurements from over 700 devices was established. This database was used to calculate daily dose (Ahv(8)-typical, Ahw(8)-typical) and long-term dose (Dhv and Dhv) of vibration exposures. Dose-response relationships or frequency-dependent dose-response relationships between vibration exposures and musculoskeletal diseases equivalent to BK 2103 were determined using conditional logistic regressions.

3. Ergebnisse:

Insgesamt wurden 209 Fälle und 614 Kontrollen für die Studie rekrutiert. Die Validierungsstudie weist auf eine ca. 7,5% Fehldiagnose bei der Verdachtsanzeige bei Fällen hin. Das durchschnittliche Alter der Studienpopulation liegt bei ca. 52 Jahren (22 – 84 J.). Im Vergleich zu Kontrollen leiden die Fälle häufiger an Gicht, Armfraktur, Hüft OA, Knie OA, Wirbelsäule OA sowie Trauma und entzündlichen Erkrankungen an den Fingern, Ellenbogen und Schultergelenken. Die Dauer der Exposition beträgt bei Fällen durchschnittlich ca. 26 (1 – 44) Jahre mit einer Tagesdosis von Ahv(8)_typisch=5,76 m/s² und Ahw(8)_typisch=3,36 m/s². Bei den Kontrollen beträgt die Dauer der Exposition durchschnittlich ca. 25 (0,5 – 49) Jahre mit einer Tagesdosis von Ahv(8)_typisch=4,47 m/s², Ahw(8)_typisch=2,46 m/s². Nach Adjustierung von relevanten Konfoundern (Forschungszentren, generalisierte Osteoarthritis, Trauma und entzündlichen Erkrankungen an den Fingern, Ellenbogen und Schultergelenken) zeigt die Studienanalyse eine statistisch signifikante Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen kumulativer Vibrationsdosis und muskuloskeletalen Erkrankungen entsprechend BK 2103. Die Dosis-Wirkungsbeziehungen sind konstant bei den verschiedenen Krankungsbildern und unabhängig von der Berechnungsmethode zur kumulativen Vibrationsdosis. Die frequenzabhängige Dosis-Wirkungsanalyse bestätigt die Vermutung, dass die Einwirkung von Hand-Arm-Vibrationen am muskuloskeletalen System überwiegend im Frequenzbereich von < 50 Hz erfolgt.

Results: A total of 209 cases and 614 controls were recruited for the study. The validation study indicates approximately 7.5% misdiagnosis in suspected cases. The average age of the study population is approximately 52 years (22 - 84 yrs). Compared to controls, cases suffer more frequently from gout, arm fracture, hip OA, knee OA, spine OA, and trauma and inflammatory conditions of the finger, elbow, and shoulder joints. The duration of exposure for cases averages approximately 26 (1 - 44) years with a daily dose of Ahv(8)_typical=5.76 m/s² and Ahw(8)_typical=3.36 m/s². For controls, the duration of exposure averaged approximately 25 (0.5 - 49) years with a daily dose of Ahv(8)_typic=4.47 m/s², Ahw(8)_typic=2.46 m/s². After adjusting for relevant confounders (research centers, generalized osteoarthritis, trauma, and inflammatory diseases of the finger, elbow, and shoulder joints), the study analysis shows a statistically significant dose-response relationship between cumulative vibration dose and musculoskeletal diseases equivalent to BK 2103. The dose-response relationships are constant among the different disease patterns and independent of the calculation method of cumulative vibration dose. The frequency-dependent dose-response analyses confirm the assumption that the exposure of hand-arm vibration to the musculoskeletal system occurs predominantly in the frequency range of < 50 Hz.

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

4.1 Rekrutierung und deskriptive Beschreibung der Studienpopulation

Abbildung 1: Rekrutierung von Fällen und Kontrollen, Teilnahmequote

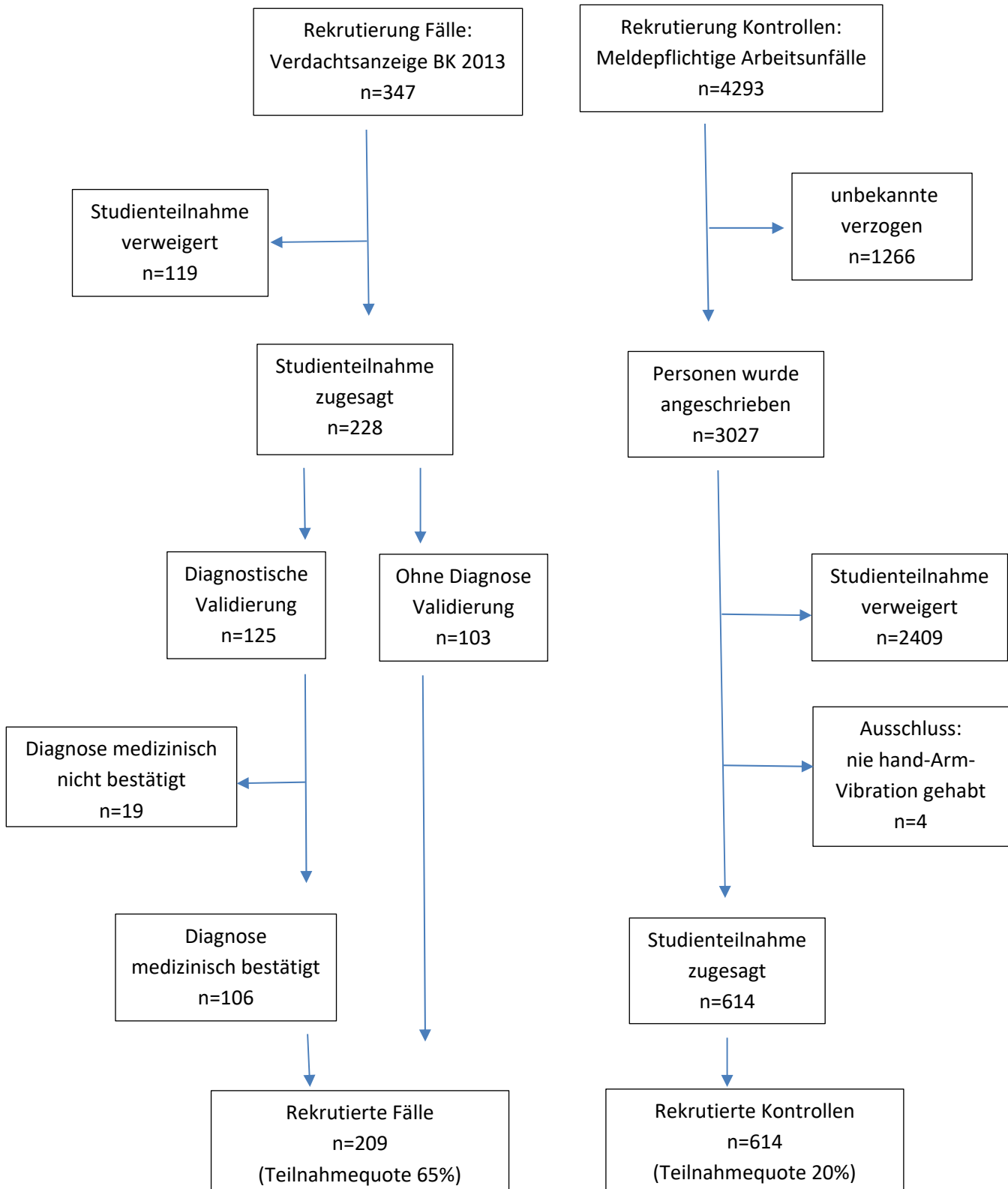


Abbildung 2: Verteilung von Fällen und Kontrollen in den jeweiligen BGen

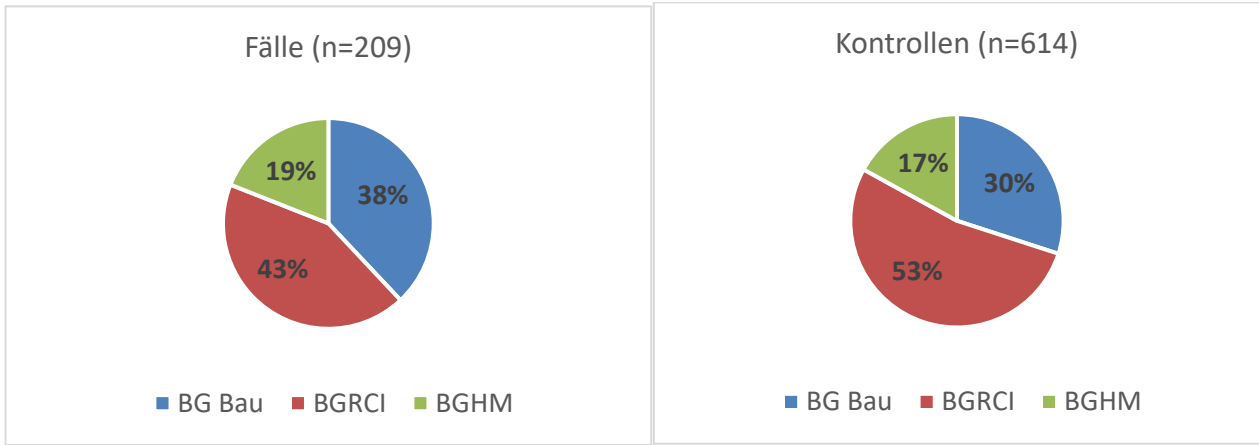


Abbildung 3: Verdachtsanzeige wegen schwerer Gelenkbeschwerden

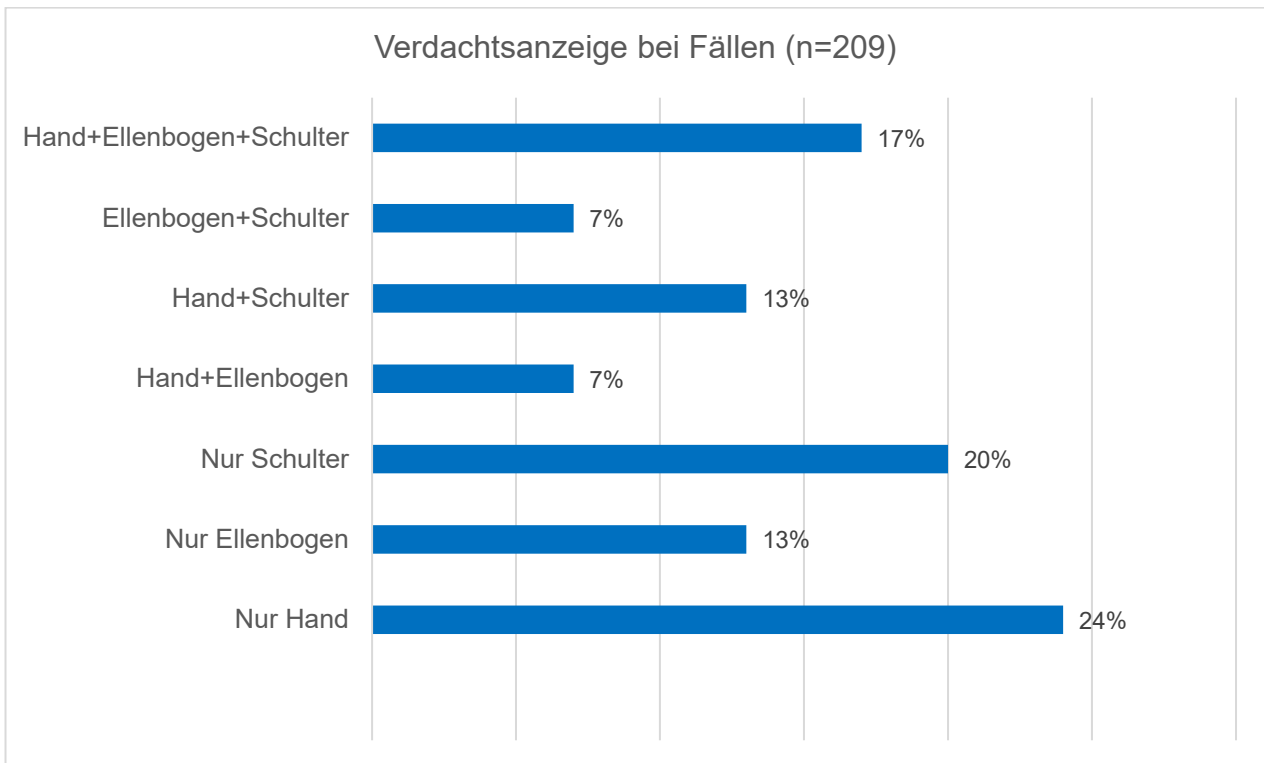


Abbildung 4: Röntgendiagnostik bei bestätigten Fällen in Validierungsstudie (n=106)

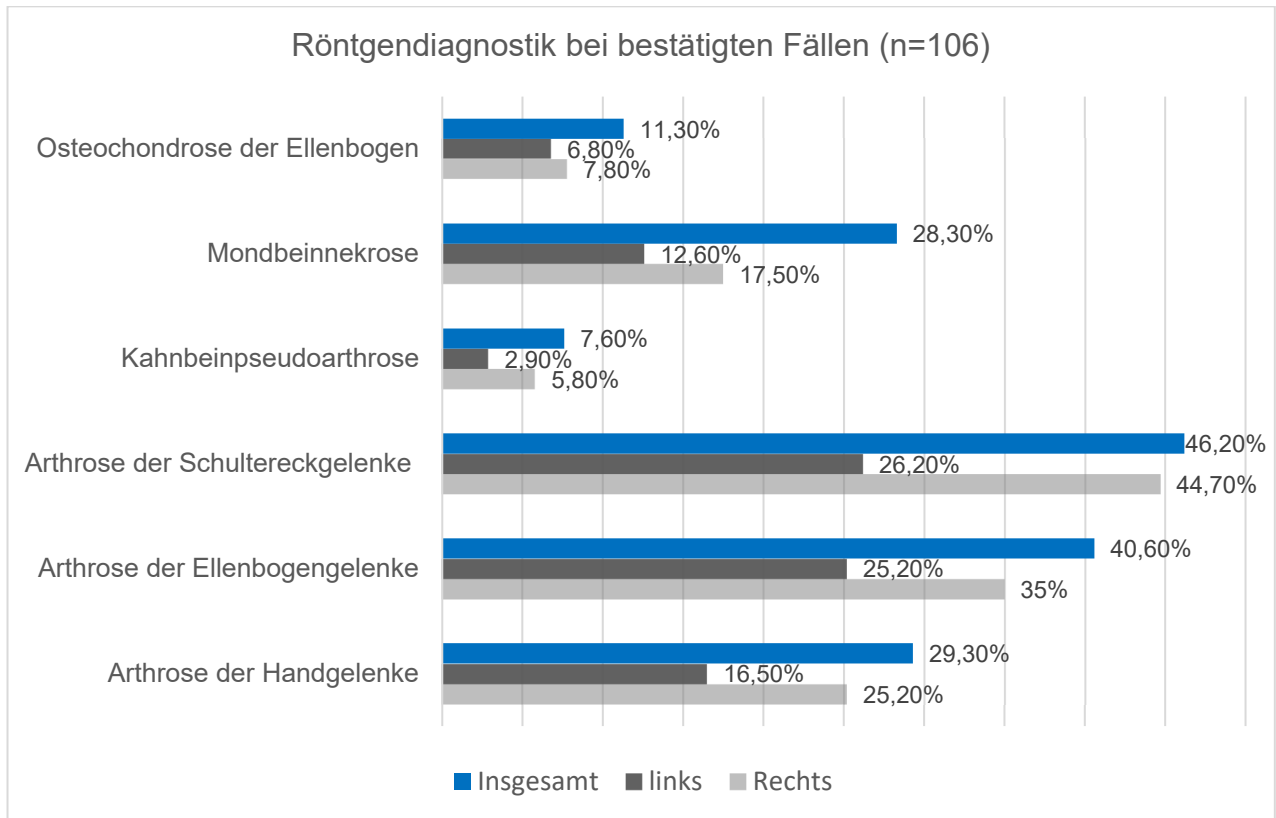


Tabelle1: Matchingverhältnisse zwischen Fällen und Kontrollen

Jahr	Geburtsjahr	Fälle	Kontrollen
2010	1950 – 1954	5	19
	1955 – 1959	6	20
	1960 – 1964	5	16
	1965 – 1969	5	17
	1975 – 1979	1	3
	1985 – 1989	1	3
2011	1940 – 1944	1	3
	1945 – 1949	1	3
	1950 – 1954	9	29
	1955 – 1959	9	22
	1960 – 1964	10	35
	1965 – 1969	5	18
	1970 – 1974	1	4
	1975 – 1979	1	2
	1980 – 1984	1	2
	1985 – 1989	2	6
2012	1928 – 1932	1	2
	1935 – 1939	3	8
	1940 – 1944	1	3
	1945 – 1949	6	19
	1950 – 1954	2	7
	1955 – 1959	11	30
	1960 – 1964	9	22
	1965 – 1969	6	18
	1970 – 1974	1	6
	1980 – 1984	2	6
	2013	1945 – 1949	1
1950 – 1954		3	10
1955 – 1959		9	22
1960 – 1964		15	45
1965 – 1969		5	17
1970 – 1974		3	11
1975 – 1979		1	2
1985 – 1989		1	3
2014	1945 – 1949	1	5
	1950 – 1954	5	11
	1955 – 1959	8	15
	1960 – 1964	5	13
	1965 – 1969	5	15
2015	1950 – 1954	2	5
	1955 – 1959	4	8
	1960 – 1964	2	1
	1965 – 1969	5	15
2016	1945 – 1949	2	2
	1950 – 1954	1	5
	1955 – 1959	3	10
	1960 – 1964	1	4
	1965 – 1969	2	7
2017	1950 – 1954	2	3
	1955 – 1959	3	7

	1960 – 1964	2	11
	1965 – 1969	5	19
2018	1955 – 1959	3	10
	1960 – 1964	1	2
	1965 – 1969	2	8
2019	1955 – 1959	1	3
	1960 – 1964	1	1
Insgesamt		209	614

Tabelle 2: Deskriptive Beschreibung der Studienpopulation

		Fälle (n=209)	Kontrollen (n=614)
Alter (Jahre)	Mittelwert (SD)	53 (9)	52 (9)
	Median (Bereiche)	53 (22 – 84)	52 (22 – 83)
	20 – 30	2,9%	2,9%
	30 – 40	2,4%	2,4%
	40 – 50	29,2%	36,8%
	50 – 60	47,4%	42,2%
	60 – 70	15,3%	13,8%
	>70	2,9%	1,8%
Übergewicht	BMI ≤ 25	36 (17,2%)	135 (22,0%)
	25 < BMI ≤ 30	106 (50,7%)	313 (51,0%)
	BMI > 30	67 (32,1%)	166 (27,0%)
Staatsangehörigkeit	Deutschland	187 (89,9%)	566 (92,2%)
	Türkei	13 (6,3%)	39 (6,4%)
	Sonstigen	9 (4,3%)	9 (1,5%)
Sport und Freizeit	Motorradfahren	72 (34,5%)	204 (33,2%)
	Gartenarbeit	70 (33,5%)	318 (51,8%)
	Tennis	6 (2,9%)	421 (6,7%)
	Badminton	6 (2,9%)	38 (6,2%)
	Handball	13 (6,2%)	52 (8,5%)
	Kampfsport	18 (8,6%)	56 (9,1%)
	Schützen	11 (5,3%)	36 (5,9%)
	Heimwerker	80 (38,3%)	295 (48,1%)

Tabelle 3: Häufigkeit der Aktuellen Gelenkbeschwerden in den letzten 12 Monaten

	Fälle (n=209)	Kontrollen (n=614)
Schulterbeschwerden (n, %)	154 (73,7%)	301 (49,0%)
Ärztlich behandelt	107 (51,2%)	154 (25,1%)
Arbeitsunfähig	43 (20,6%)	52 (8,5%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	94 (45,0%)	160 (26,1%)
Ellenbogenbeschwerden (n, %)	122 (58,4%)	158 (25,7%)
Ärztlich behandelt	85 (40,7%)	54 (8,8%)
Arbeitsunfähig	37 (17,7%)	18 (2,9%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	82 (39,2%)	81 (13,2%)
Handgelenke Beschwerden (n, %)	158 (75,6%)	217 (35,3%)
Ärztlich behandelt	125 (59,8%)	83 (13,5%)
Arbeitsunfähig	64 (30,6%)	30 (4,9%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	131 (62,7%)	117 (19,1%)
Nacken-/Rückenbeschwerden (n, %)	131 (62,7%)	371 (60,4%)
Ärztlich behandelt	88 (42,1%)	239 (38,9%)
Arbeitsunfähig	35 (16,8%)	101 (16,5%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	87 (41,6%)	216 (35,2%)
Hüft-/Kniegelenke Beschwerden (n, %)	129 (61,7%)	308 (50,2%)
Ärztlich behandelt	75 (35,6%)	159 (25,9%)
Arbeitsunfähig	32 (15,3%)	63 (10,3%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	91 (43,5%)	208 (33,9%)
Sprunggelenke Beschwerden (n, %)	32 (15,3%)	94 (15,3%)
Ärztlich behandelt	15 (7,2%)	39 (6,4%)
Arbeitsunfähig	3 (1,4%)	15 (2,4%)
Ständige Beschwerden (letzte 7 Tage)	19 (9,1%)	54 (8,8%)

Tabelle 4: Häufigkeit von Komorbiditäten

Komorbidität	Fälle (n=209)	Kontrollen (n=614)
Gicht (n, %)	30 (14,4%)	55 (9,0%)
Pseudogicht (n, %)	1 (0,5%)	3 (0,5%)
Trauma Finger/Hand (n, %)	83 (39,7%)	158 (25,7%)
Trauma Ellenbogen (n, %)	24 (11,5%)	36 (5,9%)
Trauma Schulter (n, %)	29 (13,9%)	51 (8,5%)
Armfraktur (n, %)	21 (10,1%)	44 (7,2%)
Entzündliche Erkrankung Handgelenke (n, %)	55 (26,3%)	35 (5,7%)
Entzündliche Erkrankung Ellenbogen (n, %)	50 (23,9%)	34 (5,5%)
Entzündliche Erkrankung Schulter (n, %)	36 (17,2%)	54 (8,8%)
Häufige Schulterverrenkung	1 (0,5%)	5 (0,8%)
Osteoporose (n, %)	5 (2,4%)	10 (1,6%)
Kniearthrose (n, %)	60 (28,7%)	92 (15,0%)
Hüftarthrose (n, %)	21 (10,1%)	22 (3,6%)
Wirbelsäulenarthrose (n, %)	40 (19,1%)	53 (8,6%)
Rheuma (n, %)	13 (6,2%)	27 (4,4%)
Generalisierte Osteoarthrose (n, %)	48 (23,0%)	25 (4,1%)

Tabelle 5: Häufigkeit von relevanten Gelenktrauma und entzündlichen Gelenkerkrankungen

Komorbidität	Fälle		Kontrollen
	Betroffene Gelenke* in Verdachtsanzeige	Gelenke*, die in Verdachtsanzeige nicht betroffen	
Trauma Finger/Hand	39,4%	40,24%	25,7%
Trauma Ellenbogen (n, %)	15,4%	8,5%	5,9%
Trauma Schulter (n, %)	17,8%	8,8%	8,5%
Entzündliche Erkrankung Handgelenke (n, %)	34,7%	13,4%	5,7%
Entzündliche Erkrankung Ellenbogen (n, %)	36,3%	14,4%	5,5%
Entzündliche Erkrankung Schulter (n, %)	24,6%	7,7%	8,8%

*Es bezieht sich nur auf Hand-, Ellenbogen- und Schultergelenken.

4.2 Deskriptive Beschreibung der gesamten und frequenzabhängigen Vibrationsbelastungen

Tabelle 6: Geräte, die zur Expositionsermittlung im Kataster erfasst worden sind (n=426)

Gerätes Gruppe	n	%
Bohrmaschine	16	3,8
Fräsen	13	3,1
Hämmer	126	29,6
Hefter	7	1,7
Hobel	3	0,7
Knabbergeräte	1	0,2
Mischgeräte	4	0,9
Nietgeräte	4	0,9
Oberflächenreiniger	5	1,2
Sägen	27	6,4
Schleifmaschine	106	24,9
Schneidegeräte	8	1,9
Schrauber	41	9,7
Verdichter	62	14,6
Sonderanfertigung	3	0,7

Tabelle 7: Vibrationsermittlung bei den 426 Geräten im Kataster

Expositionsermittlung	n	%
Komplett gemessen	308	72,3
Gemessen, Frequenzen Ersatzgeräte*	33	7,8
Ersatzgeräte*	69	16,2
Gemessen, Frequenzen fehlen	13	3,1
Geschätzt [§] , Frequenzen fehlen	3	0,7

*Alternative Geräte mit gleicher Geräts Bezeichnung, gleicher Arbeitsvorgang/Material sowie gleicher Baujahr-, Gewichts-, Drehzahl- und Leistungsklasse.

[§]Basiert auf die Messung von Geräten mit gleicher Geräts Bezeichnung und Arbeitsvorgang/Material

Tabelle 8: Hand-Arm-Vibrationsermittlung bei den Fällen und Kontrollen
(n=823 Personen, 2107 Jobabschnitte und 5117 Expositionsabschnitte)

	Fälle	Kontrollen
N	209	614
Anzahl Jobabschnitte	711	1396
Mittelwert (SD)	3,2 (2,1)	2,2 (1,6)
Median (Bereiche)	3 (1–14)	2 (1–14)
Anzahl Expositionsabschnitte	1865	3252
Mittelwert (SD)	9 (7)	5 (6)
Median (Bereiche)	7 (1–48)	4 (1–62)
Verteilung Gerätes Gruppe		
Bohrmaschine	38 (2,0%)	129 (4,0%)
Fräsen	9 (0,5%)	29 (0,9%)
Hämmer	936 (50,2%)	1337 (41,1%)
Hefter	14 (0,8%)	39 (1,2%)
Hobel	1 (0,1%)	3 (0,1%)
Knabbergeräte		4 (0,1%)
Mischgeräte	25 (1,3%)	35 (1,1%)
Nietgeräte	15 (0,8%)	3 (0,1%)
Oberflächenreiniger	2 (0,1%)	5 (0,2%)
Sägen	57 (3,1%)	230 (7,1%)
Schleifmaschine	263 (14,1%)	493 (15,2%)
Schneidegeräte	6 (0,3%)	14 (0,4%)
Schrauber	282 (15,1%)	566 (17,4%)
Verdichter	216 (11,6%)	361 (11,1%)
Sonderanfertigung	1 (0,1%)	4 (0,1%)
Verteilung Expositionsermittlungsmethode		
Gemessen	1596 (85,6%)	3017 (92,8%)
Gemessen, Frequenzen Ersatz	162 (8,7%)	150 (4,6%)
Ersatzgeräte	84 (4,5%)	56 (1,7%)
Gemessen, Frequenzen fehlen	21 (1,1%)	26 (0,8%)
Geschätzt, Frequenzen fehlen	2 (0,1%)	3 (0,1%)

Tabelle 9: Hand-Arm-Vibrationsbelastungen bei den Fällen und Kontrollen

	Fälle	Kontrollen
Anzahl Jobabschnitte (n)	711	1396
Ahv(8)_typisch (m/s ²)		
Mittelwert (SD)	6,67 (4,61)	5,28 (4,36)
Median (Bereiche)	5,76 (0,14–30,13)	4,47 (0,03–34,43)
Ahw(8)_typisch (m/s ²)		
Mittelwert (SD)	3,83 (2,72)	2,89 (2,21)
Median (Bereiche)	3,36 (0,07–22,18)	2,46 (0,01–24,95)

Abbildung 5: Verteilung Ahv(8)- und Ahw(8)-typisch bei Fällen und Kontrollen

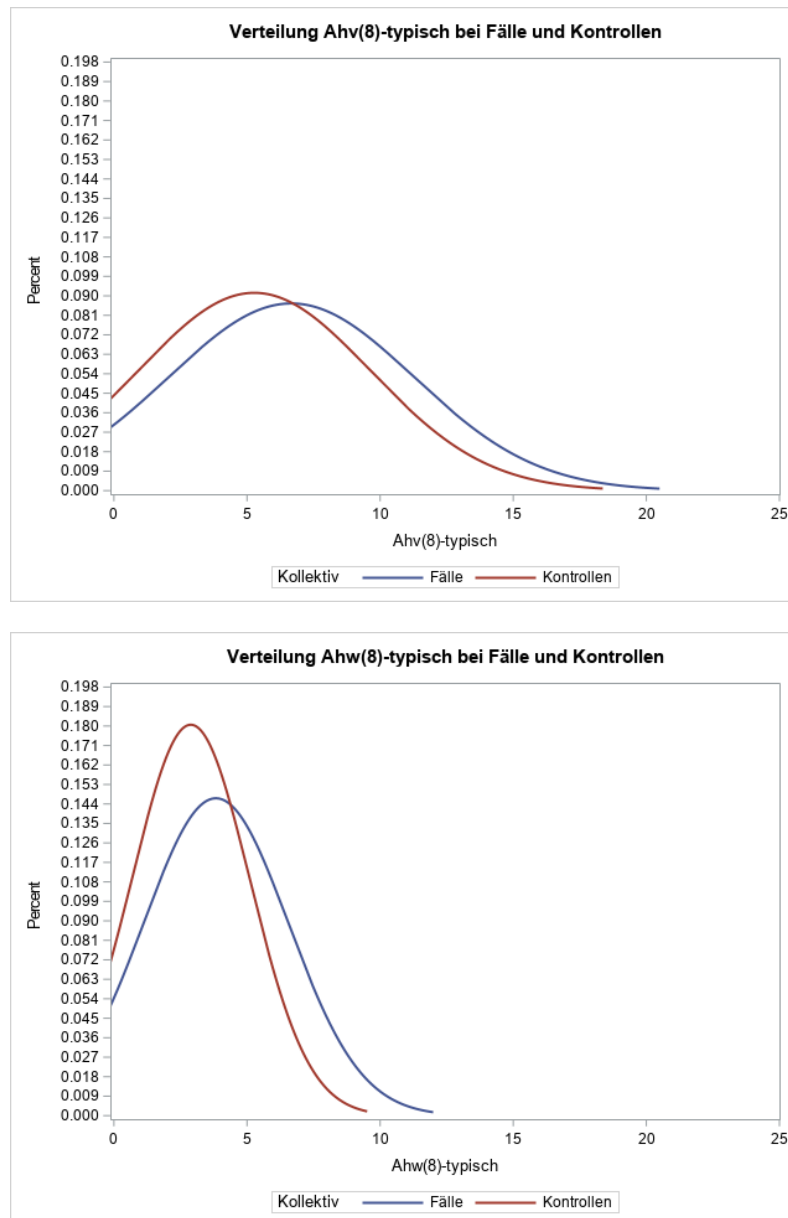
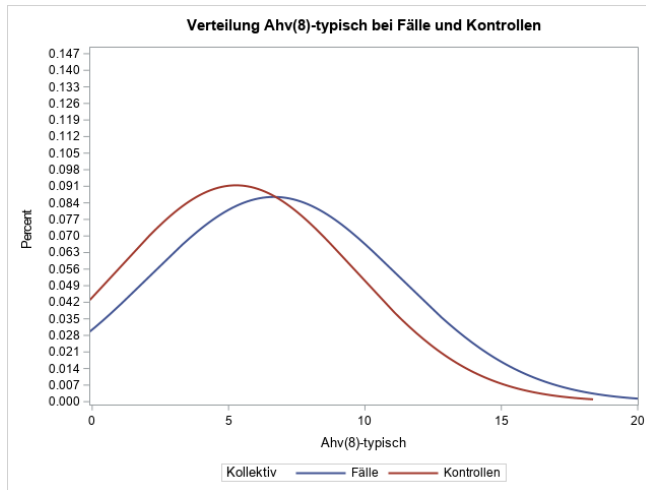


Tabelle 10: Frequenzabhängige Hand-Arm-Vibrationsbelastungen bei Fällen und Kontrollen

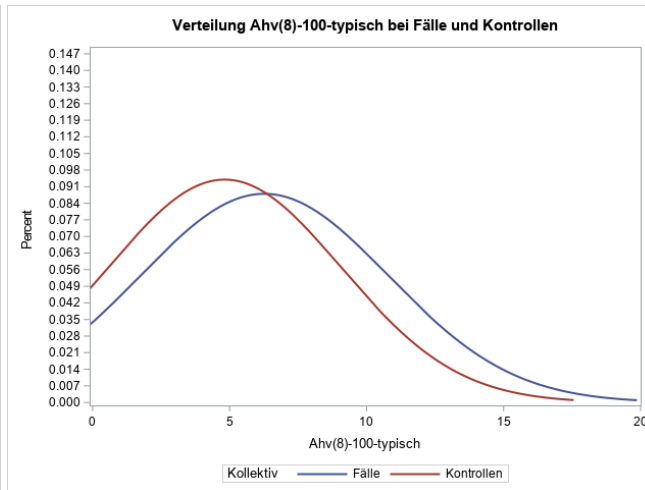
	Fälle	Kontrollen
Anzahl Jobabschnitte (n)	709	1391
AV(8)-20 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	3,42 (3,12)	2,57 (2,74)
Median (Bereiche)	2,60 (0,01–22,15)	1,62 (0,00–19,87)
AV(8)-31,5 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	4,04 (3,51)	3,06 (3,13)
Median (Bereiche)	3,03 (0,01–22,72)	2,13 (0,00–22,94)
AV(8)-50 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	5,73 (4,36)	4,35 (4,16)
Median (Bereiche)	4,86 (0,01–24,65)	3,34 (0,00–32,15)
AV(8)-80 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	6,09 (4,47)	4,66 (4,22)
Median (Bereiche)	5,10 (0,02–27,28)	3,74 (0,01–33,02)
AV(8)-100 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	6,27 (4,53)	4,82 (4,24)
Median (Bereiche)	5,33 (0,05–28,66)	3,92 (0,01–33,44)
AW(8)-20 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	1,35 (1,44)	0,91 (0,95)
Median (Bereiche)	0,99 (0,00–21,49)	0,72 (0,00–10,77)
AW(8)-31,5 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	1,66 (1,62)	1,13 (1,10)
Median (Bereiche)	1,29 (0,00–21,95)	0,88 (0,00–11,34)
AW(8)-50 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	3,26 (2,48)	2,33 (2,00)
Median (Bereiche)	2,91 (0,01–22,08)	1,94 (0,00–13,60)
AW(8)-80 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	3,48 (2,57)	2,52 (2,02)
Median (Bereiche)	3,05 (0,02–22,14)	2,15 (0,00–13,78)
AW(8)-100 Typisch (m/s^2)		
Mittelwert (SD)	3,61 (2,66)	2,61 (2,05)
Median (Bereiche)	3,17 (0,02–22,15)	2,23 (0,01–13,98)

Abbildung 6: Verteilung Frequenzabhängige Ahv(8)-typisch-Werte bei Fällen und Kontrollen

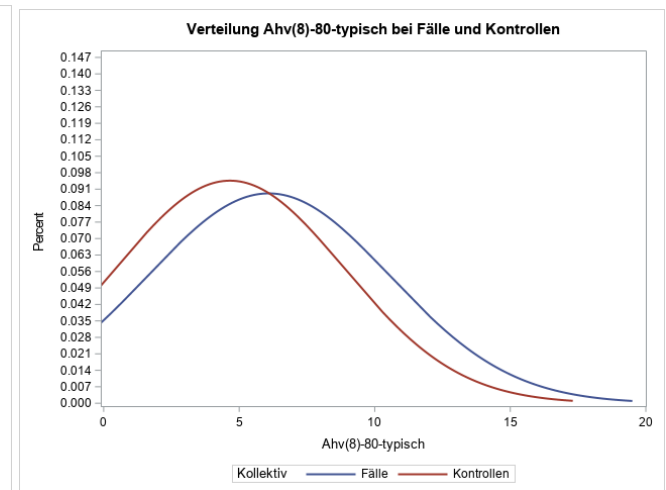
Alle Frequenzen



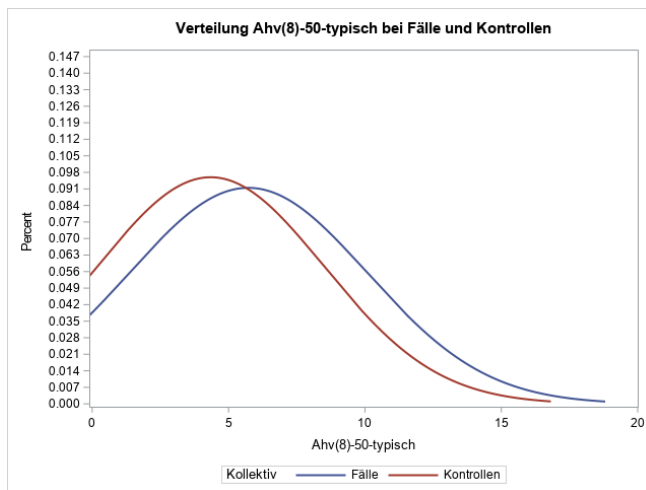
Frequenzbereich: 4-100 Hz



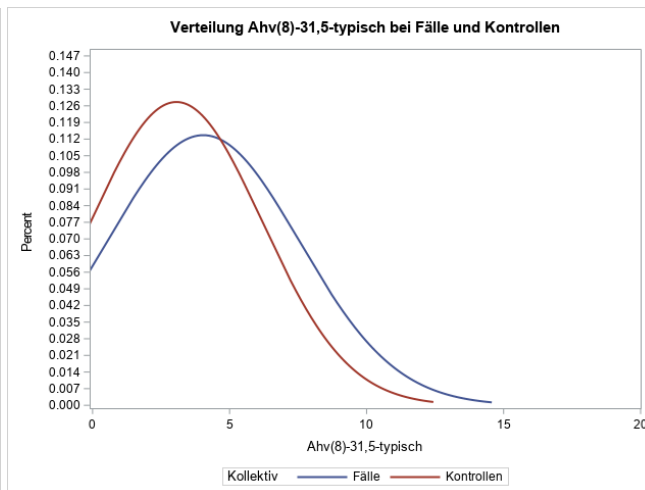
Frequenzbereich: 4-80 Hz



Frequenzbereich: 4-50 Hz



Frequenzbereich: 4-31,5 Hz



Frequenzbereich: 4-20 Hz

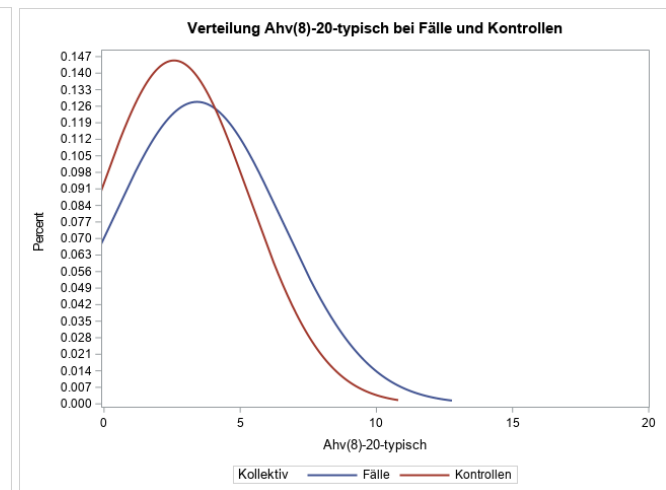
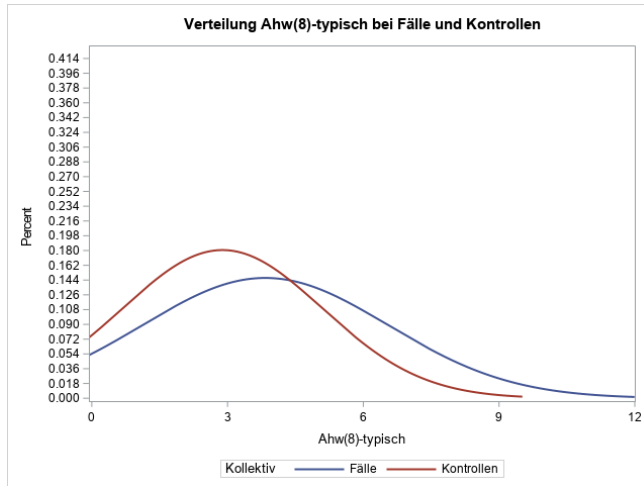
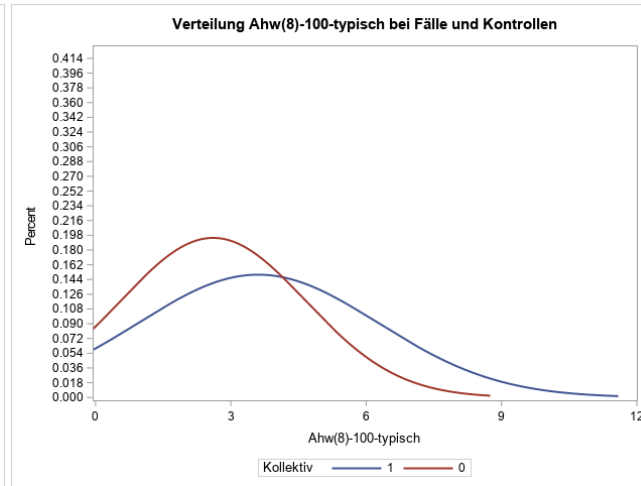


Abbildung 7: Verteilung Frequenzabhängige Ahw(8)-typisch-Werte bei Fällen und Kontrollen

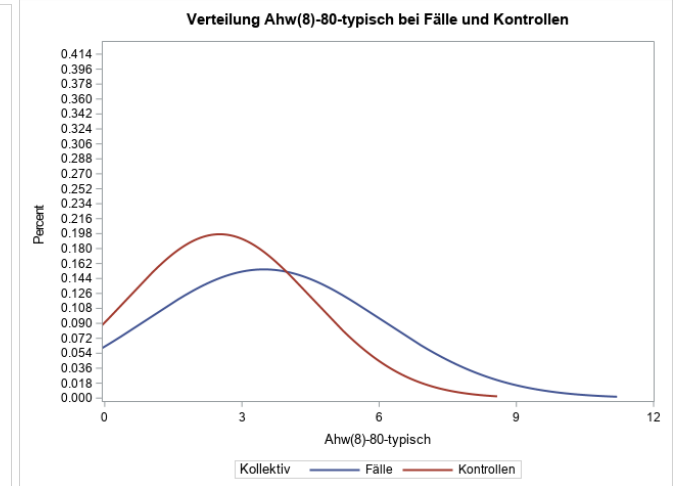
Alle Frequenzen



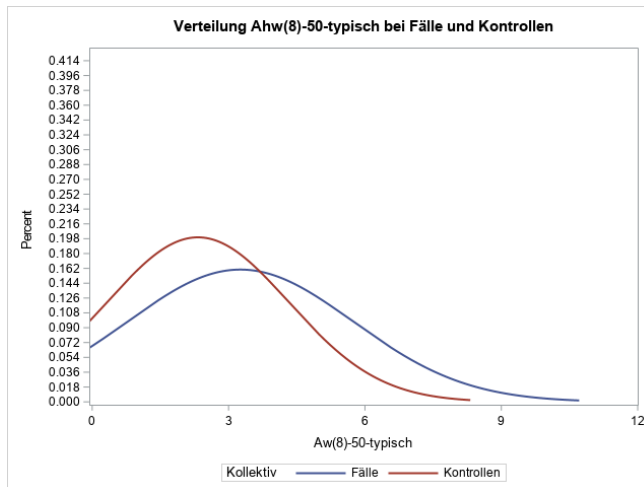
Frequenzbereich: 4-100 Hz



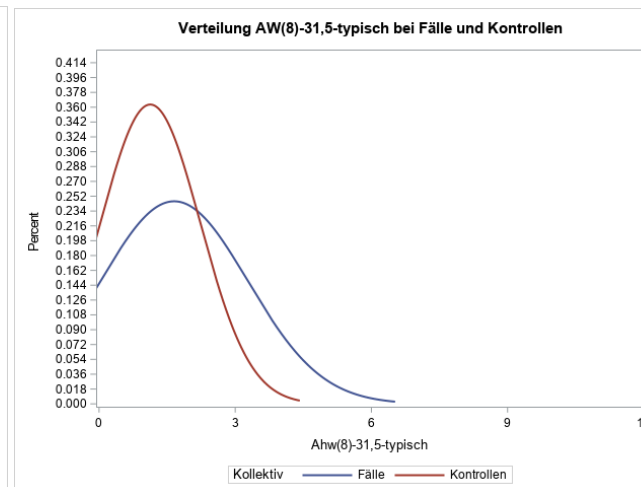
Frequenzbereich: 4-80 Hz



Frequenzbereich: 4-50 Hz



Frequenzbereich: 4-31,5 Hz



Frequenzbereich: 4-20 Hz

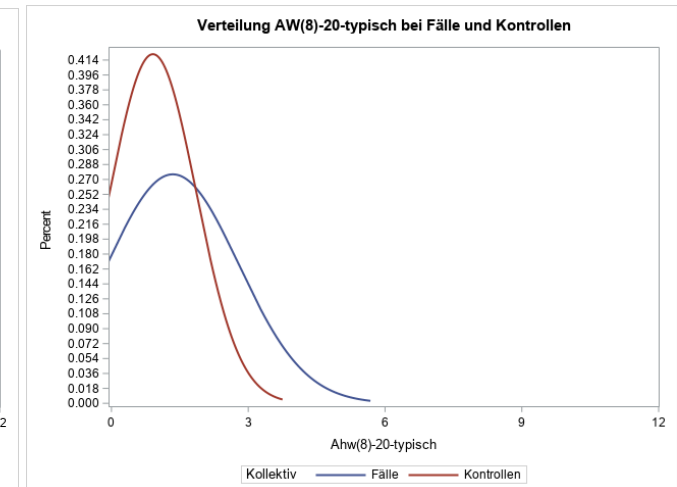


Tabelle 14: Kumulative Hand-Arm-Vibrationsbelastungen

	Fälle	Kontrollen
N	209	614
Expositionsdauer (Jahre)		
Mittelwert (SD)	24,95 (9,46)	23,85 (11,30)
Median (Bereiche)	26,3 (1,12–44,07)	25,49 (0,49–49,43)
Dhv (m/s ² •Jahr)		
Mittelwert (SD)	179,66 (115,97)	129,65 (102,83)
Median (Bereiche)	166,41 (3,82–798,46)	113,30 (0,50–773,95)
Dhw (m/s ² •Jahr)		
Mittelwert (SD)	101,79 (68,07)	70,76 (60,05)
Median (Bereiche)	95,14 (2,44–592,89)	58,96 (0,21–490,68)
Dhv _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)		
Mittelwert (SD)	1791 (2256)	1120 (1743)
Median (Bereiche)	1130 (4–22974)	564 (0,1–15339)
Dhw _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)		
Mittelwert (SD)	580 (1007)	335 (665)
Median (Bereiche)	387 (2–12625)	174 (0–10065)

Abbildung 7: Verteilung Expositionsdauer bei Fällen und Kontrollen

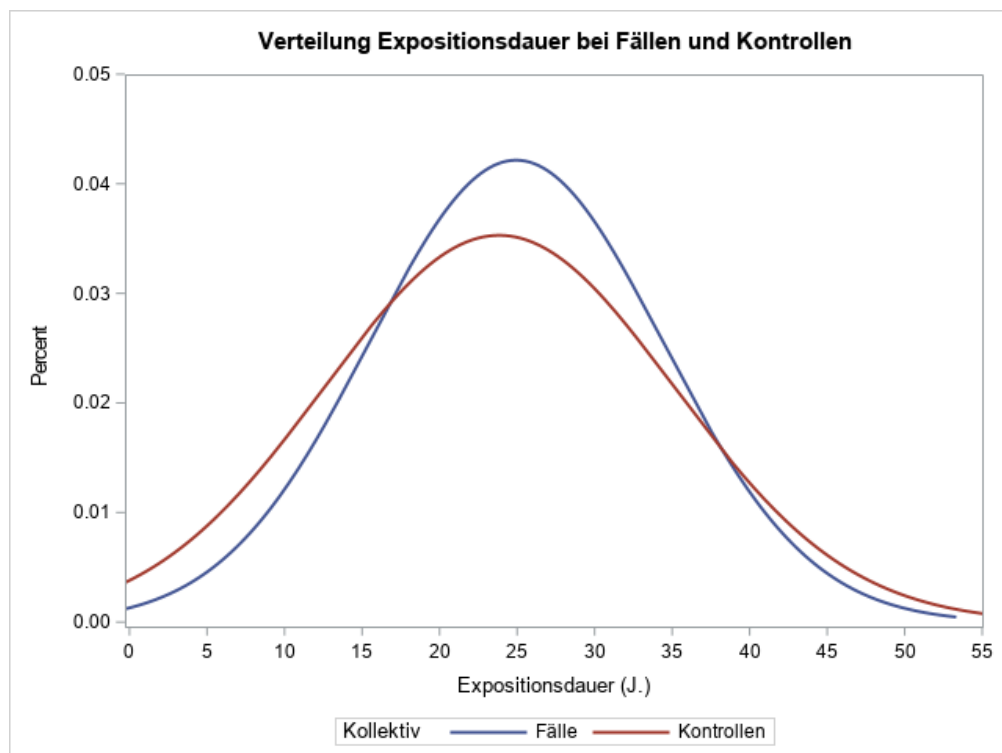


Abbildung 8: Verteilung kumulativer Vibrationsdosis (Dhv-Werte) nach unterschiedlichen Berechnungsmethoden

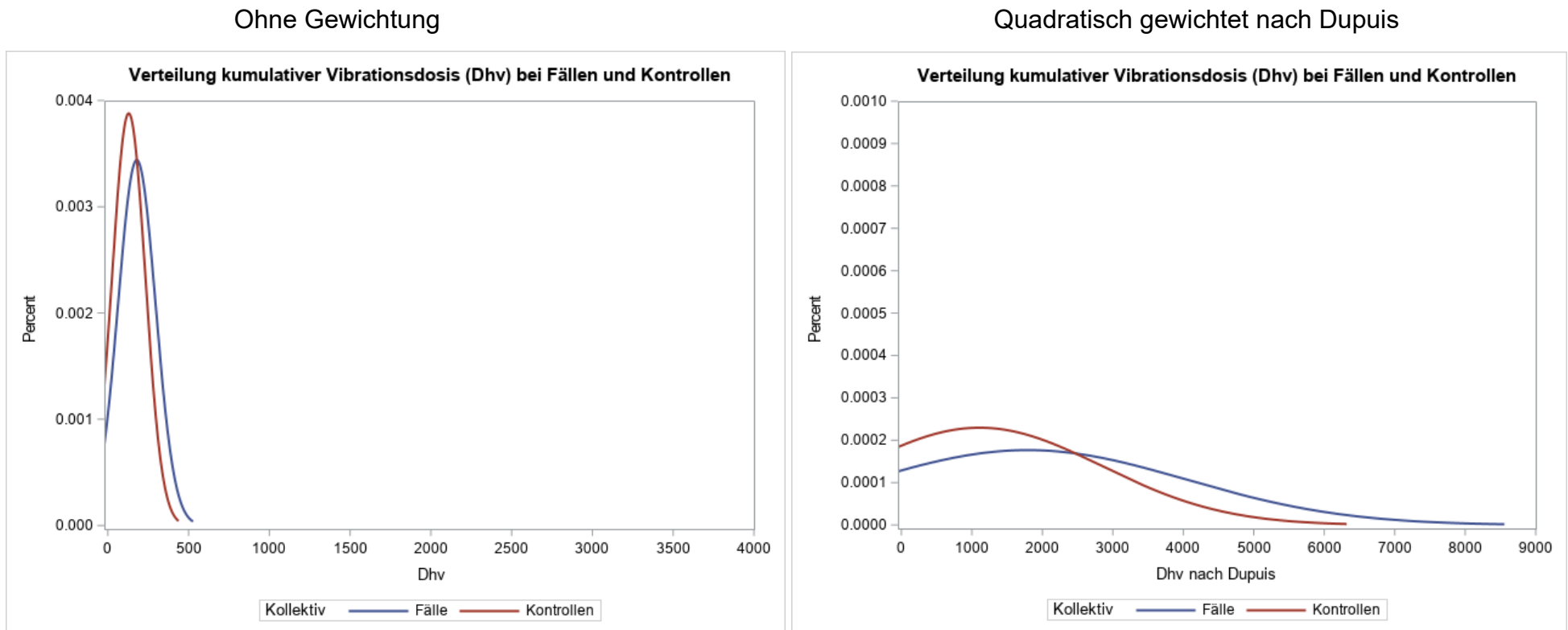
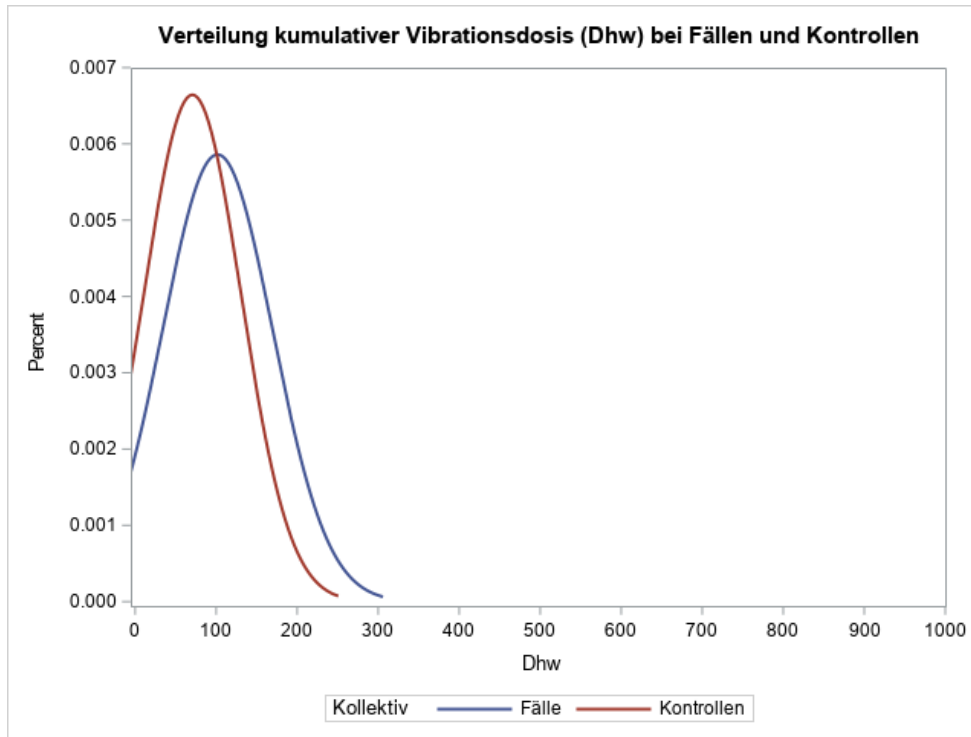
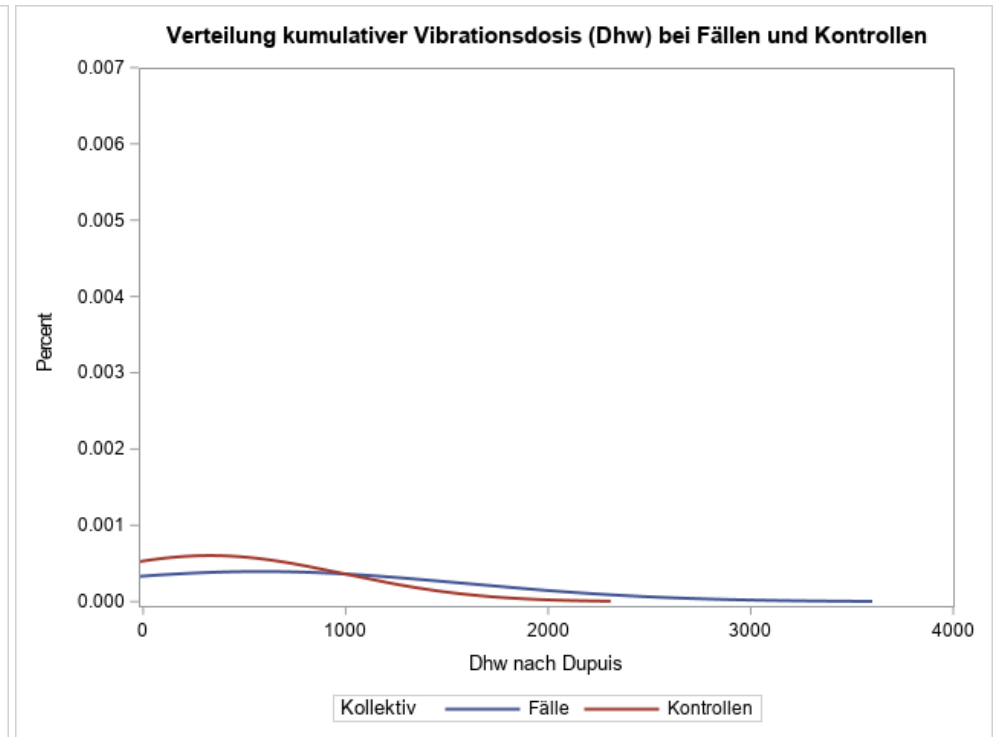


Abbildung 9: Verteilung kumulativer Vibrationsdosis (Dhw-Werte) nach unterschiedlichen Berechnungsmethoden

Ohne Gewichtung



Quadratisch gewichtet nach Dupuis



4.3 Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen kumulative Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhv) und Erkrankungen entsprechend BK 2103

4.3.1 Dosis-Wirkungsableitung in Bezug auf Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhv, ungewichtet) aller Frequenzen

Tabelle 15: Schrittweise Analyse zu der Auswahl relevanter Konfounder in Dosis-Wirkungsableitung zwischen Dhv-Werte (ohne Gewichtung) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhv (m/s ² • Jahr)	OR				
	Voll- Model*	Schrittweise ausnehmen von Konfounder im Modell			
		Ohne BMI	Zusätzlich ohne Armfrakturen	Zusätzlich ohne Gicht	Zusätzlich ohne Rheuma
1st Quintil	1	1	1	1	1
2te Quintil	1,94	1,95	1,95	1,95	1,96
3te Quintil	1,84	1,84	1,84	1,89	1,86
4te Quintil	3,66	3,67	3,67	3,64	3,54
5te Quintil	4,46	4,49	4,48	4,48	4,27

*Adjustiert nach Forschungszentren, BMI, Gelenktrauma, entzündlichen Gelenkerkrankungen, Armfrakturen, Gicht, Rheuma und generalisierte OA.

Tabelle 15a: Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhv-Werte ohne Gewichtung) und Erkrankungen entspricht BK 2103

	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Gelenktrauma*		1,84	1,38 – 2,46	1,29	0,95 – 1,75
Entz. Gelenkerkrankung [§]		3,24	2,40 – 4,36	2,61	1,87 – 3,64
Generalisierte OA		3,45	2,44 – 4,89	2,42	1,66 – 3,52
Dhv (m/s ² • Jahr)					
1st Quintil	22/165	1	–	1	–
2te Quintil	35/164	1,96	1,08 – 3,55	1,96	1,07 – 3,64
3te Quintil	37/165	2,23	1,23 – 4,04	1,86	1,01 – 3,47
4te Quintil	50/164	3,06	1,72 – 5,47	3,54	1,92 – 6,38
5te Quintil	65/165	4,13	2,35 – 7,28	4,27	2,17 – 7,09
Trend-test		P<0,0001		P<0,0001	
Pro 10 m/s ² • Jahr		1,03	1,02–1,04	1,03	1,02–1,05

*Trauma an den Händen, Ellenbogen und Schultergelenken

§Entzündlichen Gelenkerkrankung an den Händen, Ellenbogen und Schulter

§Adjustiert nach Forschungszentren und alle variablen in der Tabelle

Tabelle 16: Schrittweise Analyse zu der Auswahl relevanter Konfounder in Dosis-Wirkungsableitung zwischen Dhw-Werte (ohne Gewichtung) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhw (m/s ² •Jahr)	OR				
	Voll- Model*	Schrittweise ausnehmen von Konfounder im Modell			
		Ohne BMI	Zusätzlich ohne Armfrakturen	Zusätzlich ohne Gicht	Zusätzlich ohne Rheuma
1st Quintil	1	1	1	1	1
2te Quintil	2,22	2,22	2,20	2,22	2,21
3te Quintil	3,18	3,14	3,12	3,11	3,08
4te Quintil	4,60	4,58	4,56	4,64	4,48
5te Quintil	4,86	4,84	4,83	4,79	4,63

*Adjustiert nach Forschungszentren, BMI, Gelenktrauma, entzündlichen Gelenkerkrankungen, Armfrakturen, Gicht, Rheuma und generalisierte OA.

Tabelle 16a: Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhw-Werte ohne Gewichtung) und Erkrankungen entspricht BK 2103

	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Gelenktrauma*		1,84	1,38 – 2,46	1,35	1,00 – 1,82
Entz. Gelenkerkrankung [§]		3,24	2,40 – 4,36	2,55	1,83 – 3,55
Generalisierte OA		3,45	2,44 – 4,89	2,14	1,47 – 3,12
Dhw (m/s ² •Jahr)					
1st Quintil	17/165	1	–	1	–
2te Quintil	31/164	2,50	1,26 – 4,93	2,21	1,09 – 4,47
3te Quintil	39/165	3,41	1,74 – 6,69	3,08	1,54 – 6,14
4te Quintil	58/164	5,31	2,77 – 10,17	4,48	2,29 – 8,76
5te Quintil	64/165	5,48	2,87 – 10,46	4,63	2,37 – 9,01
Trend-test		P<0,0001		P<0,0001	
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,05	1,03–1,06	1,04	1,02–1,06

*Trauma an den Händen, Ellenbogen und Schultergelenken

§Entzündlichen Gelenkerkrankung an den Händen, Ellenbogen und Schulter

§Adjustiert nach Forschungszentren und alle variablen in der Tabelle

Tabelle 17: Dosis-Wirkungsbeziehung (Dhv-Werte ohne Gewichtung) nach betroffenen Gelenken bei Fällen

Dhv (m/s ² •Jahr)	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert*	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Alle Patienten (n=209)					
1st Quintil	22/165	1	–	1	–
2te Quintil	35/164	1,96	1,08 – 3,55	1,96	1,07 – 3,64
3te Quintil	37/165	2,23	1,23 – 4,04	1,86	1,01 – 3,47
4te Quintil	50/164	3,06	1,72 – 5,47	3,54	1,92 – 6,38
5te Quintil	65/165	4,13	2,35 – 7,28	4,27	2,17 – 7,09
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,03	1,02–1,04	1,03	1,02–1,05
Handpatienten (n=127)					
1st Quintil	17/154	1	–	1	–
2te Quintil	18/140	1,39	0,67 – 2,88	1,40	0,66 – 2,97
3te Quintil	21/141	1,95	0,96 – 3,96	1,72	0,82 – 3,59
4te Quintil	35/142	3,14	1,61 – 6,14	3,64	1,80 – 7,37
5te Quintil	36/132	3,74	1,92 – 7,28	4,62	2,24 – 9,52
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,04	1,02 – 1,05	1,04	1,02 – 1,05
Ellenbogenpatienten (n=91)					
1st Quintil	8/121	1	–	1	–
2te Quintil	14/116	2,24	0,84 – 5,98	1,84	0,68 – 4,96
3te Quintil	14/122	2,44	0,93 – 6,42	1,35	0,49 – 3,74
4te Quintil	19/112	3,63	1,42 – 9,27	2,72	1,05 – 7,06
5te Quintil	36/128	6,23	2,57 – 15,12	4,62	1,82 – 11,71
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,04	1,03 – 1,06	1,03	1,02 – 1,05
Schulterpatienten (n=118)					
1st Quintil	9/134	1	–	1	–
2te Quintil	22/133	3,08	1,33 – 7,15	3,14	1,32 – 7,47
3te Quintil	19/144	2,49	1,06 – 5,82	2,16	0,90 – 5,16
4te Quintil	25/134	3,85	1,66 – 8,92	5,23	2,19 – 12,46
5te Quintil	43/138	6,62	2,95 – 14,86	7,11	3,01 – 16,81
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,04	1,02 – 1,05	1,03	1,02 – 1,05

Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA.

Tabelle 18: Dosis-Wirkungsbeziehung (Dhw-Werte ohne Gewichtung) nach betroffenen Gelenken bei Fällen

Dhw (m/s ² •Jahr)	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert*	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Alle Patienten (n=209)					
1st Quintil	17/165	1	–	1	–
2te Quintil	31/164	2,50	1,26 – 4,93	2,21	1,09 – 4,47
3te Quintil	39/165	3,41	1,74 – 6,69	3,08	1,54 – 6,14
4te Quintil	58/164	5,31	2,77 – 10,17	4,48	2,29 – 8,76
5te Quintil	64/165	5,48	2,87 – 10,46	4,63	2,37 – 9,01
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,05	1,03–1,06	1,04	1,02–1,06
Handpatienten (n=127)					
1st Quintil	12/154	1	–	1	–
2te Quintil	16/143	1,86	0,79 – 4,35	2,01	0,83 – 4,89
3te Quintil	22/140	3,23	1,41 – 7,42	3,22	1,37 – 7,60
4te Quintil	40/137	6,30	2,88 – 13,78	5,48	2,43 – 12,36
5te Quintil	37/135	5,46	2,49 – 12,00	5,53	2,42 – 12,66
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,05	1,03 – 1,07	1,05	1,03 – 1,07
Ellenbogenpatienten (n=91)					
1st Quintil	6/124	1	–	1	–
2te Quintil	15/120	3,69	1,20 – 11,33	2,69	0,86 – 8,37
3te Quintil	12/117	3,26	1,04 – 10,22	2,53	0,80 – 8,04
4te Quintil	21/110	6,00	2,04 – 17,65	3,97	1,31 – 12,02
5te Quintil	37/128	8,69	3,04 – 24,84	5,22	1,79 – 15,27
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,06	1,03 – 1,09	1,05	1,02 – 1,08
Schulterpatienten (n=118)					
1st Quintil	7/138	1	–	1	–
2te Quintil	15/135	2,71	1,03 – 7,15	2,34	0,86 – 6,34
3te Quintil	24/141	4,40	1,74 – 11,17	4,22	1,64 – 10,89
4te Quintil	39/143	7,88	3,20 – 19,39	6,12	2,44 – 15,38
5te Quintil	33/126	6,65	2,66 – 16,60	5,91	2,32 – 15,08
Pro 10 m/s ² •Jahr		1,05	1,02 – 1,08	1,04	1,01 – 1,07

Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA.

4.3.2 Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhv, ungewichtet) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Abbildung10: Korrelation von Vibrationsdosis (Dhv, ungewichtet) aller Frequenzen mit Vibrationsdosis verschiedenen Frequenzanteile.

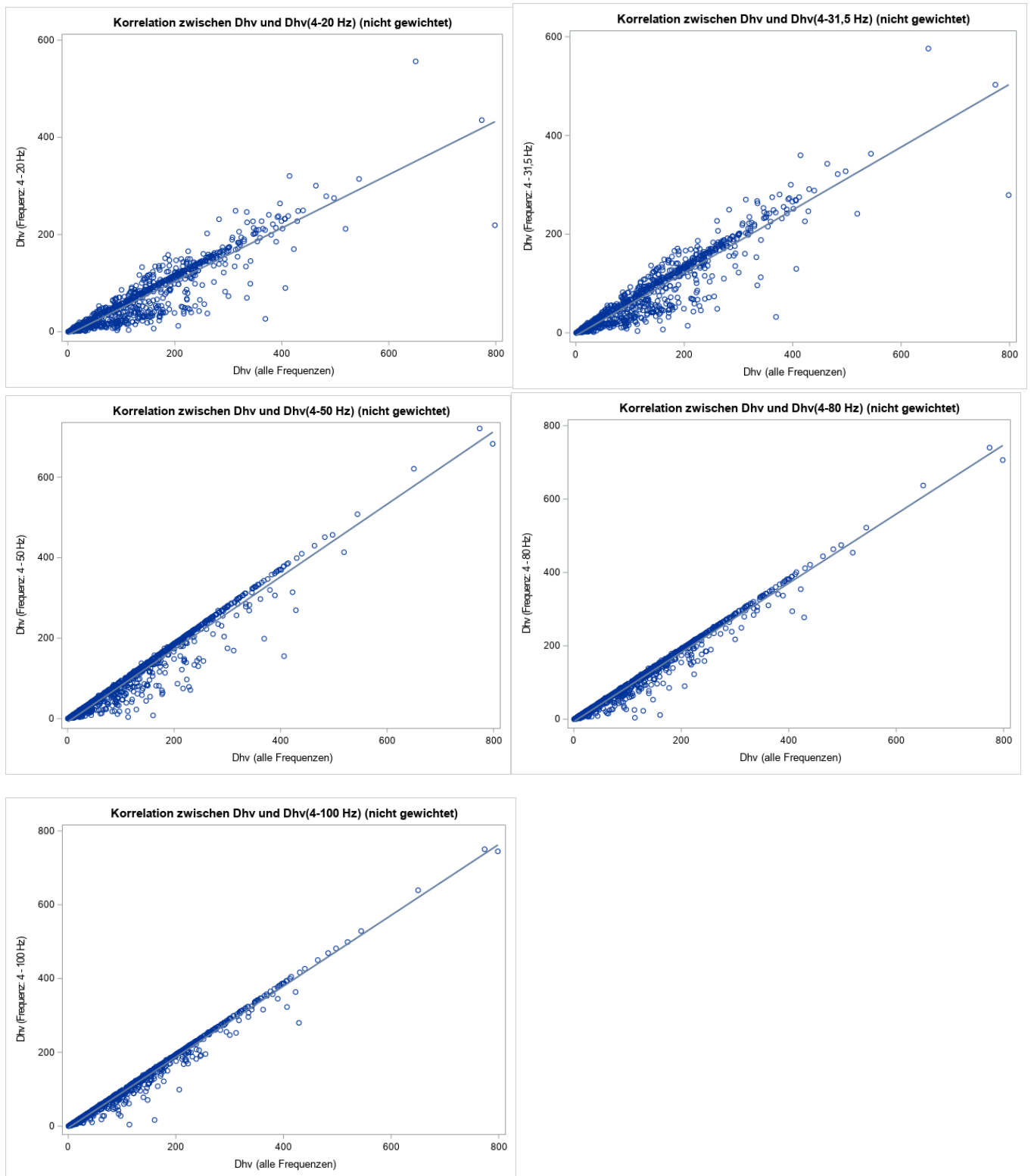


Abbildung 11: Korrelation von Vibrationsdosis (Dhw, ungewichtet) aller Frequenzen mit Vibrationsdosis verschiedenen Frequenzanteile.

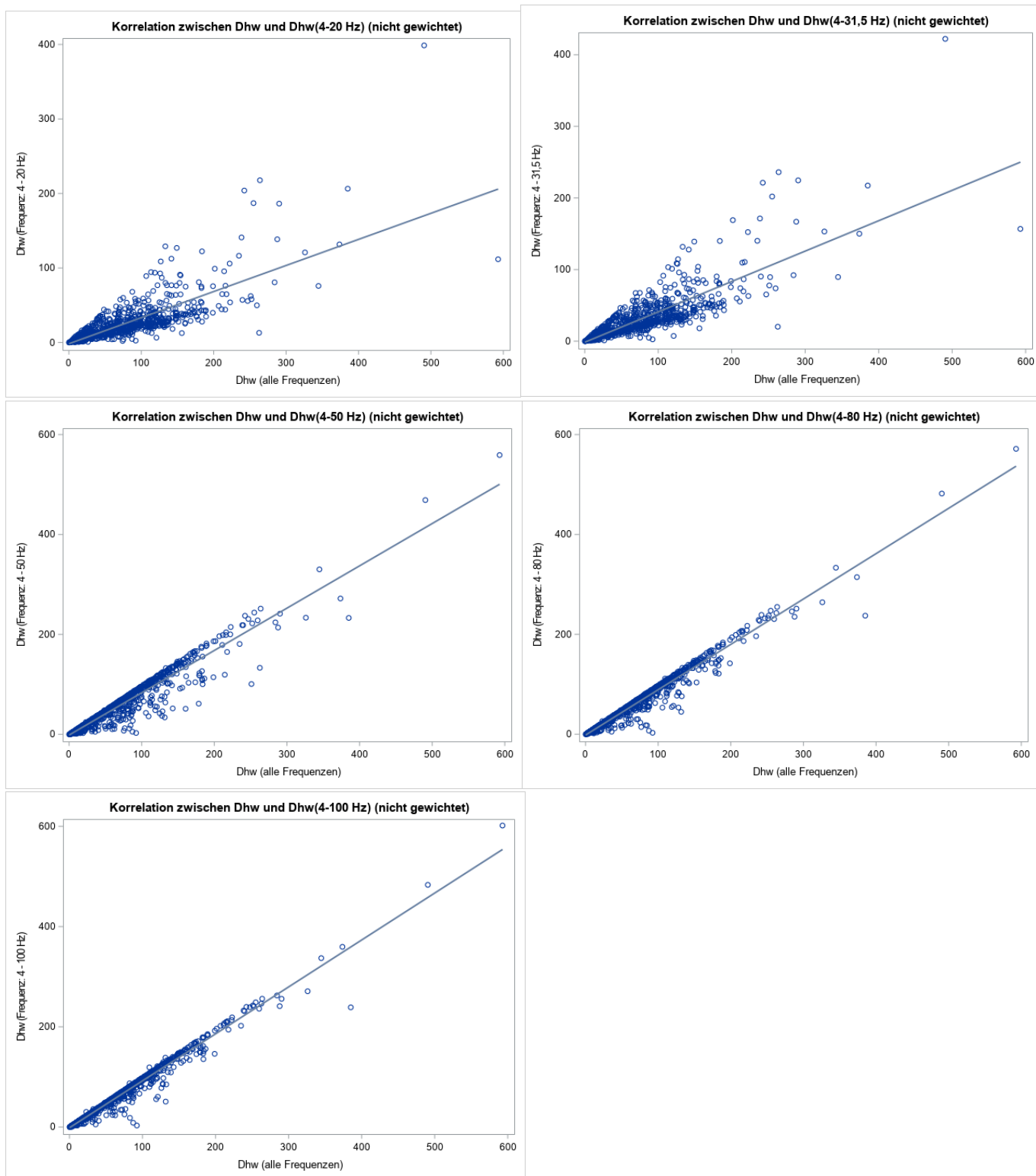


Tabelle 19: Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhv-Werte, nicht gewichtet) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhv (m/s ² • Jahr)	n	Adjustiert*		Adjustiert§	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Frequenz 4-20 Hz					
1st Quintil	23/163	1	–	1	–
2te Quintil	35/163	1,97	1,08 – 3,61	1,86	0,98 – 3,54
3te Quintil	39/163	2,31	1,26 – 4,24	2,07	1,00 – 4,31
4te Quintil	38/163	3,31	1,75 – 6,26	2,85	1,22 – 6,66
5te Quintil	72/163	6,12	3,30 – 11,35	4,91	1,77 – 13,66
Frequenz 4-31,5 Hz					
1st Quintil	23/163	1	–	1	–
2te Quintil	35/163	2,02	1,10 – 3,71	1,95	1,02 – 3,72
3te Quintil	41/163	2,44	1,32 – 4,48	2,28	1,09 – 4,78
4te Quintil	37/163	3,45	1,81 – 6,56	3,14	1,29 – 7,60
5te Quintil	71/163	6,32	3,39 – 11,79	5,52	1,90 – 16,07
Frequenz 4-50 Hz					
1st Quintil	20/163	1	–	1	–
2te Quintil	38/163	2,41	1,30 – 4,47	2,61	1,33 – 5,13
3te Quintil	38/163	2,57	1,35 – 4,90	3,09	1,25 – 7,66
4te Quintil	41/163	3,75	1,97 – 7,15	4,92	1,57 – 15,45
5te Quintil	70/163	6,72	3,53 – 12,81	9,85	2,25 – 42,96
Frequenz 4-80 Hz					
1st Quintil	21/163	1	–	1	–
2te Quintil	35/163	2,00	1,09 – 3,67	2,12	1,06 – 4,26
3te Quintil	42/163	2,47	1,33 – 4,60	2,83	1,05 – 7,62
4te Quintil	40/163	3,19	1,71 – 5,97	3,89	1,05 – 14,45
5te Quintil	69/163	5,74	3,07 – 10,70	7,53	1,38 – 41,23
Frequenz 4-100 Hz					
1st Quintil	21/163	1	–	1	–
2te Quintil	36/163	2,03	1,10 – 3,77	2,22	1,05 – 4,69
3te Quintil	38/163	2,18	1,16 – 4,09	2,62	0,86 – 7,99
4te Quintil	43/163	3,20	1,72 – 5,96	4,22	0,85 – 18,87
5te Quintil	69/163	5,50	2,94 – 10,28	8,02	1,15 – 56,13
Alle Frequenzen					
1st Quintil	22/163	1	–		
2te Quintil	35/163	1,93	1,27 – 4,10		
3te Quintil	35/163	1,77	1,40 – 4,61		
4te Quintil	50/163	3,45	1,85 – 5,90		
5te Quintil	65/163	4,35	2,30 – 7,18		

*Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA

§Adjustiert zusätzlich nach Vibrationsdosis aller Frequenzen.

Tabelle 20: Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhw-Werte, nicht gewichtet) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhw (m/s ² • Jahr)	n	Adjustiert*		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Frequenz 4-20 Hz					
1st Quintil	19/163	1	–	1	–
2te Quintil	26/163	1,88	0,94 – 3,75	1,77	0,87 – 3,59
3te Quintil	27/163	2,09	1,02 – 4,27	1,82	0,81 – 4,07
4te Quintil	60/163	4,50	2,35 – 8,61	3,79	1,72 – 8,38
5te Quintil	75/163	4,97	2,64 – 9,35	4,03	1,74 – 9,37
Frequenz 4-31,5 Hz					
1st Quintil	16/163	1	–	1	–
2te Quintil	28/163	2,72	1,28 – 5,79	2,63	1,21 – 5,71
3te Quintil	29/163	3,24	1,50 – 7,01	3,02	1,28 – 7,12
4te Quintil	62/163	6,10	2,98 – 12,47	5,56	2,33 – 13,25
5te Quintil	72/163	6,41	3,15 – 13,04	5,72	2,24 – 14,57
Frequenz 4-50 Hz					
1st Quintil	16/163	1	–	1	–
2te Quintil	32/163	2,66	1,35 – 5,26	2,54	1,23 – 5,24
3te Quintil	42/163	3,61	1,83 – 7,11	3,28	1,41 – 7,63
4te Quintil	47/163	4,18	2,13 – 8,21	3,62	1,31 – 10,01
5te Quintil	70/163	6,09	3,15 – 11,79	5,03	1,49 – 16,90
Frequenz 4-80 Hz					
1st Quintil	18/163	1	–	1	–
2te Quintil	27/163	1,93	0,97 – 3,81	1,77	0,83 – 3,77
3te Quintil	42/163	3,22	1,67 – 6,22	2,71	1,06 – 6,95
4te Quintil	54/163	4,10	2,14 – 7,84	3,13	0,91 – 10,73
5te Quintil	66/163	4,68	2,46 – 8,90	3,26	0,70 – 15,21
Frequenz 4-100 Hz					
1st Quintil	17/163	1	–	1	–
2te Quintil	28/163	2,00	1,02 – 3,97	1,87	0,87 – 4,04
3te Quintil	42/163	3,29	1,70 – 6,42	2,87	1,07 – 7,75
4te Quintil	54/163	4,00	2,10 – 7,70	3,25	0,88 – 11,96
5te Quintil	66/163	4,82	2,52 – 9,12	3,64	0,70 – 18,93
Alle Frequenzen					
1st Quintil	17/163	1	–		
2te Quintil	31/163	2,24	1,11 – 4,53		
3te Quintil	38/163	3,01	1,50 – 6,02		
4te Quintil	57/163	4,38	2,24 – 8,58		
5te Quintil	64/163	4,73	2,43 – 9,23		

*Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA

§Adjustiert zusätzlich nach Vibrationsdosis aller Frequenzen.

Tabelle 21: Effekte von gesamten Vibrationsbelastungen nach Adjustierung von Frequenzanteile

Vibrationsdosis (nicht gewichtet, Alle Frequenzen)	OR*					
	Adjustiert für die Belastungen in Frequenzbereiche (Hz)					
	0	4-20	4-31,5	4-50	4-80	4-100
Dhv (m/s ² •Jahr)						
1st Quintil	1	1	1	1	1	1
2te Quintil	1,93	1,45	1,43	1,27	1,28	1,24
3te Quintil	1,77	0,95	0,94	0,73	0,79	0,73
4te Quintil	3,45	1,47	1,41	0,89	1,01	0,89
5te Quintil	4,35	1,39	1,29	0,70	0,82	0,72
Trend-Test	P<0,001	P=0,500	P=0,660	P=0,895	P=0,704	P=0,639
Dhw (m/s ² •Jahr)						
1st Quintil	1	1	1	1	1	1
2te Quintil	2,24	1,62	1,61	1,72	1,77	1,73
3te Quintil	3,01	1,66	1,62	1,76	1,86	1,74
4te Quintil	4,38	1,91	1,85	1,96	2,15	1,97
5te Quintil	4,73	1,73	1,67	1,64	1,83	1,61
Trend-Test	P<0,001	P=0,471	P=0,588	P=0,737	P=0,675	P=0,792

*Adjustiert für Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen, generalisierte OA und zusätzlich Vibrationsbelastungen in verschiedenen Frequenzanteile.

4.3.3 Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen gesamten Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhw, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Tabelle 22: Schrittweise Analyse zu der Auswahl relevanter Konfounder in Dosis-Wirkungsableitung zwischen Dhv-Werte (quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhv _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)	OR				
	Voll- Modell*	Schrittweise ausnehmen von Konfounder im Modell			
		Ohne BMI	Zusätzlich ohne Armfrakturen	Zusätzlich ohne Gicht	Zusätzlich ohne Rheuma
1st Quintil	1	1	1	1	1
2te Quintil	2,29	2,31	2,31	2,28	2,24
3te Quintil	2,75	2,74	2,75	2,78	2,68
4te Quintil	3,71	3,74	3,74	3,71	3,56
5te Quintil	6,61	6,64	6,62	6,51	6,10

*Adjustiert nach Forschungszentren, BMI, Gelenktrauma, entzündlichen Gelenkerkrankungen, Armfrakturen, Gicht, Rheuma und generalisierte OA.

Tabelle 22a: Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhv-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Gelenktrauma*		1,84	1,38 – 2,46	1,31	0,96 – 1,77
Entz. Gelenkerkrankung [§]		3,24	2,40 – 4,36	2,52	1,81 – 3,51
Generalisierte OA		3,45	2,44 – 4,89	2,23	1,53 – 3,25
Dhv _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)					
1st Quintil	19/165	1	–	1	–
2te Quintil	36/164	2,37	1,29 – 4,35	2,24	1,20 – 4,19
3te Quintil	42/165	3,01	1,64 – 5,53	2,68	1,44 – 5,01
4te Quintil	41/164	3,05	1,66 – 5,62	3,56	1,90 – 6,68
5te Quintil	71/165	5,60	3,13 – 10,03	6,10	3,28 – 11,32
Trend-test		P<0,0001		P<0,0001	
Pro 100 m ² /s ⁴ •Jahr		1,011	1,006–1,016	1,011	1,006–1,016

*Trauma an den Händen, Ellenbogen und Schultergelenken

§Entzündlichen Gelenkerkrankung an den Händen, Ellenbogen und Schulter

§Adjustiert nach Forschungszentren und alle variablen in der Tabelle

Tabelle 23: Schrittweise Analyse zu der Auswahl relevanter Konfounder in Dosis-Wirkungsableitung zwischen DhW-Werte (quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

DhW _{gewichtet} (m ² /s ⁴ • Jahr)	OR				
	Voll- Modell*	Schrittweise ausnehmen von Konfounder im Modell			
		Ohne BMI	Zusätzlich ohne Armfrakturen	Zusätzlich ohne Gicht	Zusätzlich ohne Rheuma
1st Quintil	1	1	1	1	1
2te Quintil	1,95	1,95	1,95	1,97	1,94
3te Quintil	3,40	3,40	3,38	3,43	3,34
4te Quintil	4,26	4,23	4,23	4,28	4,12
5te Quintil	5,35	5,36	5,33	5,31	5,07

*Adjustiert nach Forschungszentren, BMI, Gelenktrauma, entzündlichen Gelenkerkrankungen, Armfrakturen, Gicht, Rheuma und generalisierte OA.

Tabelle 23a: Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (DhW-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Gelenktrauma*		1,84	1,38 – 2,46	1,32	0,98 – 1,79
Entz. Gelenkerkrankung [§]		3,24	2,40 – 4,36	2,53	1,82 – 3,54
Generalisierte OA		3,45	2,44 – 4,89	2,20	1,51 – 3,19
DhW _{gewichtet} (m ² /s ⁴ • Jahr)					
1st Quintil	15/165	1	–	1	–
2te Quintil	28/164	2,16	1,13–4,13	1,94	1,00 – 3,78
3te Quintil	43/165	3,72	1,98–7,01	3,34	1,75 – 6,40
4te Quintil	55/164	5,03	2,70–9,37	4,12	2,17 – 7,83
5te Quintil	68/165	5,84	3,18–10,72	5,07	2,70 – 9,49
Trend-test		P<0,0001			
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,017	1,007–1,027	1,018	1,007–1,029

*Trauma an den Händen, Ellenbogen und Schultergelenken

§Entzündlichen Gelenkerkrankung an den Händen, Ellenbogen und Schulter

§Adjustiert nach Forschungszentren und alle variablen in der Tabelle

Tabelle 24: Dosis-Wirkungsbeziehung (Dhv-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) nach betroffenen Gelenken bei Fällen

Dhv _{gewichtet} (m/s ² • Jahr)	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert*	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Alle Patienten (n=209)					
1st Quintil	19/165	1	–	1	–
2te Quintil	36/164	2,37	1,29 – 4,35	2,24	1,20 – 4,19
3te Quintil	42/165	3,01	1,64 – 5,53	2,68	1,44 – 5,01
4te Quintil	41/164	3,05	1,66 – 5,62	3,56	1,90 – 6,68
5te Quintil	71/165	5,60	3,13 – 10,03	6,10	3,28 – 11,32
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,011	1,006–1,016	1,011	1,006–1,016
Handpatienten (n=127)					
1st Quintil	13/152	1	–	1	–
2te Quintil	22/143	2,18	1,03 – 4,61	1,98	0,92 – 4,28
3te Quintil	25/142	2,91	1,38 – 6,15	2,95	1,35 – 6,45
4te Quintil	28/144	3,37	1,60 – 7,07	3,94	1,79 – 8,63
5te Quintil	39/128	5,75	2,81 – 11,76	8,27	3,77 – 18,14
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,011	1,004 – 1,017	1,013	1,006 – 1,019
Ellenbogenpatienten (n=91)					
1st Quintil	5/120	1	–	1	–
2te Quintil	18/121	4,94	1,63 – 14,99	4,22	1,37 – 13,01
3te Quintil	13/117	3,84	1,22 – 12,07	2,03	0,62 – 6,67
4te Quintil	16/120	5,14	1,66 – 15,95	4,18	1,32 – 13,29
5te Quintil	39/121	13,02	4,48 – 37,83	9,24	3,03 – 28,13
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,017	1,008 – 1,026	1,013	1,004 – 1,023
Schulterpatienten (n=118)					
1st Quintil	6/135	1	–	1	–
2te Quintil	24/135	6,57	2,22 – 19,49	6,33	2,07 – 19,37
3te Quintil	21/138	5,70	1,93 – 16,85	5,21	1,73 – 15,70
4te Quintil	20/135	6,22	2,06 – 18,79	8,16	2,61 – 25,56
5te Quintil	47/140	14,14	4,92 – 40,64	16,14	5,31 – 49,06
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,013	1,004 – 1,022	1,012	1,003 – 1,021

Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA.

Tabelle 25: Dosis-Wirkungsbeziehung (Dhw-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) nach betroffenen Gelenken bei Fällen

Dhw _{gewichtet} (m/s ² • Jahr)	Fälle/N	Nicht adjustiert		Adjustiert*	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Alle Patienten (n=209)					
1st Quintil	15/165	1	–	1	–
2te Quintil	28/164	2,16	1,13–4,13	1,94	1,00 – 3,78
3te Quintil	43/165	3,72	1,98–7,01	3,34	1,75 – 6,40
4te Quintil	55/164	5,03	2,70–9,37	4,12	2,17 – 7,83
5te Quintil	68/165	5,84	3,18–10,72	5,07	2,70 – 9,49
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,017	1,007–1,027	1,018	1,007–1,029
Handpatienten (n=127)					
1st Quintil	12/155	1	–	1	–
2te Quintil	14/145	1,40	0,63 – 3,11	1,41	0,61 – 3,25
3te Quintil	26/138	3,22	1,53 – 6,80	3,28	1,52 – 7,10
4te Quintil	33/135	4,50	2,15 – 9,41	3,98	1,84 – 8,59
5te Quintil	42/136	5,51	2,71 – 11,21	5,25	2,47 – 11,15
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,018	1,006 – 1,030	1,020	1,006 – 1,033
Ellenbogenpatienten (n=91)					
1st Quintil	5/127	1	–	1	–
2te Quintil	8/119	1,91	0,61 – 5,98	1,49	0,47 – 4,78
3te Quintil	20/115	5,78	2,01 – 16,61	4,17	1,42 – 12,25
4te Quintil	21/112	6,12	2,15 – 17,41	3,33	1,13 – 9,87
5te Quintil	37/126	9,17	3,34 – 25,15	5,82	2,07 – 16,34
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,024	1,008 – 1,041	1,022	1,002 – 1,042
Schulterpatienten (n=118)					
1st Quintil	3/139	1	–	1	–
2te Quintil	17/139	6,62	1,91 – 22,99	5,64	1,59 – 20,05
3te Quintil	27/139	12,03	3,51 – 41,24	10,77	3,13 – 37,04
4te Quintil	35/137	17,40	5,11 – 59,25	13,04	3,80 – 44,75
5te Quintil	36/129	16,50	4,85 – 56,16	14,27	4,15 – 49,05
Pro 100 m ² /s ⁴ • Jahr		1,021	1,003 – 1,040	1,018	0,997 – 1,039

Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA.

4.3.4 Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsbelastungen (Dhv, Dhv, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Abbildung12: Korrelation von Vibrationsdosis (Dhv, quadratisch gewichtet nach Dupuis) aller Frequenzen mit Vibrationsdosis verschiedenen Frequenzanteile.

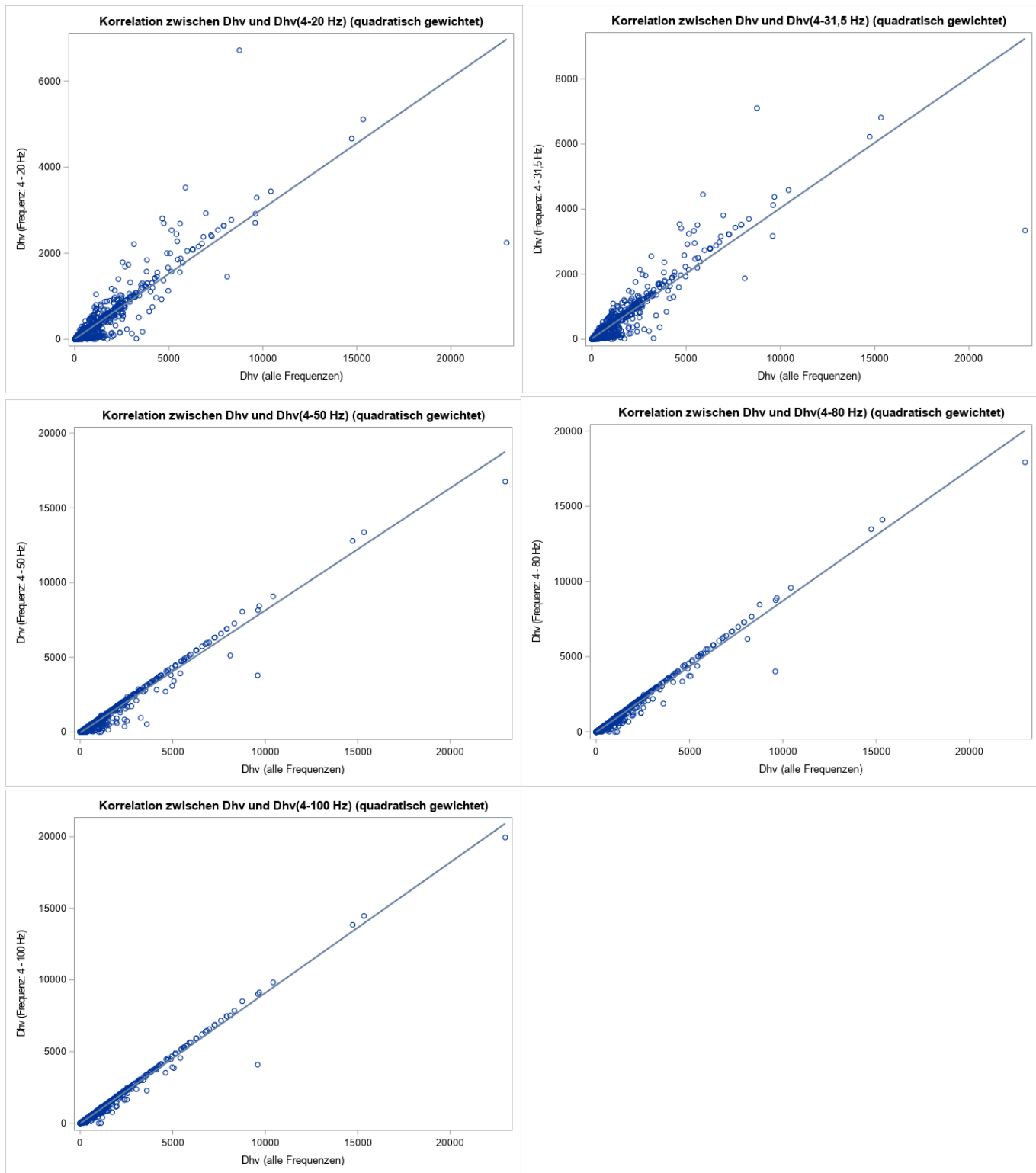


Abbildung13: Korrelation von Vibrationsdosis (Dhw, quadratisch gewichtet nach Dupuis) aller Frequenzen mit Vibrationsdosis verschiedenen Frequenzanteile.

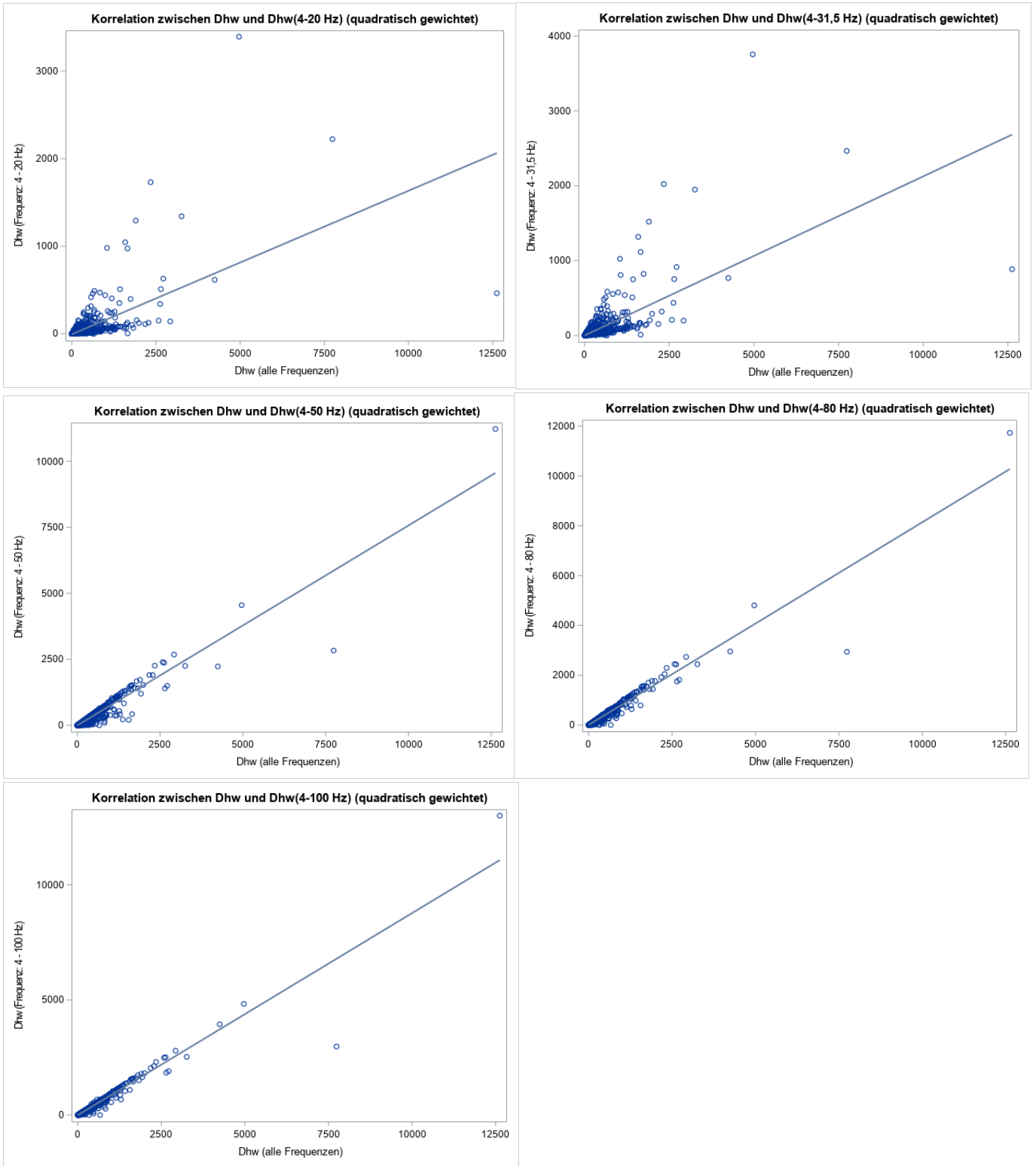


Tabelle 26: Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhv-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhv _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)	n	Adjustiert*		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Frequenz 4-20 Hz					
1st Quintil	25/163	1	–	1	–
2te Quintil	35/163	1,54	0,88 – 2,71	1,28	0,69 – 2,37
3te Quintil	39/163	2,11	1,19 – 3,73	1,57	0,79 – 3,12
4te Quintil	36/163	2,94	1,61 – 5,38	1,87	0,80 – 4,35
5te Quintil	72/163	5,98	3,33 – 10,75	3,08	1,09 – 8,73
Frequenz 4-31,5 Hz					
1st Quintil	26/163	1	–	1	–
2te Quintil	32/163	1,58	0,89 – 2,80	1,32	0,71 – 2,47
3te Quintil	42/163	2,27	1,29 – 3,99	1,70	0,85 – 3,41
4te Quintil	35/163	3,06	1,65 – 5,66	1,93	0,80 – 4,71
5te Quintil	72/163	6,09	3,38 – 10,99	3,19	1,08 – 9,39
Frequenz 4-50 Hz					
1st Quintil	7/163	1	–	1	–
2te Quintil	12/163	1,55	0,58 – 4,15	1,49	0,56 – 3,99
3te Quintil	36/163	3,50	1,45 – 8,44	2,88	1,16 – 7,16
4te Quintil	34/163	3,64	1,48 – 8,94	2,58	0,95 – 7,00
5te Quintil	118/163	7,97	3,37 – 18,90	4,35	1,37 – 13,83
Frequenz 4-80 Hz					
1st Quintil	18/163	1	–	1	–
2te Quintil	37/163	2,56	1,38 – 4,76	2,78	1,33 – 5,77
3te Quintil	40/163	2,79	1,49 – 5,22	3,30	1,18 – 9,27
4te Quintil	43/163	4,94	2,58 – 9,44	6,39	1,58 – 25,83
5te Quintil	69/163	7,65	4,03 – 14,52	10,87	1,79 – 66,12
Frequenz 4-100 Hz					
1st Quintil	18/163	1	–	1	–
2te Quintil	38/163	2,45	1,32 – 4,54	2,65	1,25 – 5,64
3te Quintil	38/163	2,54	1,35 – 4,78	3,00	0,98 – 9,18
4te Quintil	43/163	4,49	2,39 – 8,42	5,77	1,25 – 26,68
5te Quintil	70/163	7,04	3,75 – 13,19	9,89	1,35 – 72,72
Alle Frequenzen					
1st Quintil	18/163	1	–		
2te Quintil	37/163	2,49	1,32 – 4,70		
3te Quintil	41/163	2,82	1,49 – 5,35		
4te Quintil	41/163	3,88	2,04 – 7,38		
5te Quintil	70/163	6,74	3,56 – 12,73		

*Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA

§Adjustiert zusätzlich nach Vibrationsdosis aller Frequenzen.

Tabelle 27: Frequenzabhängige Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Vibrationsdosis (Dhw-Werte, quadratisch gewichtet nach Dupuis) und Erkrankungen entspricht BK 2103

Dhw _{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)	n	Adjustiert*		Adjustiert [§]	
		OR	95%KI	OR	95%KI
Frequenz 4-20 Hz					
1st Quintil	17/163	1	–	1	–
2te Quintil	22/163	1,42	0,71 – 2,83	1,33	0,66 – 2,68
3te Quintil	27/163	2,16	1,09 – 4,31	1,86	0,87 – 3,95
4te Quintil	64/163	4,97	2,65 – 9,31	4,07	1,93 – 8,57
5te Quintil	77/163	5,30	2,85 – 9,86	4,13	1,87 – 9,14
Frequenz 4-31,5 Hz					
1st Quintil	12/163	1	–	1	–
2te Quintil	27/163	2,79	1,33 – 5,85	2,62	1,23 – 5,59
3te Quintil	28/163	3,41	1,58 – 7,36	2,97	1,28 – 6,90
4te Quintil	66/163	8,06	3,95 – 16,45	6,84	3,00 – 15,56
5te Quintil	74/163	7,94	3,90 – 16,16	6,39	2,62 – 15,57
Frequenz 4-50 Hz					
1st Quintil	19/163	1	–	1	–
2te Quintil	20/163	1,10	0,56 – 2,18	1,07	0,52 – 2,21
3te Quintil	47/163	2,97	1,60 – 5,54	2,79	1,24 – 6,28
4te Quintil	51/163	3,38	1,81 – 6,34	3,08	1,12 – 8,43
5te Quintil	70/163	4,78	2,60 – 8,80	4,22	1,25 – 14,20
Frequenz 4-80 Hz					
1st Quintil	17/163	1	–	1	–
2te Quintil	25/163	1,74	0,91 – 3,34	1,79	0,87 – 3,66
3te Quintil	41/163	2,83	1,51 – 5,28	3,00	1,23 – 7,33
4te Quintil	54/163	4,03	2,18 – 7,46	4,44	1,37 – 14,35
5te Quintil	70/163	5,21	2,84 – 9,53	5,91	1,38 – 25,27
Frequenz 4-100 Hz					
1st Quintil	15/163	1	–	1	–
2te Quintil	27/163	1,85	0,96 – 3,58	1,96	0,94 – 4,10
3te Quintil	40/163	2,90	1,52 – 5,54	3,31	1,25 – 8,76
4te Quintil	55/163	4,41	2,33 – 8,34	5,40	1,50 – 19,48
5te Quintil	70/163	5,26	2,82 – 9,80	6,87	1,38 – 34,16
Alle Frequenzen					
1st Quintil	15/163	1	–		
2te Quintil	27/163	1,87	0,96 – 3,66		
3te Quintil	43/163	3,34	1,75 – 6,37		
4te Quintil	54/163	4,02	2,12 – 7,63		
5te Quintil	68/163	5,12	2,73 – 9,58		

*Adjustiert nach Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen und generalisierte OA

§Adjustiert zusätzlich nach Vibrationsdosis aller Frequenzen.

Tabelle 28: Effekte von gesamten Vibrationsbelastungen nach Adjustierung von Frequenzanteile

Vibrationsdosis (nicht gewichtet, Alle Frequenzen)	OR*					
	Adjustiert für die Belastungen in Frequenzbereiche (Hz)					
	0	4-20	4-31,5	4-50	4-80	4-100
DhV_{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)						
1st Quintil	1	1	1	1	1	1
2te Quintil	2,49	2,04	2,04	1,36	1,51	1,50
3te Quintil	2,82	1,97	1,89	0,97	1,05	1,03
4te Quintil	3,88	2,23	2,14	0,98	0,89	0,87
5te Quintil	6,74	3,08	2,89	1,64	0,90	0,89
Trend-Test	P<0,001	P=0,085	P=0,125	P=0,094	P=0,621	P=0,662
Dhw_{gewichtet} (m ² /s ⁴ •Jahr)						
1st Quintil	1	1	1	1	1	1
2te Quintil	1,87	1,38	1,36	1,38	1,28	1,23
3te Quintil	3,34	1,72	1,66	1,79	1,52	1,43
4te Quintil	4,02	1,73	1,57	1,55	1,25	1,13
5te Quintil	5,12	1,75	1,59	1,44	1,06	0,94
Trend-Test	P<0,001	P=0,297	P=0,482	P=0,788	P=0,827	P=0,712

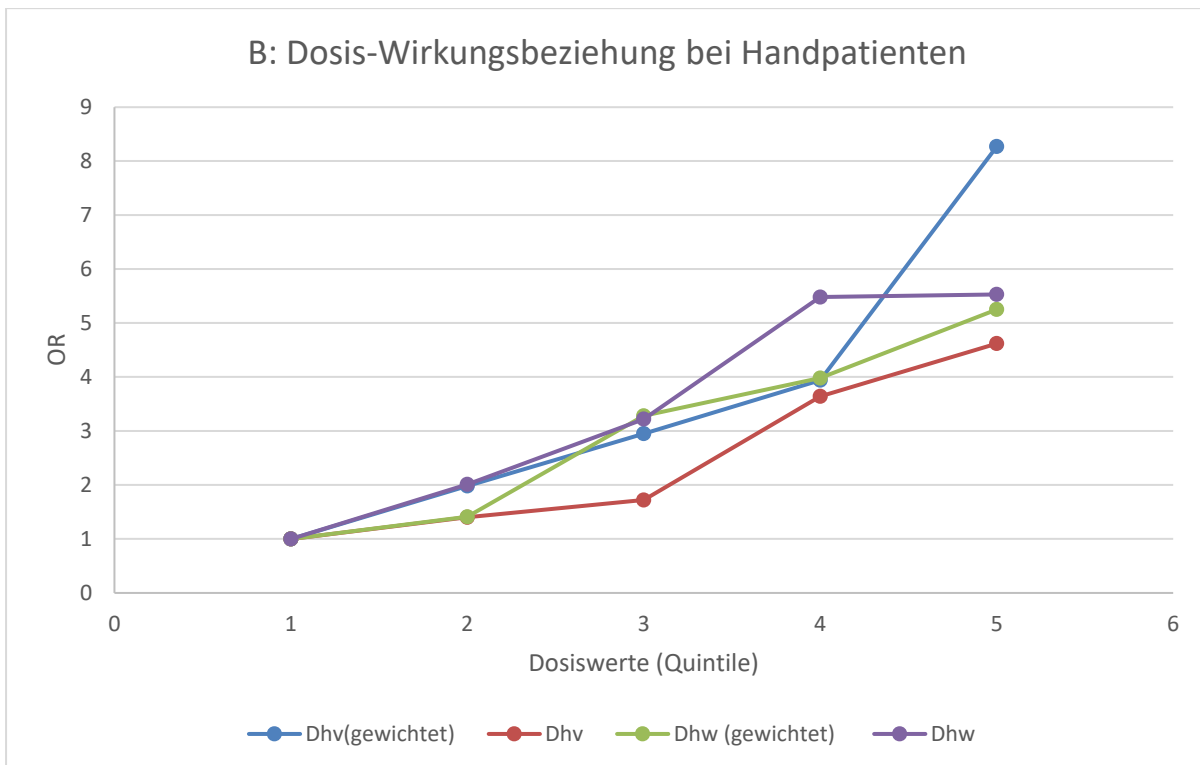
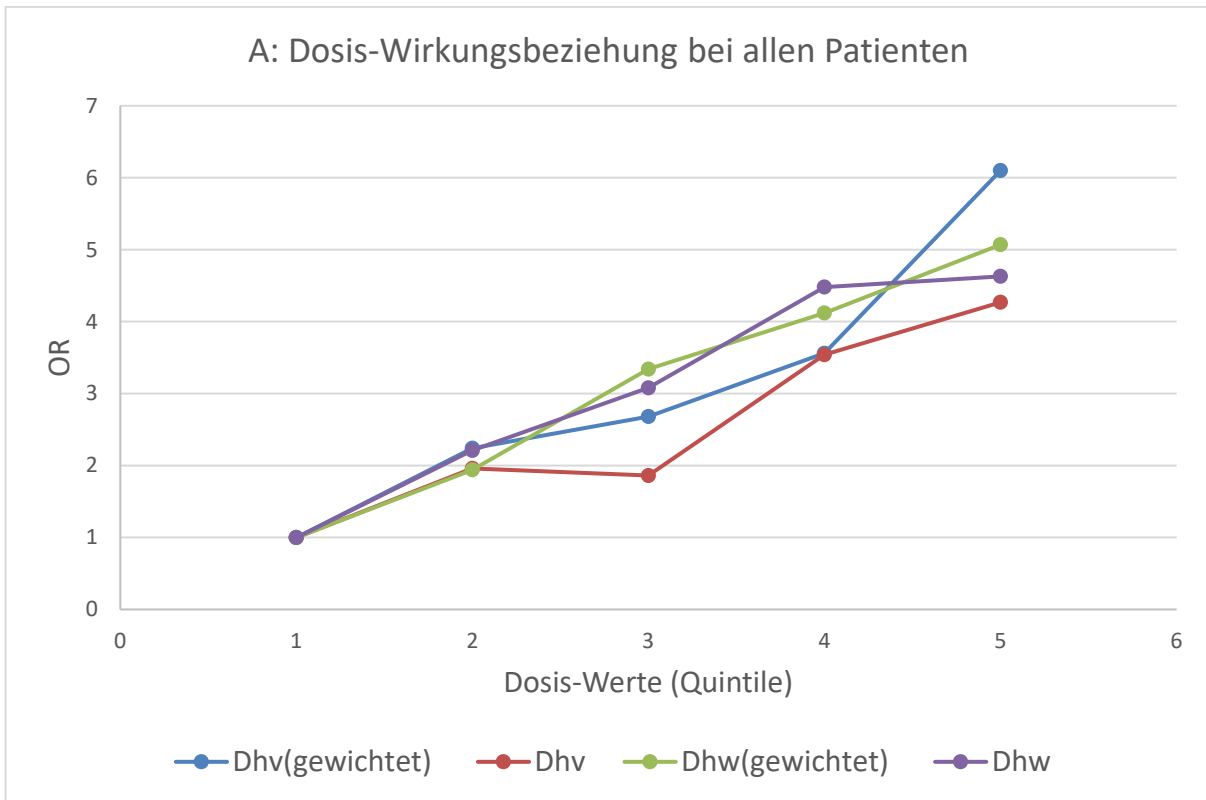
*Adjustiert für Forschungszentren, Trauma, entzündliche Gelenkerkrankungen, generalisierte OA und zusätzlich Vibrationsbelastungen in verschiedenen Frequenzanteile.

4.3.5 Interpretation Dosis-Wirkungsbeziehung mit unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Vibrationsdosis (Dhv- und Dhv-Werte)

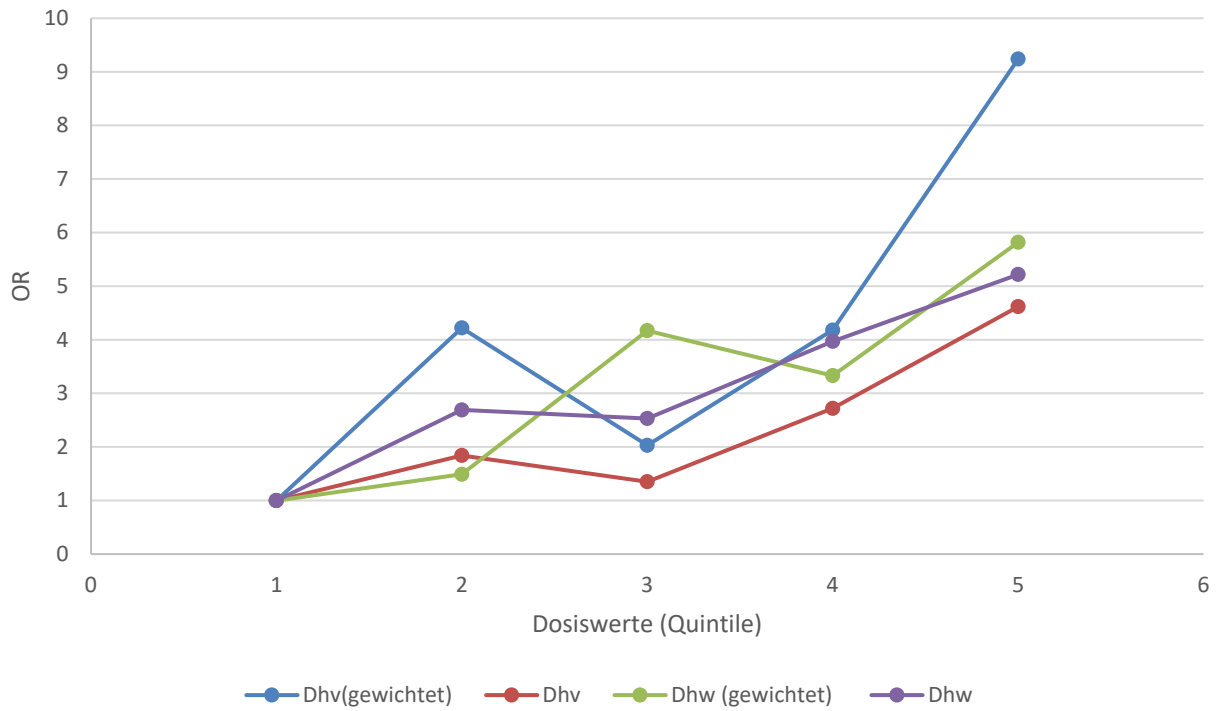
Tabelle 29: Vergleichbarkeit Dosis-Wirkungsbeziehung bei unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Dosiswerte

	OR	95%KI
Dhv (m/s² •Jahr)		
1st Quintil (0,5 – <42,4)	1	–
2st Quintil (42,4 – <97)	1,96	1,07 – 3,64
3st Quintil (97 – <152)	1,86	1,01 – 3,47
4st Quintil (152 – <224)	3,54	1,92 – 6,38
5st Quintil (224 – 798)	4,27	2,17 – 7,09
Dhv_{gewichtet} (m²/s⁴ •Jahr)		
1st Quintil (0,1 – <139)	1	–
2st Quintil (139 – <420)	2,24	1,20 – 4,19
3st Quintil (420 – <1023)	2,68	1,44 – 5,01
4st Quintil (1023 – <1949)	3,56	1,90 – 6,68
5st Quintil (1949 – 22974)	6,10	3,28 – 11,32
Dhw (m/s² •Jahr)		
1st Quintil (0,5 – <42,4)	1	–
2st Quintil (42,4 – <97)	2,21	1,09 – 4,47
3st Quintil (97 – <152)	3,08	1,54 – 6,14
4st Quintil (152 – <224)	4,48	2,29 – 8,76
5st Quintil (224 – 798)	4,63	2,37 – 9,01
Dhw_{gewichtet} (m²/s⁴ •Jahr)		
1st Quintil (0 – <45)	1	–
2st Quintil (45 – <140)	1,94	1,00 – 3,78
3st Quintil (140 – <293)	3,34	1,75 – 6,40
4st Quintil (293 – <542)	4,12	2,17 – 7,83
5st Quintil (542 – 12625)	5,07	2,70 – 9,49

Abbildung 14: Vergleichbarkeit Dosis-Wirkungsbeziehung bei unterschiedlichen Berechnungsmethoden zur Dosiswerte



C: Dosis-Wirkungsbeziehung bei Ellenbogenpatienten



D: Dosis-Wirkungsbeziehung bei Schulterpatienten

