

# Zeitliche und räumliche Übersterblichkeit während der Corona-Pandemie

## Berechnungen und Korrelationen

1. November 2024

Matthias Reitzner



# Frühling 2020

“Der Krankheitsverlauf beim Coronavirus ist milder als etwa bei einer Grippe.” (Spahn, 27.1.2020)

“Diese Erkrankung ist eine milde Erkrankung.“ (Drosten, 2.3.2020)

# Frühling 2020

“Der Krankheitsverlauf beim Coronavirus ist milder als etwa bei einer Grippe.” (Spahn, 27.1.2020)

“Diese Erkrankung ist eine milde Erkrankung.“ (Drosten, 2.3.2020)

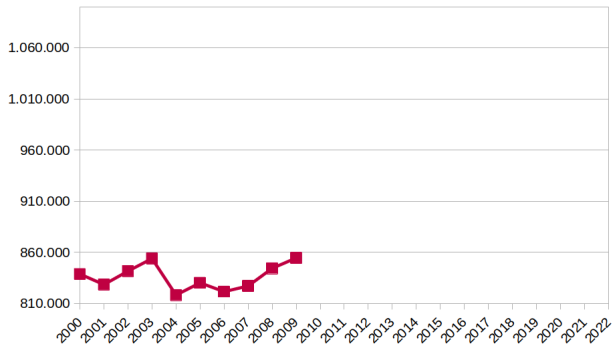
“In diesem Szenario wäre mit mehr als einer Million Todesfällen zu rechnen.“ (RKI, März 2020)

“Da werden wir Bilder sehen ..., die wir nur aus Kinofilmen kennen.“ (Drosten, 17.3.2020)

“Todeszahlen sind so hoch, als würde jeden Tag ein Flugzeug abstürzen.“ (Söder, 25.11.2020)

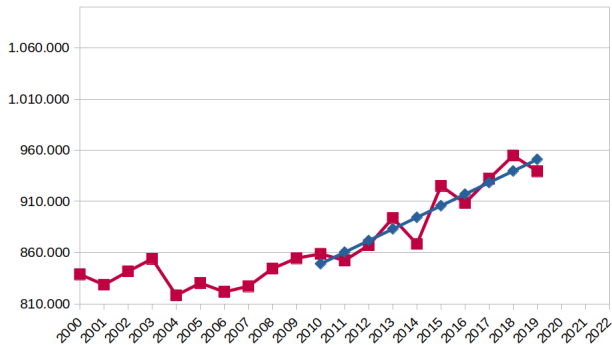
# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre



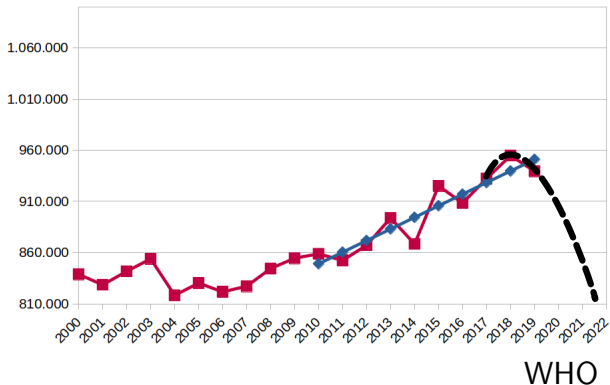
# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre



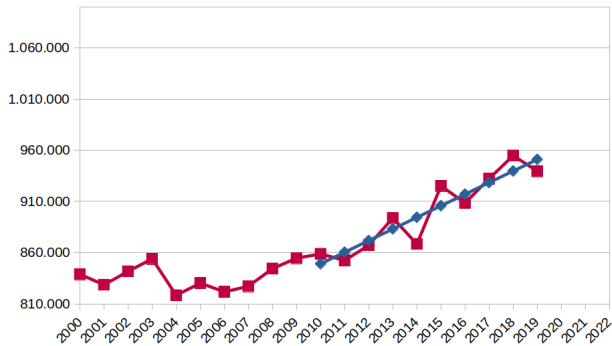
# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre



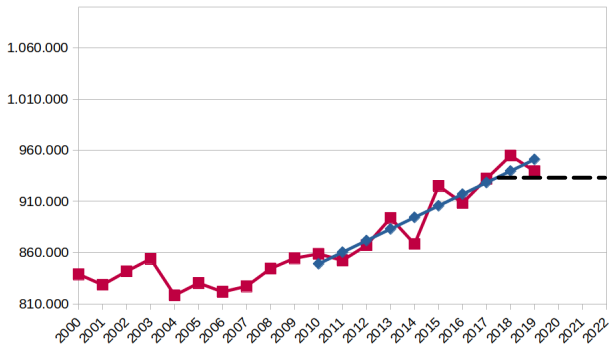
# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre



# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre

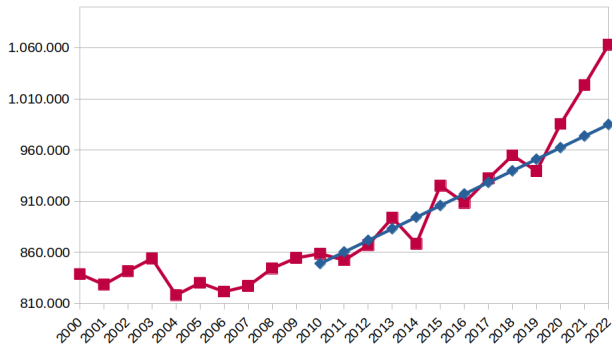


stat. Bundesamt



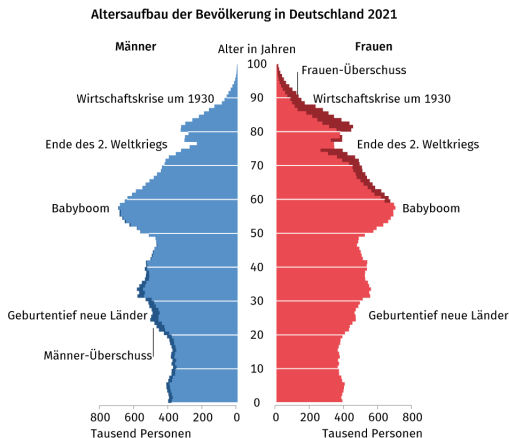
# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx 80$  Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx 80$  Jahre



# Jährliche Anzahl Verstorbene

- $\approx$  80 Mio Einwohner, Lebenserwartung  $\approx$  80 Jahre



# Jährliche Anzahl Verstorbene:

## Versicherungsmathematik

- $l_{x,t}, l_{y,t} \dots$  Bevölkerung
  - $d_{x,t}, \hat{d}_{y,t} \dots$  Anzahl Verstorbene
- } Alter  $x, y$   
} Jahr  $t$

# Jährliche Anzahl Verstorbene:

## Versicherungsmathematik

- $l_{x,t}, l_{y,t} \dots$  Bevölkerung
  - $d_{x,t}, \hat{d}_{y,t} \dots$  Anzahl Verstorbene
- } Alter  $x, y$   
} Jahr  $t$

$$\hat{q}_{x,t} = \frac{d_{x,t}}{l_{x,t}}$$

- $q_{x,t}, q_{y,t} \dots$  Sterbewahrscheinlichkeit – Sterbetafel

# Jährliche Anzahl Verstorbene:

## Versicherungsmathematik

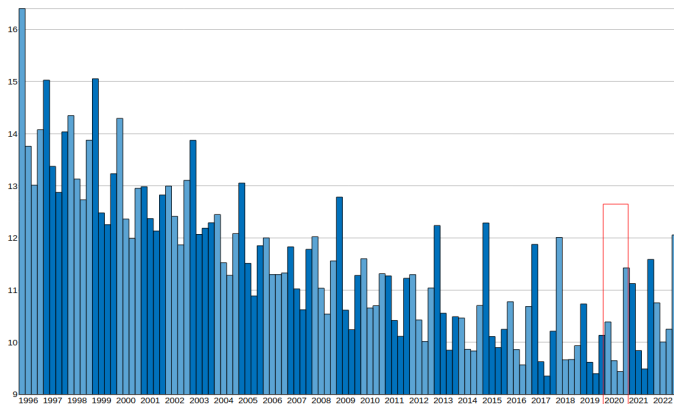
- $l_{x,t}, l_{y,t} \dots$  Bevölkerung
  - $d_{x,t}, \hat{d}_{y,t} \dots$  Anzahl Verstorbene
- } Alter  $x, y$   
} Jahr  $t$

$$\hat{q}_{x,t} = \frac{d_{x,t}}{l_{x,t}}$$

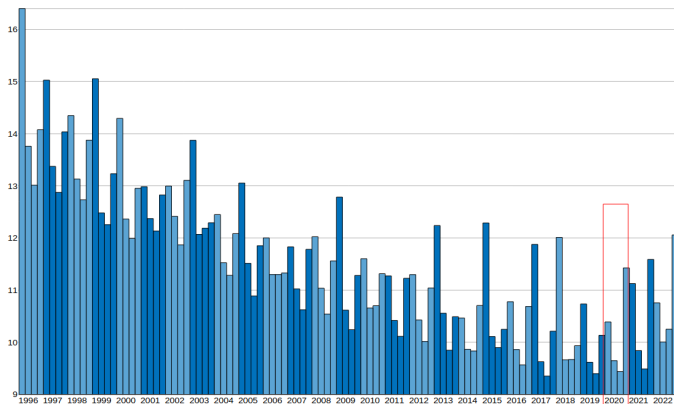
- $q_{x,t}, q_{y,t} \dots$  Sterbewahrscheinlichkeit – Sterbetafel

⇒ Schätze  $q_{x,t}$  für  $t = 2020, 21, \dots$ ?

# Sterblichkeit: Langlebigkeitstrend



# Sterblichkeit: Langlebigkeitstrend



DAV:

$$q_{x,t} = q_{x,2019} e^{-(t-2019)F_x}$$

# Erwartete Anzahl Verstorbener

jährliche erwartete Anzahl Verstorbener berechnen:

- Bevölkerungsgröße ...
- ... pro Alter und Geschlecht
- Sterbewahrscheinlichkeiten ...
- ... pro Alter und Geschlecht
- Sterblichkeitstrend
- aus vor-pandemischen Jahren 2019, 2018, ...



# Erwartete Anzahl Verstorbener

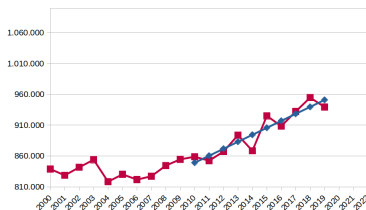
	2020	2021	2022	2023
0-14	3.531	3.513	3.434	3.339
15-29	3.944	3.817	3.753	3.778
30-39	6.626	6.585	6.546	6.628
40-49	15.345	14.877	14.600	14.737
50-59	58.641	57.705	56.467	55.028
60-69	117.432	118.456	120.013	122.605
70-79	198.389	190.335	186.249	185.634
80-89	378.459	392.535	404.805	414.310
90-∞	199.191	201.884	202.373	198.823
<b>total</b>	<b>981.557</b>	<b>989.707</b>	<b>998.241</b>	<b>1.004.882</b>

# Übersterblichkeit und Unsicherheiten

- Stat. BA: Anzahl der Toten  $\dots \pm 3.000$

# Übersterblichkeit und Unsicherheiten

- Stat. BA: Anzahl der Toten  $\dots \pm 3.000$
- Sterbetafel
- Langlebigkeitstrend
- empirische Standardabweichung:  $\hat{\sigma}(d_t) \approx 14.000$



# Übersterblichkeit und Unsicherheiten

- Stat. BA: Anzahl der Toten  $\dots \pm 3.000$
- Sterbetafel
- Langlebigkeitstrend
- empirische Standardabweichung:  $\hat{\sigma}(d_t) \approx 14.000$

$$\text{Übersterblichkeit} = d_t - \text{erwartete Tote}$$

# Übersterblichkeit 2020-2022

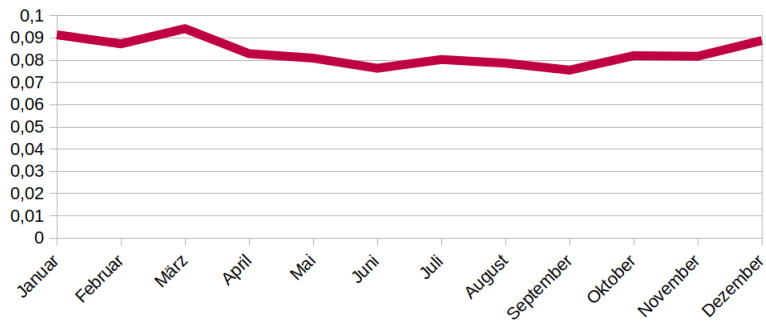
	t = 2020		t = 2021		t = 2022	
	erw. tats.	Überst.	erw. tats.	Überst.	erw. tats.	Überst.
0-14	3.531 3.306	-225	3.513 3.368	-145	3.434 3.580	146
15-29	3.944 3.844	-100	3.817 3.934	117	3.753 4.148	395
30-39	6.626 6.668	42	6.585 6.812	227	6.546 7.182	636
40-49	15.345 15.507	162	14.877 16.095	1.218	14.600 15.756	1.156
50-59	58.641 57.331	-1.310	57.705 59.350	1.645	56.467 56.777	310
60-69	117.432 118.460	1.028	118.456 126.781	8.325	120.013 128.249	8.236
70-79	198.389 201.957	3.568	190.335 204.839	14.504	186.249 206.108	19.859
80-89	378.459 378.406	-53	392.535 398.041	5.506	404.805 422.128	17.323
90-∞	199.191 200.093	902	201.884 204.467	2.583	202.373 219.645	17.272
<b>0-∞</b>	<b>981.557</b> <b>985.572</b>	<b>4.015</b>	<b>989.707</b> <b>1.023.687</b>	<b>33.980</b>	<b>998.241</b> <b>1.066.341</b>	<b>68.100</b>

$\approx 0,28\hat{\sigma}$

$\approx 2,4\hat{\sigma}$

$\approx 4,8\hat{\sigma}$

# Durchschnittliche monatliche Sterblichkeit

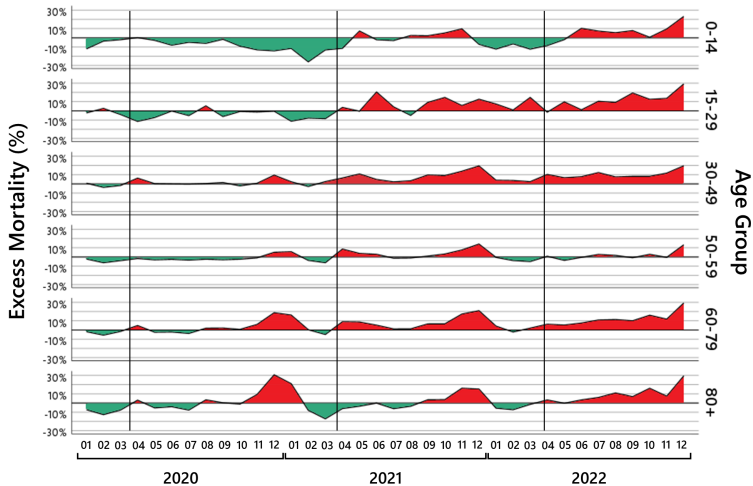


	$t = 2020$		$t = 2021$		$t = 2022$	
m=1	89.441		90.492		91.300	
	84.980	<b>-4,99%</b>	106.803	<b>18,02%</b>	89.655	<b>-1,80%</b>
m=2	88.627		86.593		87.374	
	80.030	<b>-9,70%</b>	82.191	<b>-5,08%</b>	82.781	<b>-5,26%</b>
m=3	92.263		93.345		94.174	
	87.396	<b>-5,28%</b>	81.901	<b>-12,26%</b>	93.872	<b>-0,32%</b>
m=4	81.088		82.022		82.736	
	83.830	<b>3,38%</b>	81.877	<b>-0,18%</b>	86.234	<b>4,23%</b>
m=5	79.013		79.895		80.567	
	75.835	<b>-4,02%</b>	80.876	<b>1,23%</b>	81.889	<b>1,64%</b>
m=6	74.508		75.331		75.956	
	72.159	<b>-3,15%</b>	76.836	<b>2,00%</b>	79.599	<b>4,80%</b>
m=7	78.389		79.268		79.936	
	73.795	<b>-5,86%</b>	76.704	<b>-3,24%</b>	86.081	<b>7,69%</b>
m=8	76.809		77.661		78.310	
	78.742	<b>2,52%</b>	76.402	<b>-1,62%</b>	86.658	<b>10,66%</b>
m=9	73.745		74.564		75.184	
	74.243	<b>0,68%</b>	77.931	<b>4,52%</b>	81.043	<b>7,79%</b>
m=10	80.294		81.209		81.901	
	79.781	<b>-0,64%</b>	85.080	<b>4,77%</b>	94.444	<b>15,31%</b>
m=11	80.143		81.061		81.754	
	85.989	<b>7,30%</b>	93.915	<b>15,86%</b>	89.028	<b>8,90%</b>
m=12	87.237		88.266		89.047	
	108.792	<b>24,71%</b>	103.171	<b>16,89%</b>	115.057	<b>29,21%</b>





# Monatliche Sterblichkeit



# Übersterblichkeit in Pandemie Jahren

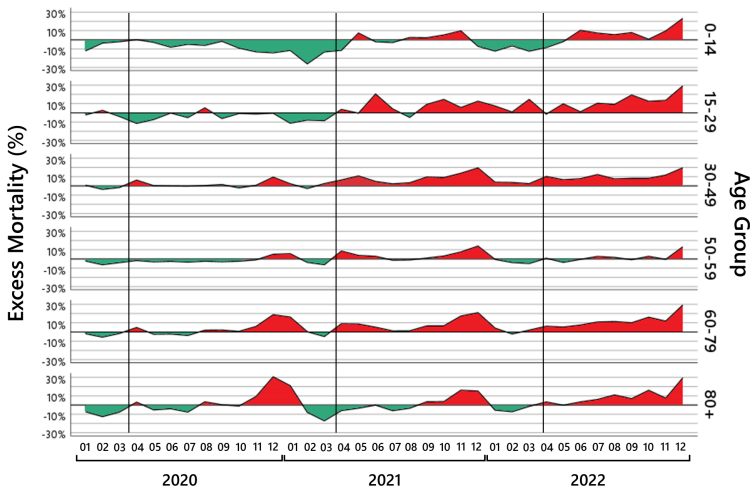
	04/20-03/21	04/21-03/22	04/22-03/23
0-14	-324	-100	212
15-29	-175	259	335
30-49	334	1.491	1.665
50-59	-884	1.359	602
60-79	10.303	20.935	32.504
80-∞	13.150	3.029	42.464
<b>0-∞</b>	<b>22.405</b>	<b>26.973</b>	<b>77.782</b>

# Diskussion: Übersterblichkeit vs. Corona Tote

	04/20-03/21	04/21-03/22	04/22-03/23
0-14	-324 15	-100 55	212 47
15-29	-175 61	259 102	335 54
30-49	334 589	1.491 1.254	1.665 362
50-59	-884 2.096	1.359 3.084	602 1.066
60-79	10.303 21.399	20.935 18.723	32.504 10.679
80-∞	13.150 54.023	3.029 30.665	42.464 25.854
<b>0-∞</b>	<b>22.405</b> <b>78.183</b>	<b>26.973</b> <b>53.883</b>	<b>77.782</b> <b>38.062</b>

# Diskussion:

## Infektionen? Impfung? Kombination aus ... ?



# Diskussion: Bundesländer

- $\hat{d}_t^{BL}$  – erwartete Tote<sup>BL</sup> = Übersterblichkeit<sup>BL</sup>

# Diskussion: Bundesländer

- $\hat{d}_t^{BL}$  – erwartete Tote<sup>BL</sup> = Übersterblichkeit<sup>BL</sup>
- $I_{x,t}^{BL}, I_{y,t}^{BL}$  ... Bevölkerungsgröße ist Staatsgeheimnis!

Hs, MV, RP

# Diskussion: Bundesländer

- $\hat{d}_t^{BL}$  – erwartete Tote<sup>BL</sup> = Übersterblichkeit<sup>BL</sup>
- $I_{x,t}^{BL}, I_{y,t}^{BL} \dots$  Bevölkerungsgröße ist Staatsgeheimnis!
- $q_{x,t}^{BL} \neq q_{x,t}$

Hs, MV, RP

# Diskussion: Bundesländer

- $\hat{d}_t^{BL}$  – erwartete Tote<sup>BL</sup> = Übersterblichkeit<sup>BL</sup>
- $I_{x,t}^{BL}, I_{y,t}^{BL}$  ... Bevölkerungsgröße ist Staatsgeheimnis!
- $q_{x,t}^{BL} \neq q_{x,t}$  ... BIP !

Hs, MV, RP



state	1. PJ 20/21	2. PJ 21/22	3. PJ 22/23
Baden-Württemberg	1.07%	2.57%	7.11%
Bavaria	3.26%	4.02%	7.08%
Berlin	4.29%	0.64%	5.27%
Brandenburg	4.99%	4.09%	6.02%
Bremen	0.26%	2.19%	11.02%
Hamburg	1.48%	2.16%	7.71%
Hesse	3.87%	1.76%	7.94%
Mecklenburg-Vorpommern	-1.17%	4.92%	7.00%
Lower Saxony	-1.04%	0.56%	9.51%
North Rhine-Westphalia	0.43%	1.95%	8.62%
Rhineland-Palatinate	-0.10%	1.62%	7.28%
Saarland	0.40%	3.34%	10.86%
Saxony	14.56%	6.34%	6.00%
Saxony-Anhalt	5.04%	5.38%	8.39%
Schleswig-Holstein	-2.83%	-1.02%	8.68%
Thuringia	5.32%	7.95%	7.36%

# Diskussion: Bundesländer 3PJ - Infektionen

= 04/22-03/23

	Übersterbl.	
Baden-Württemberg	7,1 %	
Bayern	7,1 %	
Berlin	5,3 %	
Brandenburg	6,0 %	
Bremen	11,0 %	
Hamburg	7,7 %	
Hessen	7,9 %	
Mecklenburg-Vorpommern	7,0 %	
Niedersachsen	9,5 %	
Nordrhein-Westfalen	8,6 %	
Rheinland-Pfalz	7,3 %	
Saarland	10,9 %	
Sachsen	6,0 %	
Sachsen-Anhalt	8,4 %	
Schleswig-Holstein	8,7 %	
Thüringen	7,8 %	

# Diskussion: Bundesländer 3PJ - Infektionen

= 04/22-03/23

	Übersterbl.	Infektionen
Baden-Württemberg	7,1 %	15,1 %
Bayern	7,1 %	17,1 %
Berlin	5,3 %	10,5 %
Brandenburg	6,0 %	13,6 %
Bremen	11,0 %	19,3 %
Hamburg	7,7 %	16,5 %
Hessen	7,9 %	20,4 %
Mecklenburg-Vorpommern	7,0 %	17,9 %
Niedersachsen	9,5 %	24,7 %
Nordrhein-Westfalen	8,6 %	18,1 %
Rheinland-Pfalz	7,3 %	19,0 %
Saarland	10,9 %	22,1 %
Sachsen	6,0 %	10,7 %
Sachsen-Anhalt	8,4 %	13,3 %
Schleswig-Holstein	8,7 %	21,3 %
Thüringen	7,8 %	9,3 %

$$\rho(\text{Inf}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.71$$

# Diskussion: Bundesländer

- $\rho(\text{Inf}_{1PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = -0.41$
- $\rho(\text{Inf}_{2PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = -0.43$
- $\rho(\text{Inf}_{3PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = +0.71$

# Diskussion: Bundesländer

- $\rho(\text{Inf}_{1PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = -0.41$
- $\rho(\text{Inf}_{2PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = -0.43$
- $\rho(\text{Inf}_{3PJ}, \ddot{U}_{3PJ}) = +0.71$
  
- $\rho(\text{Inf}_{1PJ}, \text{Inf}_{3PJ}) = -0.72$
- $\rho(\text{Inf}_{2PJ}, \text{Inf}_{3PJ}) = -0.64$

# Diskussion: Bundesländer 3PJ - Impfung

	Übersterbl.	
Baden-Württemberg	7,1 %	
Bayern	7,1 %	
Berlin	5,3 %	
Brandenburg	6,0 %	
Bremen	11,0 %	
Hamburg	7,7 %	
Hessen	7,9 %	
Mecklenburg-Vorpommern	7,0 %	
Niedersachsen	9,5 %	
Nordrhein-Westfalen	8,6 %	
Rheinland-Pfalz	7,3 %	
Saarland	10,9 %	
Sachsen	6,0 %	
Sachsen-Anhalt	8,4 %	
Schleswig-Holstein	8,7 %	
Thüringen	7,8 %	

# Diskussion: Bundesländer 3PJ - Impfung

	Übersterbl.	Impfquote
Baden-Württemberg	7,1 %	61,5 %
Bayern	7,1 %	59,3 %
Berlin	5,3 %	64,1 %
Brandenburg	6,0 %	55,8 %
Bremen	11,0 %	67,6 %
Hamburg	7,7 %	67,1 %
Hessen	7,9 %	61,2 %
Mecklenburg-Vorpommern	7,0 %	60,2 %
Niedersachsen	9,5 %	67,1 %
Nordrhein-Westfalen	8,6 %	66,0 %
Rheinland-Pfalz	7,3 %	63,7 %
Saarland	10,9 %	69,5 %
Sachsen	6,0 %	50,7 %
Sachsen-Anhalt	8,4 %	58,5 %
Schleswig-Holstein	8,7 %	70,4 %
Thüringen	7,8 %	54,3 %

$$\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.65$$

# Diskussion: Bundesländer

- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{3PJ}) = +0.65$



# Diskussion: Bundesländer

- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{1PJ}) = -0.82$
- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{2PJ}) = -0.81$
- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{3PJ}) = +0.65$

# Diskussion: Bundesländer

- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{1PJ}) = -0.82$
- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{2PJ}) = -0.81$
- $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}_{3PJ}) = +0.65$
  
- $\rho(\text{Impf}, \Delta\ddot{U}_{3PJ}) = 0.86$

# Diskussion: Bundesländer

Maßnahmenindex	$\rho(\text{MB}, \ddot{U}_{3PJ}) = -0.1$
BIP	$\rho(\text{BIP}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.1$
Armutrate	$\rho(\text{Armrt}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.5$
Altersdurchschnitt	$\rho(\text{Alt}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.0$
Pflegefälle	$\rho(\text{Pflg}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.1$
Vertrauensindex	$\rho(\text{Vertr}, \ddot{U}_{3PJ}) = 0.6$

# Diskussion: ... weiteres ...

- Österreich: hohe Übersterblichkeit ab 2020, ähnliche Ergebnisse
- Europa: ähnliche Resultate, " $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}) < 0 \Rightarrow \text{Impfung wirkt!}$ "

## Diskussion: ... weiteres ...

- Österreich: hohe Übersterblichkeit ab 2020, ähnliche Ergebnisse
- Europa: ähnliche Resultate, " $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}) < 0 \Rightarrow \text{Impfung wirkt!}$ "  
aber:  $\rho(\text{Impf}, \Delta\ddot{U}) = 0.61$

# Diskussion: ... weiteres ...

- Österreich: hohe Übersterblichkeit ab 2020, ähnliche Ergebnisse
- Europa: ähnliche Resultate, " $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}) < 0 \Rightarrow \text{Impfung wirkt!}$ "  
aber:  $\rho(\text{Impf}, \Delta\ddot{U}) = 0.61$

*"I do not think we need a study questioning the effectiveness of COVID-19 vaccines."*

# Diskussion: ... weiteres ...

- Österreich: hohe Übersterblichkeit ab 2020, ähnliche Ergebnisse
- Europa: ähnliche Resultate, " $\rho(\text{Impf}, \ddot{U}) < 0 \Rightarrow \text{Impfung wirkt!}$ "  
aber:  $\rho(\text{Impf}, \Delta\ddot{U}) = 0.61$

*"I do not think we need a study questioning the effectiveness of COVID-19 vaccines."*

- Fehlgeburten
- ... weitere Untersuchungen wären dringend nötig!

Vielen Dank!



# Literatur

Differential Increases in Excess Mortality in the German Federal States During the COVID-19 Pandemic. Submitted (jointly with C. Kuhbandner)

Excess Mortality in Austria during the COVID-19 Pandemic. Austrian Journal of Statistics, to appear

Longevity trend in Germany. Eur. Actuar. J. **14**, 685–696 (2024)

Estimation of Excess Mortality in Germany During 2020-2022. Cureus **15**(5): e39371 (2023) (jointly with C. Kuhbandner)

[www.mathematik.uni-osnabrueck.de/reitzner](http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/reitzner)