

# Die jährliche Gesamtsterblichkeit in Japan und Deutschland im Vergleich - Hypothesen und Trendanalysen

Hagen Scherb

18. Februar 2022

## Zusammenfassung

Eine vergleichende linear-logistische Trendanalyse der säkularen japanischen und deutschen Gesamtsterblichkeit 2005-2021 zeigt keine signifikante Unter- oder Übersterblichkeit in Japan in den Pandemie-Jahren 2020 und 2021 ( $p > 0.05$ ). In Deutschland sieht die Situation etwas differenzierter aus. Dort liegt im Jahr 2020 eine geringe nicht-signifikante Übersterblichkeit vor: 1.9%, 95%-Konfidenzintervall (-1.1, 4.9),  $p=0.2147$ . Im Jahr 2021 erkennt man allerdings eine signifikante Übersterblichkeit von 4.7% (1.6, 7.8)  $p=0.0026$ . In dem erweiterten Zeitraum von 1990-2021 bringt eine quadratisch-kubische logistische Trendanalyse ähnliche qualitative und quantitative Befunde: eine nicht-signifikante Übersterblichkeit im Jahr 2020 von 1.1% (-2.4, 4.6)  $p=0.5494$ , gefolgt von einer grenzwertig signifikanten Übersterblichkeit von 3.5% (-0.2, 7.3)  $p=0.0653$ , im Jahr 2021. Während in Japan keine Übersterblichkeit ab 2020 erkennbar ist, liegt in Deutschland im Jahr 2021 eine tendenziell 2-3-mal so große Übersterblichkeit vor wie im Jahr 2020, als es noch keine Impfung gab.

## Einleitung

Trendanalysen von demografischen und epidemiologischen Beobachtungsdaten sind eine naheliegende statistische Methode, wissenschaftliche Fragestellungen zu operationalisieren und zu untersuchen. In der Umweltrisikoforschung sind Hypothesen über den räumlich-zeitlichen Verlauf von demographischen oder ökologischen Variablen und deren Determinanten der Ausgangspunkt für entsprechende Trendanalysen. Mögliche Effekte können in ihrer Größenordnung anschaulich, effizient und effektiv ermittelt und statistisch abgegrenzt werden. Hypothesen lassen sich visualisieren, und Nullhypothesen können mit Hilfe eines breiten Methodenspektrums getestet, und Effekte geschätzt werden [1-5]. Ein anschauliches Beispiel über Hypothesentests in der Zeitreihe des Geburtengeschlechtsverhältnisses in Japan vor und nach den Atombombenabwürfen 1945 findet sich in [6]. Dementsprechend kann man auch die Frage, inwieweit sich Naturereignisse, Umweltbelastungen, Pandemien oder allgemeine gesellschaftliche Veränderungen in der jährlichen Gesamtsterblichkeit einer Bevölkerung widerspiegeln, mit Hilfe von räumlich-zeitlicher Trendmodellierung bearbeiten.

Morfeld und Erren [7] und Morfeld et al. [8] betonten die Notwendigkeit, die mögliche Übersterblichkeit im Jahr 2020 im fairen Kontext der Vorjahre zu betrachten. Giattino et al. warnten

vor einer Unter- oder Überschätzung des Überschusses bei sinkenden oder steigenden Sterblichkeitstrends. Zum Beispiel wird in Ländern mit einem steigenden Sterblichkeitstrend wie Deutschland, Japan, USA oder Südkorea der Fünfjahresdurchschnitt die Übersterblichkeit überschätzen; während sich für Länder mit rückläufigen Trends wie Russland eine Unterschätzung ergibt [9]. Auch DESTATIS vergleicht leider die Sterbefallzahlen im Jahr 2020 lediglich mit dem Median der 4 Vorjahre ohne Berücksichtigung des säkularen Aufwärtstrends, siehe <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefaelle-Lebenserwartung/sterbefallzahlen.html>. Scherb stellte fest: Die Gesamtzahl der Todesfälle in Deutschland im Jahr 2020 entspricht dem vorherigen Aufwärtstrend von 2005-2019 [10]. Und spezifischer: Die jährlichen Todesfälle pro 1000 Einwohner in Deutschland von 1990 bis 2019 folgen einem kubischen logistischen Trend, der im Jahr 2020 um 1.3 % überschritten wurde, was rechnerisch 12 667 (-20 886, 45 115) Exzess-Sterbefällen entsprach, p-Wert 0.4543 [11].

Unter Verwendung von Sterbe- und Bevölkerungszahlen aus der EUROSTAT-Datenbank haben Kowall et al. mittels zweier Ansätze die wöchentlichen und kumulativen standardisierten Mortalitätsverhältnisse (SMR) für das Jahr 2020 für Deutschland und Schweden geschätzt. Einerseits wurden die mittleren wöchentlichen Sterblichkeitsraten von 2016 bis 2019 als erwartete Sterblichkeitsraten für 2020 verwendet. Andererseits wurden unter Berücksichtigung der abflachend steigenden Lebenserwartung (wie von Klenk et al. [12] sowie von Weiland et al. [13] genauer beschrieben) die erwarteten Sterblichkeitsraten für 2020 durch Extrapolation der Sterblichkeitsraten von 2016 bis 2019 berechnet. In Deutschland gab es demnach im Jahr 2020 mit beiden Ansätzen kaum eine Übersterblichkeit [14].

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine einfache und robuste sowie möglichst anschauliche und transparente vergleichende Untersuchung japanischer und deutscher Gesamtsterblichkeitsraten im Hinblick auf die Frage, ob die Corona-Pandemie bzw. die entsprechenden Gegenmaßnahmen ab Anfang 2020 erkennbare Auswirkungen auf die Sterblichkeit hatten, und inwieweit dies bereits Anfang 2022 festgestellt werden kann.

### **Jährliche Gesamtsterblichkeit in Japan**

Anhand der jährlichen japanischen Bevölkerungszahlen und der Häufigkeiten der jährlichen Sterbefälle in Tabelle 1 kann man untersuchen, ob das Erdbeben und der Tsunami 2011 sowie die Corona-Pandemie 2020/2021 zu Abweichungen von der nach dem säkularen Gesamttrend erwarteten Sterblichkeit geführt haben. Gibt es also signifikante Unter- oder Übersterblichkeiten in Japan in bestimmten Jahren? Abbildung 1 zeigt die Daten der Tabelle 1 in Form der Sterbefälle pro 1000 Einwohner sowie eine Trendanalyse, welche Abweichungen vom säkularen Trend von 2005 bis 2021 in den Jahren 2011/2012 (Erdbeben/Tsunami: d2011 und d2012) und in den Jahren 2020/2021 (Covid-19 Pandemie: d2020 und d2021) zulässt. Dabei bedeutet dx eine Indikatorvariable (oder Dummy-Variable) mit dem Wert 1 für das entsprechende Jahr x und dem Wert 0 für

alle anderen Jahre. Dummy-Variablen für einzelne Jahre oder Zeitabschnitte dienen dazu, Effekte zu quantifizieren und zu testen. Peaks oder Sprünge in den Trends sind Haupteffekte von Dummy-Variablen. Knicke in den Verläufen entsprechen Interaktionseffekten der Dummy-Variablen mit der Zeit (t). In Tabelle 2 zeigt sich, dass die Jahre 2012, 2020 und 2021 jeweils keine signifikante ( $p > 0.05$ ) Abweichung von dem globalen säkularen Trend aufweisen, während in dem Jahr 2011 des großen Erdbebens und Tsunamis eine signifikant um 4.1% (1.6, 6.9)  $p=0.0026$  erhöhte Sterblichkeit vorliegt, siehe Tabelle 2. Dieser prozentuale Exzess übersetzt sich rechnerisch in 48 887 (17 178, 81 109) zusätzliche absolute Fälle. Der Überschuss der Sterbefälle von knapp 50 000 Toten ist unter dem Blickwinkel der Schätzgenauigkeit von ca. 17 000 bis 81 000 statistisch verträglich mit der offiziellen Opferzahl von knapp 20 000 Fällen. Die aktuelle Zahl der bestätigten Todesfälle betrug nämlich laut japanischer Wiederaufbaubehörde im Dezember 2021 19 747. Mehr als 2 500 Menschen gelten noch immer als vermisst, siehe: <https://www.livescience.com/39110-japan-2011-earthquake-tsunami-facts.html>. Der deutlich höhere Schätzwert von ca. 50 000 Fällen aufgrund der Trendanalyse weist darauf hin, dass im Jahr 2011 eventuell noch wesentlich mehr Menschen aufgrund von indirektem Katastrophenstress verstarben als offiziell dem Erdbeben und dem Tsunami direkt zugeordnet worden waren. Auch die (nicht-signifikant) erhöhte Sterblichkeit im Jahr 2012 könnte mit den Nachwirkungen des großen Erdbebens 2011 zusammenhängen. In den Pandemie-Jahren 2020 und 2021 zeigt sich jedenfalls in Japan gemäß der durchgeführten Trendanalyse keine signifikante Über- oder Untersterblichkeit, siehe Tabelle 2, so dass also weder die Pandemie selbst noch die Gegenmaßnahmen ab 2020 incl. der Impfungen im Jahr 2021 hier als signifikante Effekte erkennbar wären. Das schließt solche Effekte im Einzelnen nicht aus, es zeigt aber, dass globale Trendabweichungen in den Jahren 2020 und 2021 immerhin nicht vorliegen. Der Aspekt einer Pandemie (massive) Übersterblichkeit findet sich in Japan in den Jahren 2020 und 2021 somit nicht.

### **Jährliche Gesamtsterblichkeit in Deutschland**

Tabelle 3 listet die Bevölkerungs- und Sterbefallzahlen für Deutschland im Zeitraum 1990-2021. Es soll zunächst, wie für Japan, nur der Zeitraum 2005-2021 analysiert werden, um beide Datensätze gut vergleichen zu können. Abbildung 2 zeigt die Sterberaten pro 1000 Einwohner der Tabelle 3 sowie eine Trendanalyse, welche Abweichungen vom säkularen Trend von 2005 bis 2021 in den Jahren 2020 und 2021 zulässt. Im Gegensatz zu Japan mit dem großen Erdbeben im Jahr 2011 liegen in Deutschland alle Sterberaten von 2005 bis 2020 ausnahmslos innerhalb des 95%-Vorhersagebands der Gesamtheit der einzelnen jährlichen Raten. Lediglich im Jahr 2021 findet sich eine signifikante Übersterblichkeit von 4.7% (1.6, 7.8)  $p=0.0026$ . Die prozentuale Übersterblichkeit von 4.7% übersetzt sich rechnerisch in absolute Fälle wie folgt: 45 271 (15 876, 72 994). Alle weiteren Parameter dieser Trendanalyse finden sich in Tabelle 4.

Betrachtet man für Deutschland den erweiterten Zeitraum von 1990-2021, und passt man im Sinne einer Sensitivitätsanalyse eine etwas weniger sparsame, quadratisch-kubische Trendfunktion an, so ergeben sich ebenfalls statistisch unauffällige Einzelwerte in allen Jahren von 1990 bis

2020. Insbesondere liegt eine nicht-signifikante Übersterblichkeit im Jahr 2020 vor: 1.1% (-2.4, 4.6)  $p=0.5494$ . Dagegen zeigt sich im Jahr 2021 eine grenzwertig signifikante Übersterblichkeit von 3.5% (-0.2, 7.3)  $p=0.0653$ . Die prozentuale Übersterblichkeit von 3.5% übersetzt sich in folgende Fallzahlen: 34 098 (-2 020, 68 630). Die übrigen Parameter dieser Trendanalyse finden sich in Tabelle 5. Abbildung 3 ist eine grafische Darstellung dieser Trendanalyse.

## Diskussion

In Japan liegt die Gesamtsterblichkeit in den einzelnen Jahren von 2020 und 2021 deutlich innerhalb der erwarteten Grenzen der zufälligen Schwankung des Gesamttrends von 2005-2021. In Deutschland bietet sich ein etwas anderes Bild. Bis auf die Jahre 2011 (Erdbeben in Japan) und 2021 entspricht die Situation - hinsichtlich fehlender Exzess-Mortalitäten - im wesentlichen derjenigen in Japan. Aber im Jahr 2021 zeichnet sich für Deutschland - je nach Modellierungsansatz - eine grenzwertig-signifikante bis signifikante Übersterblichkeit in der Größenordnung von 3%-5% ab. Diese Übersterblichkeit liegt somit an der Grenze der Erkennbarkeit der verwendeten Trendanalyse-Methode. Diese Methode erlaubt nämlich eine Schätzung der Unter- oder Übersterblichkeiten in einzelnen Jahren von ca. +/-2% bis +/-4%: siehe die Breite der Konfidenzintervalle in den Tabellen 2, 4 und 5. Diese Genauigkeit reicht demnach aus, um auf Länderebene für Populationen in der Größenordnung von 100 Millionen, und einer Datenvariabilität wie etwa in Deutschland und Japan, Über- oder Unter-Sterblichkeit von +/- 5% klar zu detektieren oder auszuschließen. Bei Vorliegen entsprechender geschlechts- und altersstratifizierter Daten kann die vorgeschlagene Methode auch alters-geschlechts-spezifisch angewendet werden. Damit könnte und sollte untersucht werden, wie sich die gefundene andeutungsweise Übersterblichkeit in Deutschland im Jahr 2021 auf die verschiedenen Geschlechts-Altersklassen verteilt. Fazit: Während also Japan in den Jahren 2020 und 2021 unauffällig ist, liegt in Deutschland mit Corona-Impfungen im Jahr 2021 eine tendenziell 2-3-mal so große Übersterblichkeit vor wie im Jahr 2020 ohne entsprechende Impfungen. Als Indikator für die Compliance in der Bevölkerung kann man die Impfbereitschaft betrachten: Mitte Februar 2022 betrug die Quote der Auffrischungsimpfungen in Japan 10% und in Deutschland 55%. Es wird interessant sein, die säkularen Sterblichkeitstrends - auch weiterer Länder - im Auge zu behalten.

## Referenzen

- [1] A. Körblein, H. Küchenhoff, Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident, *Radiation and Environmental Biophysics* 36(1) (1997) 3-7.
- [2] P. Kaatsch, C. Spix, R. Schulze-Rath, S. Schmiedel, M. Blettner, Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants, *Int J Cancer* 122(4) (2008) 721-6.
- [3] H. Scherb, K. Voigt, Analytical ecological epidemiology: exposure-response relations in spatially stratified time series, *Environmetrics* 20(6) (2009) 596-606.
- [4] H. Scherb, K. Hayashi, Spatiotemporal association of low birth weight with Cs-137 deposition at the prefecture level in Japan after the Fukushima nuclear power plant accidents: an analytical-ecologic epidemiological study, *Environ Health* 19(1) (2020) 82.
- [5] H. Scherb, V. Grech, The secondary sex ratio in Italy over the past eighty years (1940 to 2019) and potential impact of radiological contamination after atmospheric nuclear testing and after Chernobyl: Temporal change-point analysis using Markov Chain Monte Carlo, *Reprod Toxicol* 100 (2021) 137-142.
- [6] H. Scherb, R. Kusmierz, K. Voigt, *Ökologische Studien, Trendanalysen und Hypothesentests – das Geschlechtsverhältnis der Neugeborenen in Japan von 1930 bis 1960*, Strahlentelex, 2015, [http://www.strahlentelex.de/Stx\\_15\\_674-675\\_S04-06.pdf](http://www.strahlentelex.de/Stx_15_674-675_S04-06.pdf).
- [7] P. Morfeld, T.C. Erren, [Deaths in nine regions of Italy in February/March 2020: "Mortality Excess Loupe" for SARS-CoV-2/COVID-19-Epidemiology in Germany], *Gesundheitswesen* 82(5) (2020) 400-406.
- [8] P. Morfeld, B. Timmermann, V.J. Groß, P. Lewis, T.C. Erren, COVID-19: How did mortality change? - Mortality of women and men in Germany and its federal states until October 2020, *Dtsch Med Wochenschr* 146(2) (2021) 129-131.
- [9] Statistics and Research: Excess mortality during the Coronavirus pandemic (COVID-19); <https://ourworldindata.org/excess-mortality-covid>, 2020. (Accessed May 13 2021).
- [10] H. Scherb, SARS-CoV-2 in Germany: Association between deaths and positive rate, *European journal of clinical investigation* (2021) e13500.
- [11] H. Scherb, Time-varying associations between daily SARS-CoV-2 positive rates, positive deaths, and total deaths in Germany, *Epidemiology and Public Health Research* 1(1) (2021) 12.
- [12] J. Klenk, K. Rapp, G. Buchele, U. Keil, S.K. Weiland, Increasing life expectancy in Germany: quantitative contributions from changes in age- and disease-specific mortality, *Eur J Public Health* 17(6) (2007) 587-92.
- [13] S.K. Weiland, K. Rapp, J. Klenk, U. Keil, Zunahme der Lebenserwartung: Größenordnung, Determinanten und Perspektiven, *Dtsch Arztebl Int* 103(16) (2006).
- [14] B. Kowall, F. Standl, F. Oesterling, B. Brune, M. Brinkmann, M. Dudda, P. Pflaumer, K.H. Jockel, A. Stang, Excess mortality due to Covid-19? A comparison of total mortality in 2020 with total mortality in 2016 to 2019 in Germany, Sweden and Spain, *PLoS One* 16(8) (2021) e0255540.

## Tabellen

**Tabelle 1.** Jährliche Population und jährliche Sterbefälle in Japan 2005-2021.

Jahr	Einwohner	Sterbefälle	Sterbefälle/ 1000 Einw.
2005	129577000	1083796	8.364
2006	129273000	1084451	8.389
2007	128969000	1108334	8.594
2008	128665000	1142407	8.879
2009	128361000	1141865	8.896
2010	128057000	1197014	9.348
2011	127753000	1253068	9.809
2012	127498000	1256359	9.854
2013	127247000	1268438	9.968
2014	126949000	1273025	10.028
2015	126597000	1290510	10.194
2016	126193000	1319012	10.452
2017	125739000	1352198	10.754
2018	125236000	1394323	11.134
2019	124689000	1360318	10.910
2020	124100000	1383910	11.152
*2021	123474000	1413816	11.450

\* vorläufig aus Jan-Sep linear hochgerechnet

Quelle: <https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/?page=1>.

**Tabelle 2.** Schätzer und Konfidenzintervalle zur Trendanalyse in Abbildung 1 der jährlichen Sterbefälle pro 1000 Einwohner in Japan; t=Zeit in Jahren, dx=Indikatorvariable für das Jahr x.

Parameter	Analyse Maximum-Likelihood-Schätzer					Odds-Ratio-Schätzer		
	DF	Schätzung	Standard-Fehler	Waldsches ChiSq	Pr > ChiSq	Punktschätzwert	95% Waldsche Konfidenzgrenzen	
Intercept	1	-4.8273	0.00831	337351.2	<.0001	.	.	.
t	1	0.0214	0.00079	740.2	<.0001	1.022	1.020	1.023
d2011	1	0.0406	0.01350	9.0	0.0026	1.041	1.014	1.069
d2012	1	0.0239	0.01340	3.2	0.0757	1.024	0.998	1.051
d2020	1	-0.0221	0.01410	2.4	0.1176	0.978	0.951	1.006
d2021	1	-0.0167	0.01600	1.1	0.2959	0.983	0.953	1.015

**Tabelle 3.** Jährliche Population und jährliche Sterbefälle in Deutschland 1990-2021.

Jahr	Einwohner	Sterbefälle	Sterbefälle/ 1000 Einw.
1990	79365000	921445	11.610
1991	79984000	911245	11.393
1992	80570000	885443	10.990
1993	81187000	897270	11.052
1994	81422000	884661	10.865
1995	81661000	884588	10.832
1996	81896000	882843	10.780
1997	82061000	860389	10.485
1998	82024000	852382	10.392
1999	82101000	846330	10.308
2000	82213000	838797	10.203
2001	82350000	828541	10.061
2002	82489000	841686	10.204
2003	82541000	853946	10.346
2004	82517000	818271	9.916
2005	82470000	830227	10.067
2006	82377000	821627	9.974
2007	82267000	827155	10.055
2008	82110000	844439	10.284
2009	81901000	854544	10.434
2010	81751000	858768	10.505
2011	80233100	852328	10.623
2012	80399000	869582	10.816
2013	80767000	893825	11.067
2014	81198000	868356	10.694
2015	82175700	925200	11.259
2016	82521700	910899	11.038
2017	82740900	932263	11.267
2018	83019200	954874	11.502
2019	83166700	939520	11.297
2020	83155031	985572	11.852
*2021	83222442	1020431	12.261

\* vorläufig: Stand 15. 2. 2022

Quelle: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefaelle-Lebenserwartung/sterbefallzahlen.html>

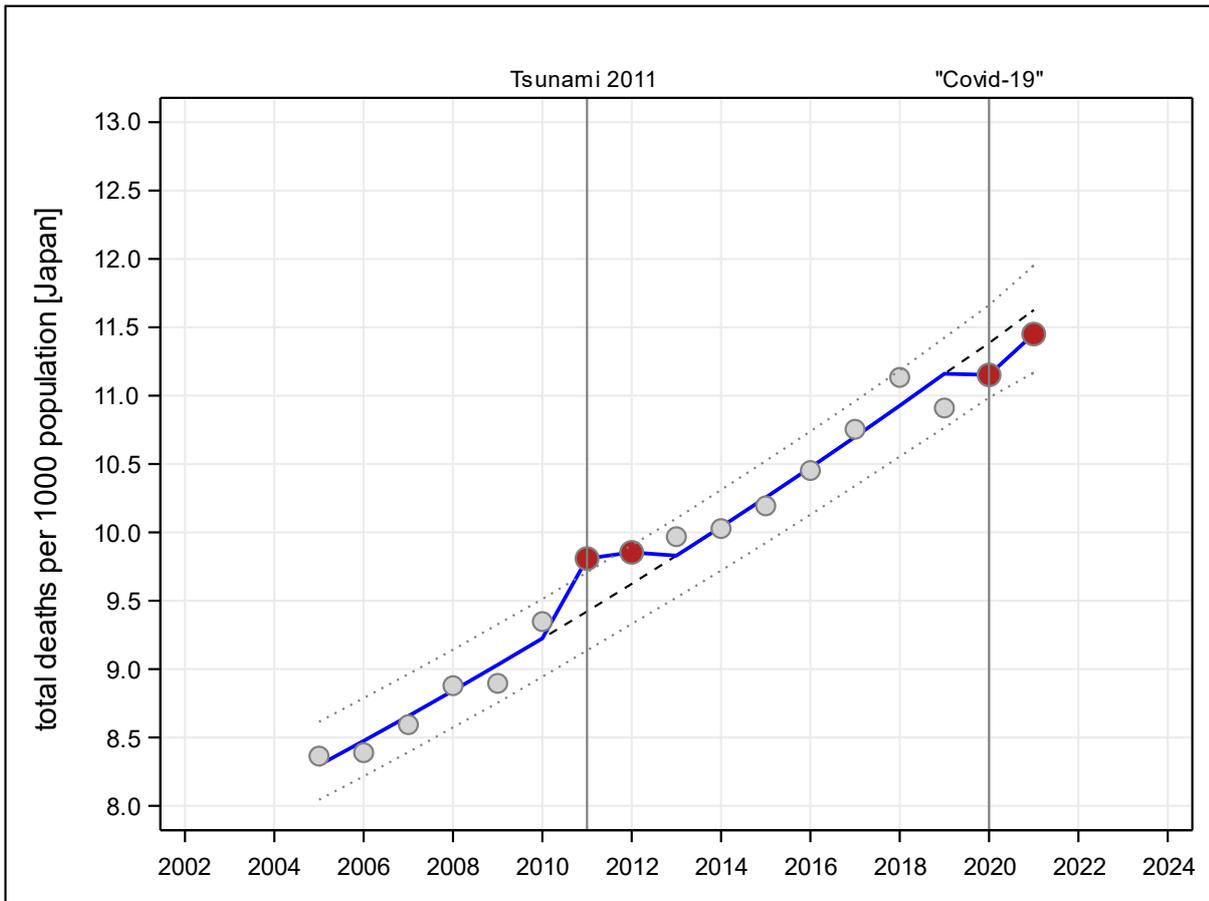
**Tabelle 4.** Schätzer und Konfidenzintervalle zur Trendanalyse in Abbildung 2 der jährlichen Sterbefälle pro 1000 Einwohner in Deutschland 2005-2021; t=Zeit in Jahren, dx=Indikatorvariable für das Jahr x.

Analyse Maximum-Likelihood-Schätzer						Odds-Ratio-Schätzer		
Parameter	DF	Schätzung	Standard-Fehler	Waldsches ChiSq	Pr > ChiSq	Punktschätzwert	95% Waldsche Konfidenzgrenzen	
Intercept	1	-4.6178	0.00839	302730.2	<.0001	.	.	.
t	1	0.0102	0.00082	152.7	<.0001	1.010	1.009	1.012
d2020	1	0.0186	0.01500	1.5	0.2147	1.019	0.989	1.049
d2021	1	0.0456	0.01510	9.1	0.0026	1.047	1.016	1.078

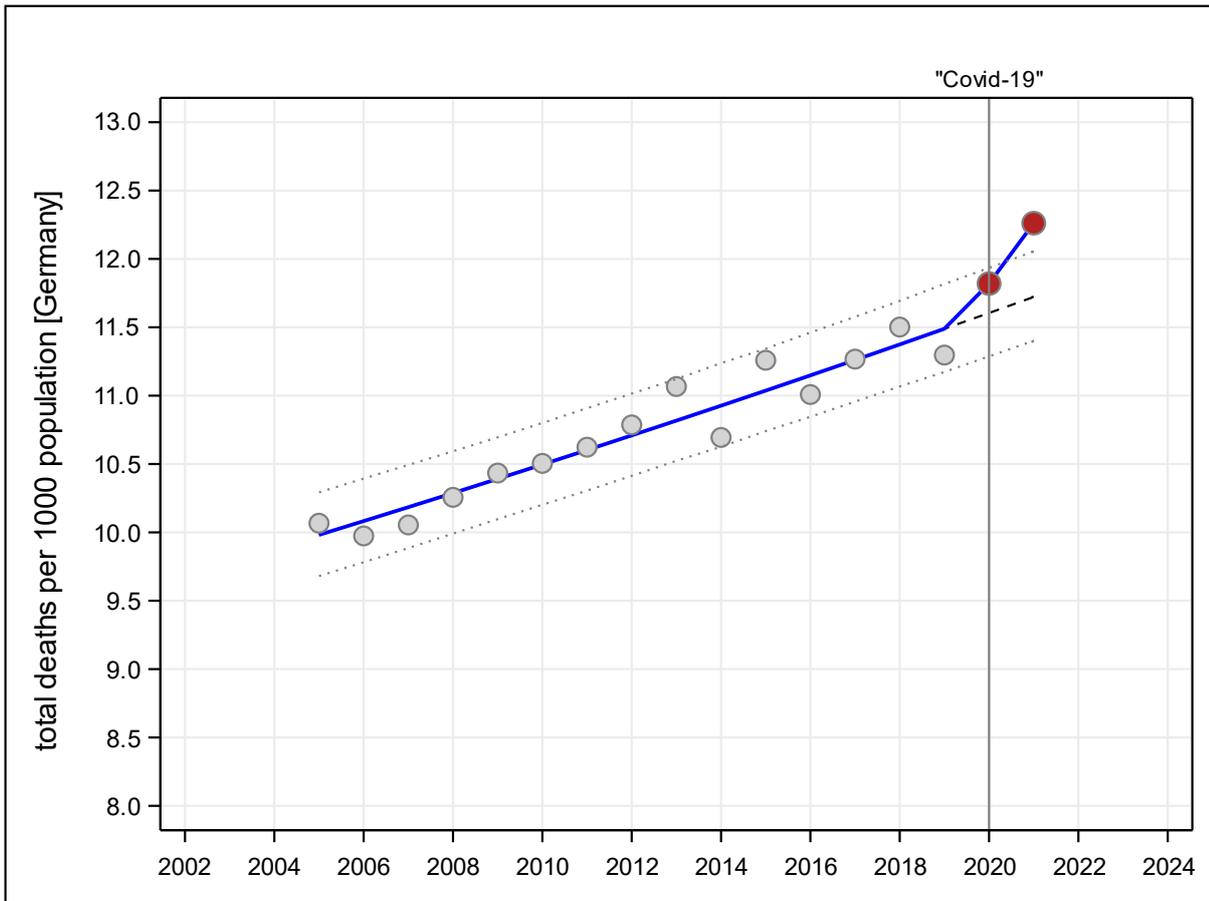
**Tabelle 5.** Schätzer und Konfidenzintervalle zur quadratisch-kubischen Trendanalyse in Abbildung 3 der jährlichen Sterbefälle pro 1000 Einwohner in Deutschland 1990-2021; t=Zeit in Jahren, dx=Indikatorvariable für das Jahr x.

Analyse Maximum-Likelihood-Schätzer						Odds-Ratio-Schätzer		
Parameter	DF	Schätzung	Standard-Fehler	Waldsches ChiSq	Pr > ChiSq	Punktschätzwert	95% Waldsche Konfidenzgrenzen	
Intercept	1	-4.5798	0.00431	1130620.5	<.0001	.	.	.
t2	1	0.000691	0.00005	225.7	<.0001	1.001	1.001	1.001
t3	1	-0.00001	0.00000	23.5	<.0001	1.000	1.000	1.000
d2020	1	0.0106	0.01770	0.4	0.5494	1.011	0.976	1.046
d2021	1	0.0343	0.01860	3.4	0.0653	1.035	0.998	1.073

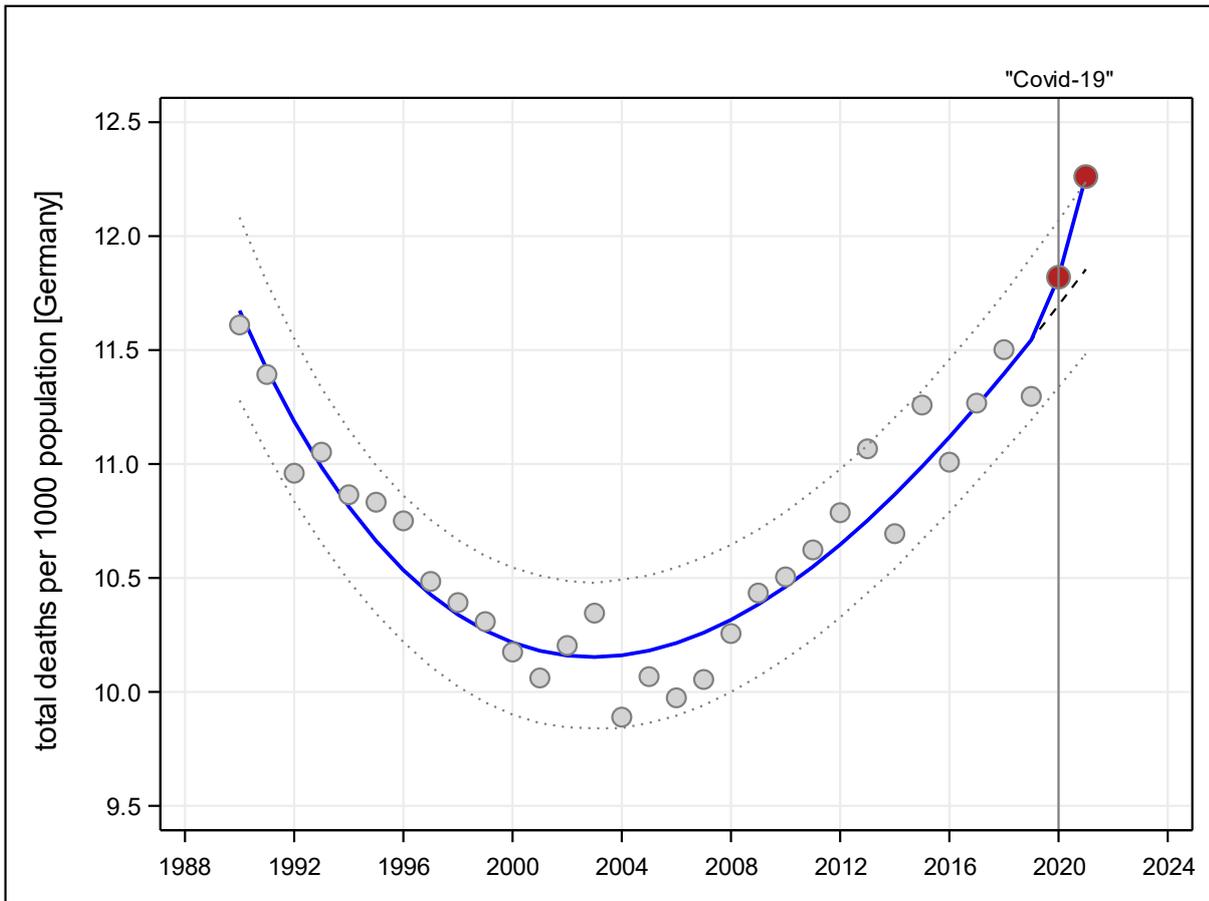
## Abbildungen



**Abbildung 1.** Gesamtzahl der Todesfälle in Japan pro 1000 Einwohner, siehe Tabelle 1 für die Daten und Tabelle 2 für die Schätzwerte und Konfidenzintervalle; der lineare logistische Regressionstrend (blaue Linie) erlaubt die Schätzung und Testung der Unter- oder Überschreitungen in den Jahren 2011, 2012, 2020 und 2021; gestrichelte Linie: erwarteter Trend; gepunktete Linien: 95%-Vorhersageband für die einzelnen Jahre unter Berücksichtigung von Overdispersion.



**Abbildung 2.** Gesamtzahl der Todesfälle in Deutschland pro 1000 Einwohner, siehe Tabelle 3 für die Daten und Tabelle 4 für die Schätzwerte und Konfidenzintervalle; der lineare logistische Regressionstrend (blaue Linie) erlaubt die Schätzung und Testung der Unter- oder Überschreitungen in den Jahren 2020 und 2021; gestrichelte Linie: erwarteter Trend; gepunktete Linien: 95%-Vorhersageband für die einzelnen Jahre unter Berücksichtigung von Overdispersion.



**Abbildung 3.** Gesamtzahl der Todesfälle in Deutschland 1990-2020 pro 1000 Einwohner, siehe Tabelle 3 für die Daten und Tabelle 5 für die Schätzwerte und Konfidenzintervalle; der optimale quadratisch-kubische logistische Regressionstrend (blaue Linie) erlaubt die Schätzung und Testung der Unter- oder Überschreitungen in den Jahren 2020 und 2021; gestrichelte Linie: erwarteter Trend; gepunktete Linien: 95%-Vorhersageband für die einzelnen Jahre unter Berücksichtigung von Overdispersion.