Forschungsüberblick zu Covid-19 bei Kindern und Jugendlichen

Zu Beginn der Pandemie ging man lange davon aus, dass SARS-CoV-2 für Kinder und Jugendliche keine Gefährdung darstelle. Inzwischen gibt es eine wachsende Anzahl an Studien, aus denen hervorgeht, dass eine COVID-19-Infektion allerdings auch bei Kindern und Jugendlichen mit gesundheitlichen Risiken verbunden ist. Zu diesen Studien gehören unter anderem die folgenden Forschungsarbeiten:

Quellenangabe	**Kernbefund**
Asadi-Pooya, A., Nemati, H., Shahisavandi, M., et al. (2021). Long COVID in children and adolescents. *World Journal of Pediatrics*, *17*, 495-499. DOI: https://doi.org/10.1007/s12519-021-00457-6	Long COVID bei Kindern und Jugendlichen
Ashkenazi-Hoffnung, L., Shmueli, E., Ehrlich, S., Ziv, A., Bar-On, O, Birk, E., Lowenthal, A., & Prais, D. (2021). Long COVID in children. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, *40*(12), e509-e511. DOI: https://doi.org/10.1097/INF.0000000000003285	Long COVID bei Kindern und Jugendlichen
Barrett, C.E., Koyama, A.K., Alvarez, P., et al. (2022). Risk for Newly Diagnosed Diabetes >30 Days After SARS-CoV-2 Infection Among Persons Aged <18 Years — United States, March 1, 2020–June 28, 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, *71*(2), 59–65. DOI: http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7102e2	eine SARS-CoV-2-Infektion verdoppelt bei Personen unter 18 Jahren das Risiko, an Diabetes zu erkranken
Basu, R.K., Bjornstad, E.C., Gist, K.M., Starr, M., Khandhar, P., Chanchlani, R., Krallman, K.A., Zappitelli, M., Askenazi, D., & Goldstein, S.L. (2022). Acute kidney injury in critically ill children and young adults with suspected SARS-CoV-2 infection. *Pediatric Research*, *91*, 1787-1796. DOI: https://doi.org/10.1038/s41390-021-01667-4	akutes Nierenversagen bei wegen COVID-19 intensivmedizinisch behandelten Kindern

Bjornstad, E.C., Cutter, G., Guru, P., et al. (2022). SARS-CoV-2 infection increases risk of acute kidney injury in a bimodal age distribution. *BMC Nephrology*, *23*(1), 63. DOI: https://doi.org/10.1186/s12882-022-02681-2	bei mit SARS-CoV-2 infizierten Kindern und Jugendlichen erhöhtes Risiko für akutes Nierenversagen
Bjornstad, E.C., Krallman, K.A., Askenazi, D., Zappitelli, M., Goldstein, S.L., Basu, R.K. & on behalf of the SPARC Investigators. Preliminary assessment of acute kidney injury in critically ill children associated with SARS-CoV-2 infection. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, *16*(3), 446-448. DOI: https://doi.org/10.2215/CJN.11470720	bei der Hälfte der wegen COVID-19 intensivmedizinisch behandelten Kinder akutes Nierenversagen
Boehmer, T.K., Kompaniyets, L., Lavery, A.M., et al. (2021) Association Between COVID-19 and Myocarditis Using Hospital-Based Administrative Data — United States, March 2020–January 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*,*70*(35), 1228–1232. DOI: http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7035e5	Kinder unter 16 Jahren haben nach einer SARS-CoV-2-Infektion im Vergleich zu nicht-infizierten Gleichaltrigen ein 37-fach erhöhtes Risiko für eine Myokarditis
Brackel, C., Lap, C.R., Buddingh, E.P., van Houten, M.A., van der Sande, L., Langereis, E.J., Bannier, M., Pijnenburg, M., Hashimoto, S., & Terheggen-Lagro, S. (2021). Pediatric long-COVID: An overlooked phenomenon? *Pediatric Pulmonology*, *56*(8), 2495-2502. DOI: https://doi.org/10.1002/ppul.25521	Long-Covid bei niederländischen Kindern und Jugendlichen
Buonsenso, D., Munblit, D., De Rose, C., Sinatti, D., Ricchiuto, A., Carfi, A., & Valentini, P. (2021). Preliminary evidence on long COVID in children. *Acta Paediatrica*, *110*(7), 2208-2211. DOI: https://doi.org/10.1111/apa.15870	Long COVID bei Kindern und Jugendlichen
Cantarutti, N., Battista, V., Adorisio, R., et al. (2021). Cardiac manifestations in children with SARS-CoV-2 infection: 1-year pediatric multicenter experience. *Children*, *8*, 717. DOI: https://doi.org/10.3390/children8080717	EKG-Anomalien bei Kindern mit aktiver oder vorangegangener SARS-CoV-2-Infektion

Çevik, B.S., Şule, A., Ergenç, Z., Kepenekli, E., Günal, Ö., & Yakut, N. (2021). How safe are children with COVID-19 from cardiac risks? Pediatric risk assessment; insights from echocardiography and electrocardiography. *Turkish Journal of Medical Sciences*, *51*(3), 981-990. DOI: https://doi.org/10.3906/sag-2010-240	echokardiografische und elektrokardiografische Auffälligkeiten bei mit SARS-CoV-2 infizierten Kindern (im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe)
Di Sante, G., Buonsenso, D., De Rose, C., Valentini, P., Ria, F., Sanguinetti, M., & Sali, M. (2021). Immune profile of children with post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection (Long Covid). *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.1101/2021.05.07.21256539	Preprint zu Immunprofilen von Kindern mit Long COVID
Dilber, B., Aydın, Z.G., Yeşilbaş, O., et al. (2021). Neurological manifestations of pediatric acute COVID infections: A single center experience. *Journal of Tropical Pediatrics*, *67*(3), fmab062. DOI: https://doi.org/10.1093/tropej/fmab062	neurologische Komplikationen bei mit SARS-CoV-2 infizierten Kindern (insbesondere Krampfanfälle)
Diorio, C., McNerney, K.O., Lambert, M., et al. (2020). Evidence of thrombotic microangiopathy in children with SARS-CoV-2 across the spectrum of clinical presentations. *Blood Advances*, *4*(23), 6051-6063. DOI: https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2020003471	alle in dieser Studie untersuchten Kinder wiesen unabhängig vom Schweregrad der SARS-CoV-2-Infektion (von symptomlos bis hin zu MIS-C) eine 6- bis 10-fach erhöhte Konzentration des Biomarkers sC5b9 auf, bei dem es sich um einen Indikator für Gefäßentzündungen und Mikrothrombosen handelt; 48% der Kinder erfüllten die diagnostischen und klinischen Kriterien für eine thrombotische Mikroangiopathie vgl. zur Übersicht: Coagulation Abnormalities and Clinical Complications in Children With SARS-CoV-2: A Systematic Review of 48,322 Patients (McDaniel et al., 2022) -> DOI: https://doi.org/10.1097/MPH.0000000000002321
Ece, I., Koçoğlu, M., Kavurt, A.V., et al. (2021). Assessment of cardiac arrhythmic risk in children with COVID-19 infection. *Pediatric Cardiology*, *42*(2), 264-268. DOI: https://doi.org/10.1007/s00246-020-02474-0	kardiale Arrhythmien bei Kindern nach symptomloser oder milder SARS-CoV-2-Infektion
Erol, N., Alpinar, A., Erol, C., Sari, E., & Alkan, K. (2021). Intriguing new faces of Covid-19: Persisting clinical symptoms and cardiac effects in children. *Cardiology in the Young*, 1-7. DOI: https://doi.org/10.1017/S1047951121003693	bei mit Covid-19 infizierten Kindern fanden sich im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe signifikante kardiovaskuläre Auffälligkeiten: systolischen Blutdruck, die linksventrikuläre Ejektionsfraktion, die relative Wanddicke und die systolische Auslenkungsamplitude des Tirkuspidalrings (Tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)

Fremed, M.A., Healy, E.W., et al. (2022). Elevated cardiac biomarkers and outcomes in children and adolescents with acute COVID-19. *Cardiology in the Young*, 1-7. DOI: https://doi.org/10.1017/S1047951122000397	kardiovaskuläre Auffälligkeiten bei stationär behandelten, akut an COVID-19 erkrankten Kindern
Grau, M. Ibershoff, L., Zacher, J., Bros, J., Tomschi, F., Diebold, K.F., Predel, H.G., & Bloch, W. (2022). Even patients with mild COVID-19 symptoms after SARS-CoV-2 infection show prolonged altered red blood cell morphology and rheological parameters. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, *26*(10), 3022-3030. DOI: https://doi.org/10.1111/jcmm.17320	anhaltende morphologische und rheologische Veränderungen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen nach milder SARS-CoV-2-Infektion (bei Stichproben unter 16 Jahren bislang noch nicht untersucht)
Gurdasani, D., Akrami, A., Bradley, V.C., Costello, A., Greenhalgh, T., Flaxman, S., McKee, M., Michie, S., Pagel, C., Rasmussen, S., Scally, G., Yates, C., & Ziauddeen, H. (2022). Long COVID in children. *Lancet Child & Adolescent Health*, *6*(1), e2. DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00342-4	Kommentar zu Long-Covid-Studie von Molteni et al. (2021) -> DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00198-X siehe auch Mcfarland et al. (2022) in dieser Übersicht
Kari, J.A., Shalaby, M.A., Albanna, A.S., Alahmdai, T.S., Alherbish, A., & Alhasan, K.A. (2021). Acute kidney injury in children with COVID-19: A retrospective study. *BMC Nephrology*, *22*(1), 202. DOI: https://doi.org/10.1186/s12882-021-02389-9	bei jedem 5. stationär wegen COVID-19 behandelten Kind akutes Nierenversagen
Kendall, E.K., Olaker, V.R., Kaelber, D.C., Xu, R., & Davis, P.B. (2022). Elevated liver enzymes and bilirubin following SARS-CoV-2 infection in children under 10. *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.1101/2022.05.10.22274866	*Preprint*; veränderte Leberwerte nach SARS-CoV-2-Infektion; Hinweis auf akute und langfristige hepatische Folgen bei mit SARS-CoV-2 infizierten Kindern (unter 10 Jahren); möglicher Zusammenhang mit dem beobachteten Anstieg von Hepatitis-Fällen bei Kindern und Jugendlichen
Khan, S. Siddique, R., Hao, X., Lin, Y., Liu, Y., Wang, X., Hua, L., & Nabi, G. (2022). The COVID-19 infection in children and its association with the immune system, prenatal stress, and neurological complications. *International Journal of Biological Sciences*, *18*(2), 707-716. DOI: https://doi.org/10.7150/ijbs.66906	Review in Bezug auf neurologische Komplikationen bei Kindern und Jugendlichen nach SARS-CoV-2-Infektion, v.a. ischämische Schlaganfälle, Enzephalitis, Krampfanfälle, Geruchsverlust, demyelinisierende Erkrankungen

Lin, J.E., Asfour, A., Sewell, T.B., et al. (2021). Neurological issues in children with COVID-19. *Neuroscience Letters*, *743*, 135567. DOI: https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.135567	Review in Bezug auf neurologische Symptome (v.a. Kopfschmerzen, kognitive Störungen, Schwächegefühl) und Komplikationen (u.a. demyelinisierende Erkrankungen, Schlaganfälle, Enzephalopathien) bei Kindern und Jugendlichen nach SARS-CoV-2-Infektion
McDaniel, C.G., Commander, S.J., DeLaura, I., et al. (2022). Coagulation Abnormalities and Clinical Complications in Children With SARS-CoV-2: A Systematic Review of 48,322 Patients. Journal of Pediatric Hematology Oncology, 44(6), 323-335. DOI: https://doi.org/10.1097/MPH.0000000000002321	27% der in das Review einbezogenen Studien berichten über thrombotische Komplikationen, 25% der Studien berichten über Komplikationen durch Blutungen, 78% der Studien berichten über abnorme Laborwerte, 44% der Studien berichten über die erforderliche Verabreichung von Antikoagulanzien und/oder Thrombozytenaggregationshemmern
Mcfarland, S., Citrenbaum, S., Sherwood, O., van der Togt, V., & Rossman, J.S. (2022). Long COVID in children. *Lancet Child & Adolescent Health*, *6*(1), e1. DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00338-2	Kommentar zu Long-Covid-Studie von Molteni et al. (2021) -> DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00198-X siehe auch Gurdasani et al. (2022) in dieser Übersicht
Morand, A., Campion, J.Y., Lepine, A., Bosdure, E., Luciani, L., Cammilleri, S., Chabrol, B., & Guedj, E. (2022). *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, *49*, 913-920. DOI: https://doi.org/10.1007/s00259-021-05528-4	Kinder mit Long COVID zeigen im PET-Scan eine ähnliche Beeinträchtigung des Hirnstoffwechsels wie Erwachsene mit Long COVID (unabhängig vom initialen Schweregrad der Infektion)
Nassif, T.A., Fakhri, G., Younis, N.K., Zareef, R., Al Amin, F., Bitar, F., & Arabi, M. (2021). Cardiac manifestations in COVID-19 patients: A focus on the pediatric population. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, *2021*. DOI: https://doi.org/10.1155/2021/5518979	kardiovaskuläre Folgen bei Kindern nach SARS-CoV-2-Infektion (myokardiale Ischämien, Arrhythmien, Herzversagen, Myokarditis, MIS-C)
O'Loughlin, L., Alvarez Toledo, N., Budrie, L., Waechter, R., & Rayner, J. (2021). A systematic review of severe neurological manifestations in pediatric patients with coexisting SARS-CoV-2 infection. *Neurology International*, *13*(3), 410-427. DOI: https://doi.org/10.3390/neurolint13030041	Review in Bezug auf neurologische Komplikationen bei Kindern und Jugendlichen nach SARS-CoV-2 Infektion, v.a. Schlaganfälle, Enzephalitis, Enzephalopathien, Guillain-Barré-Syndrom

Osmanov, I.M., Spiridonova, E., Bobkova, P., et al. (2022). Risk factors for post-COVID-19 condition in previously hospitalised children using the ISARIC Global follow-up protocol: A prospective cohort study. *European Respiratory Journal*, *59*, 2101341. DOI: https://doi.org/10.1183/13993003.01341-2021	Risikofaktoren für Long Covid: Alter von 6-11 Jahren (OR 2.74) und Alter von 12-18 Jahren (OR 2.68) und Allergien
Raina, R., Chakraborty, R., Mawby, I., Agarwal, N., Sethi, S., & Forbes, M. (2021). Critical analysis of acute kidney injury in pediatric COVID-19 patients in the intensive care unit. *Pediatric Nephrology*, *36*(9), 2627-2638. DOI: https://doi.org/10.1007/s00467-021-05084-x	Review in Bezug auf akutes Nierenversagen bei wegen COVID-19 intensivmedizinisch behandelten Kindern
Ray, S.T., Abdel-Mannan, O., Sa, M., et al. (2021). Neurological manifestations of SARS-CoV-2 infection in hospitalized children and adolescents in the UK: A prospective national cohort study. *The Lancet: Child & Adolescent Health*, *5*(9), 631-641. DOI: https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00193-0	neurologische Komplikationen bei mit SARS-CoV-2 infizierten Kindern und Jugendlichen (mit und ohne PIMS-TS); darunter Krampfanfälle / Status epilepticus, Enzephalitiden, Guillain-Barré-Syndrom, Akute Demyelisierung, Chorea, isolierte Enzephalopathien, transiente ischämische Attacken (TIA)
Roessler, M., Tesch, F., Batram, M., et al. (2021). Post COVID-19 in children, adolescents, and adults: Results of a matched cohort study including more than 150.000 individuals with COVID-19. *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.1101/2021.10.21.21265133	Preprint zur Auswertung deutscher Krankenkassen-Daten; Ergebnis: bei Kindern und Jugendlichen mit COVID-19 lag die Häufigkeit neu dokumentierter physischer und psychischer Erkrankungen in 10 der untersuchten Diagnosebereiche/Symptomkomplexe auch mehr als drei Monate nach der Infektion rund 30% höher als bei Kindern und Jugendlichen ohne COVID-19; siehe auch https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/post-covid-analysen-von-krankenversicherungsdaten-zeigen-moegliche-laengerfristige-gesundheitliche-auswirkungen-von-covid-19-auch-bei-kindern-und-jugendlichen?fbclid=IwAR1KJEK82z3nEN9xWpO7fQai1Z6pxzWtD9ZJUnbKkKnhJtFfs1_hstQNfVo
Saed Aldien, A., Ganesan, G.S., Wahbeh, F., et al. (2022). Systemic inflammation may induce cardiac injury in COVID-19 patients including children and adolescents without underlying cardiovascular diseases: A systematic review. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, *35*, 169-178. DOI: https://doi.org/10.1016/j.carrev.2021.04.007	kardiale Schädigungen bei nicht-vorerkrankten Kindern und Jugendlichen nach SARS-CoV-2-Infektion

Singer, T.G., Evankovich, K.D., Fisher, K., Demmler-Harrison, G.J., & Risen, S.R. (2021). Coronavirus infections in the nervous system of children: A scoping review making the case for long-term neurodevelopmental surveillance. *Pediatric Neurology*, *117*, 47-63. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2021.01.007	Review in Bezug auf neurologische Komplikationen; Hinweis auf die Notwendigkeit der Erforschung der Auswirkungen von SARS-CoV-2-Infektionen auf die neurologische Entwicklung
Stephenson, T., Pereira, S., Shafran, R. et al. (2021). Long Covid: The physical and mental health of children and non-hospitalised young people 3 months after SARS-CoV-2 infection; a national matched cohort study (The CLoCk) Study. *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-798316/v1	Preprint; jedes 7. Kind weist drei Monate nach einer SARS-CoV-2 Infektion nach wie vor Symptome auf (Long Covid); siehe auch Kommentar von Wise (2021) -> DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n2157
Taquet, M., Sillett, R., Zhu, L., et al. (2022). Neurological and psychiatric risk trajectories after SARS-CoV-2 infection: An analysis of 2-year retrospective cohort studies including 1 284 437 patients. *The Lancet*. DOI: https://doi.org/10.1016/S2215-0366(22)00260-7	anhaltende neurologische und psychiatrische Folgen nach SARS-CoV-2-Infektion *Bei Erwachsenen:* anhaltend erhöhtes Risiko für Demenz, Psychosen, Krampfanfälle und kognitive Störungen *Bei Kindern und Jugendlichen:* anhaltend erhöhtes Risiko für Hirnblutungen, ischämische Schlaganfälle, Psychosen, kognitive Störungen, Insomnie, Enzephalitis, Nerven-/Nervenwurzel-/Plexusschädigungen, Epilepsie und Krampfanfälle Zusatzbefund: bei Omikron im Vergleich zu Delta zwar geringere Sterberate, aber gleiches Risiko für anhaltende neurologische und psychiatrische Folgeschäden
Yarali, N., Akcabelen, Y.M., Unal, Y., & Parlakay, A.N. (2021). Hematological parameters and peripheral blood morphologic abnormalities in children with COVID-19. *Pediatric Blood & Cancer*, *68*(2): e28596. DOI: https://doi.org/10.1002/pbc.28596	hämatologische und blutmorphologische Auffälligkeiten bei Kindern mit COVID-19 siehe auch Liu, She, Bai & Liu (2021) -> DOI: https://doi.org/10.2147/IJGM.S313860 siehe auch Saleh, Alkofide, Alshammari, Siddiqui & Owaidah (2021) -> DOI: https://doi.org/10.2147/JBM.S321372
Yasuhara, J., Watanabe, K., Takagi, H., Sumitomo, N., & Kuno, T. (2021). COVID-19 and multisystem inflammatory syndrome in children: A systematic review and meta-analysis. *Pediatric Pulmonology*, *56*(5), 837-848. DOI: https://doi.org/10.1002/ppul.25245	Meta-Analyse und Review zu MIS-C

Bei manchen der hier exemplarisch genannten Komplikationen und Folgeschäden bewegen sich die Prävalenzraten im einstelligen Bereich. Dies sollte nicht dazu verleiten, ihre Auswirkungen zu unterschätzen, da es bei Verzicht auf entsprechende Präventionsmaßnahmen – insbesondere in Schulen – zu einer hohen Anzahl von Infektionen kommt und damit letztendlich auch zu einer steigenden Anzahl von Kindern und Jugendlichen, die von diesen Komplikationen und/oder Folgeschäden betroffen sind. Zudem wurden einige der Studien zwar in Zeiträumen durchgeführt, in denen andere Virus-Varianten dominant waren. Vergleichbare Auswirkungen der aktuell vorherrschenden Varianten können ohne entsprechende Studien zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Zusätzlich ist zu bedenken, dass es aus Studien mit erwachsenen Stichproben eine Reihe von Forschungsergebnissen zu Folgeerkrankungen und Folgeschäden gibt, die bei Kindern und Jugendlichen bislang noch nicht untersucht wurden oder zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht untersuchbar sind. So wurde bei jungen Erwachsenen (Durchschnittsalter: 20 Jahre) nach SARS-CoV-2-Infektion unter anderem eine signifikante Verringerung der Flexibilität der Halsschlagader (A. carotis) festgestellt, wodurch sich das Risiko für kardiovaskuläre Folgeerkrankungen erhöht [1]. Zu den weiteren Befunden aus Studien mit erwachsenen Stichproben gehören unter anderem: anhaltende Anomalien hinsichtlich der Größe und Verformbarkeit der weißen und roten Blutkörperchen [2]; signifikante kognitive Defizite bei Personen, die als von COVID-19 genesen gelten [3]; myokardiale Entzündungen und Schädigungen, bei Personen, die als von COVID-19 genesen gelten [4]; hohe Prävalenz anhaltender Fatigue nach COVID-19 – unabhängig vom Schweregrad der initialen Infektion [5]; Gedächtnisprobleme, die auch 8 Monate nach SARS-CoV-2-Infektion weiterhin anhalten [6]; ausgedehnte Funktionsstörungen der Hirnrinde [7]; Hinweise auf eine COVID-bedingte Prädisposition für die Entwicklung einer pulmonal-arteriellen Hypertonie [8]; multiple Organschäden bei Long-Covid-Patienten – einschließlich junger, low-risk Patienten [9, 10]; schwer diagnostizierbare Lungenschäden bei Long-Covid-Patienten [11]; neurologische und psychiatrische Folgeerkrankungen [12]; signifikant erhöhtes Risiko für neurodegenerative Erkrankungen einschließlich Alzheimer [13, 14].

Abgesehen von der individuellen Beeinträchtigung der Betroffenen und dem damit verbundenen individuellen Leid führt die wachsende Anzahl von Personen, die nach einer SARS-CoV-2-Infektion Long Covid oder andere anhaltend beeinträchtigende Folgeerkrankungen entwickeln [15], zu einer stetig zunehmenden Belastung des Gesundheitssystems und aufgrund der eingeschränkten Belastbarkeit und Arbeitsfähigkeit der Betroffenen mittel- und langfristig betrachtet auch zu negativen wirtschaftlichen Auswirkungen. In jenen Fällen, in denen es zu lebenslangen Beeinträchtigungen kommt, ist dies gerade bei Kindern und Jugendlichen besonders folgenschwer, weshalb wir in besonderem Maße dazu verpflichtet sind, sie bestmöglich zu schützen [16].

Dieser Schutz ist auch deshalb erforderlich, weil inzwischen klar geworden ist, dass sich mittels Durchseuchung keine Herdenimmunität erzielen lässt, da sich Genesene nach vergleichsweise kurzer Zeit mit derselben Virusvariante oder in noch kürzerer Zeit mit einer der anderen Virusvarianten erneut infizieren können. Dies ist insofern von besonderer Bedeutung, als dass es Hinweise darauf gibt, dass das Risiko für akute Komplikationen sowie das Risiko für Long Covid und andere Folgeschäden und -erkrankungen mit jeder weiteren SARS-CoV-2-Infektion signifikant zunimmt – und das auch bei mehrfach geimpften Personen [17]. Insofern handelt es sich bei jeglicher Präventionsmaßnahme nicht um ein Hinauszögern von Infektionen, sondern um eine Reduktion der Gesamtanzahl von Re-Infektionen und damit um eine Reduktion der genannten gesundheitlichen Risiken.

Bis ein Impfstoff verfügbar ist, der eine sterile Immunität ermöglicht, sind daher in der aktuellen Phase der Pandemie entsprechende Präventionsmaßnahmen erforderlich, insbesondere in Settings, in denen viele Personen auf vergleichsweise engem Raum zusammenkommen. Dazu gehören – auch angesichts der hohen Infektiosität der aktuell dominanten Virusvarianten – vor allem Schulen [18]. In diesen würde sich durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen (v.a. das durchgängige Tragen von FFP-2-Masken, mehrfach pro Woche durchgeführte PCR-Pooltests, an die Inkubationszeit angepasste Quarantäneregelungen, der Einsatz von Luftfiltern in Verbindung mit regelmäßigem Lüften, Kohortierung und Verkleinerung von Klassenverbänden/Lerngruppen) das Infektionsrisiko der Kinder und Jugendlichen und damit auch die Weiterverbreitung in die Haushalte und damit letztendlich auch die allgemeine Krankheitslast der Gesamtbevölkerung reduzieren lassen. Eigens zu diesem Zweck wurde auch eine S3-Leitlinie "Maßnahmen zur Prävention und Kontrolle der SARS-CoV-2-Übertragung in Schulen" entwickelt [19]. Die darin von Experten auf empirischer Basis erarbeiteten Maßnahmen sollten im Infektionsschutzgesetz berücksichtigt werden.

Dies betrifft beispielsweise auch Grundschulkinder, die sowohl dieser Leitlinie zufolge als auch angesichts des in dieser Altersgruppe erhöhten gesundheitlichen Risikos (siehe Forschungsüberblick) ebenfalls mittels FFP-2-Masken oder mittels eines MNS mit vergleichbarer Wirkung geschützt werden müssen. Sie sollten daher keinesfalls von dieser Präventionsmaßnahme, die sich als effektiv erwiesen hat [20, 21, 22], ausgeschlossen werden, zumal es auch in dieser Altersgruppe vulnerable Schülerinnen und Schüler gibt, die ein Recht auf sichere Beschulung haben. Hinzu kommen "Schattenfamilien", in denen ein Familienmitglied oder mehrere Familienmitglieder ein hohes Risiko für einen komplikationsbehafteten COVID-19-Verlauf aufweisen. Ohne Frage können sich Kinder auch außerhalb der Schule anstecken. Dort steht es ihnen und ihren Familien allerdings frei, selbst über das Infektionsrisiko zu entscheiden, das sie bereit sind einzugehen. Aufgrund der Präsenzpflicht ist dies in Schulen nicht möglich. Daher besteht hier nicht zuletzt wegen der Garantenpflicht eine besondere Verantwortung gegenüber den Schutzbefohlenen.

Zudem sollten regelmäßige PCR-Pool-Tests in den Schulen nicht nur aus Gründen der Prävention beibehalten werden, sondern auch deshalb, weil infizierten Kindern und Jugendlichen andernfalls die Grundlage fehlt, eine Infektion als Schulunfall zu melden. Dadurch erhalten sie im Bedarfsfall weniger Versorgungsleistungen.

Die Versorgungslage der betroffenen Kinder und Jugendlichen ist in Deutschland derzeit ohnehin als schlecht zu bezeichnen. Die Anzahl der pädiatrischen Long-Covid-Ambulanzen nimmt zwar stetig zu, aber der Bedarf ist so groß, dass die Wartezeit in nahezu all diesen Einrichtungen mehrere Monate beträgt. Hinzu kommt, dass die Primärversorgung dieses Defizit nicht ausreichend auffangen kann, da es aufgrund der vielfältigen und teils unspezifischen Symptome und aufgrund der Notwendigkeit des Einsatzes nicht-standardmäßiger Diagnosemethoden (siehe Forschungsüberblick) gehäuft zu Fehldiagnosen kommt [23, 24]. Dies belastet die betroffenen Familien zusätzlich. Darüber hinaus fehlt es hierzulande weitestgehend an multidisziplinären Rehabilitationseinrichtungen, die für die Behandlung von COVID-19 betroffenen Kindern und Jugendlichen erforderlich sind und in anderen Ländern bereits aufgebaut werden [25, 26].

Neben dem steigenden Bedarf nach medizinischer Versorgung zeichnet sich auch ein steigender Bedarf nach psychotherapeutischer Versorgung ab [27]. Ein Bereich, der bereits vor der Pandemie durch erhebliche Unterversorgung gekennzeichnet war. Die psychische Belastung von Kindern und Jugendlichen hat während der Pandemie nun noch erheblich zugenommen. Die Ursachen hierfür sind vielfältig: die allgemeine Belastung durch die Pandemiesituation (z.B. durch

Arbeitsplatzverlust eines Elternteils und/oder einkommensbezogene Einschränkungen), Sorge um vorerkrankte Familienmitglieder, Trauer um an COVID-19 verstorbene Eltern, Großeltern und andere Bezugspersonen [28], Klassen- und/oder Schulschließungen (sowohl angeordnete Schließungen als auch solche, die in Phasen ohne Präventionsmaßnahmen auf den COVID-bedingt hohen Krankenstand von Lehrkräften zurückzuführend sind). Erschwerend kommt hinzu, dass COVID-19 auch bei Kindern und Jugendlichen in bedeutsamem Ausmaß zu einer Zunahme neuropsychologischer und psychischer Erkrankungen führt (siehe Forschungsüberblick) und dass andere Covid-assoziierte gesundheitliche Beschwerden bei Kindern und Jugendlichen mit einer signifikanten Verringerung der Lebensqualität einhergehen [29, 30]. Viel zu selten werden diese Faktoren in entsprechenden Studien differenziert und in ihrer möglichen Wechselwirkung betrachtet.

Ebenfalls viel zu selten sind Studien zur Akzeptanz der Infektionsschutzmaßnahmen. Die bisherige Studienlage deutet darauf hin, dass die Mehrzahl der Kinder und Jugendlichen den Sinn und die Notwendigkeit von Maßnahmen wie dem Maskentragen versteht und Masken auch nicht als einschränkend empfindet [31]. Letzteres wird zwar maßgeblich durch die Einstellung der Eltern beeinflusst, wichtig wäre jedoch, auch Lösungen für jene Kinder zu finden, die das Maskentragen tatsächlich als unangenehm empfinden. Dazu gehört – insbesondere im inzwischen dritten Jahr der Pandemie – auch eine gezielte Förderung der Herstellung kindgerechter FFP-2-Masken. Zudem sollte über weitverbreitete Mythen zum Maskentragen aufgeklärt werden. Diese beeinträchtigen der Forschungslage nach beispielsweise weder die Atmung noch die Sprachentwicklung, die soziale Entwicklung oder die psychische Gesundheit [32].

Letztere ist jedoch durch COVID-19 gefährdet. Daher wird in der Stellungnahme "Kinder in der Pandemie" auch eindringlich dazu aufgerufen, Infektionsschutz und psychische Gesundheit für Kinder und Jugendliche in der Pandemie nicht konträr, sondern gemeinsam zu betrachten und optimal zu fördern [33]. Auch im Hinblick auf das Risiko körperlicher Folgeschäden wird international dazu aufgerufen, das COVID-bezogene Monitoring in der Pädiatrie zu verstärken, insbesondere im Hinblick auf neurologische [34, 35] und kardiologische [36] Auffälligkeiten. International weisen Experten darauf hin, dass Durchseuchung keine Option ist und wir Kinder und Jugendliche stattdessen bestmöglich vor COVID-19 schützen sollten [37, 38, 39]. Dies ist auch unsere Pflicht, denn "Children always deserve special protection because they are our future and they will have to live the longest with possible medical consequences" [40]. Wenn dies mit einfachen Maßnahmen, wie den in der S2-Leitlinie formulierten, möglich ist und noch dazu Schulschließungen verhindert – warum tun wir das dann nicht?

Literaturverzeichnis

[1] Szeghy, R.E., Province, V.M., Stute, N.L., Augenreich, M.A., Koontz, L.K., Stickford, J.L., Stickford, A.S., & Ratchford, S.M. (2022). Carotid stiffness, intima-media thickness and augmentation index among adults with SARS-CoV-2. *Experimental Physiology*, *107*(7), 694-707. DOI: https://doi.org/10.1113/EP089481

[2] Kubánková, M., Hohberger, B., Hoffmanns, J., Fürst, J., Herrmann, M., Guck, J., & Kräter, M. (2021). Physical phenotype of blood cells is altered in COVID-19. *Biophysical Journal*, 120(14), 2838-2847. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bpj.2021.05.025

[3] Hampshire, A., Trender, W., Chamberlain, S.R., Jolly, A.E., Grant, J.E., Patrick, F., Mazibuko, N., Williams, S., Barnby, J.M., Hellyer, P., & Mehta, M.A. (2021). Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *The Lancet - eClinical Medicine*, *39*, 101044. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101044

[4] Puntmann, V.O., Carerj, M.L., Wieters, I., et al., (2020). Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiology*, *5*(11), 1265-1273. DOI: https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.3557

[5] Townsend, L., Dyer, A.H., Jones, K., et al. (2020). Persistent fatigue following SARS-CoV-2 infection is common and independent of severity of initial infection. *PLOS One*, *15*(11), e0240784. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240784

[6] Søraas, A., Bø, R., Kalleberg, K.T., et al. (2021). Self-reported memory problems 8 months after COVID-19 infection. *JAMA Network Open*, *4*(7), e2118717. DOI: https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.18717

[7] https://dgn.org/presse/pressemitteilungen/neurokognitive-defizite-nach-einer-covid-19-erkrankung-spiegeln-ausgedehnte-funktionsstoerungen-der-hirnrinde-wider/ (die Verlinkungen zu den Originalstudien sind im Text enthalten)

[8] Suzuki, Y. Nikolaienko, S., Shults, N.V., & Gychka, S.G. (2021). COVID-19 patients may become predisposed to pulmonary arterial hypertension. *Medical Hypotheses*, *147*, 110483. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mehy.2021.110483

[9] Iacobucci, G. (2020). Long Covid: Damage to multiple organs presents in young, low risk patients. *BMJ*, *371*, m4470. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.m4470

[10] Morrow, A.J., Sykes, R., McIntosh, A., et al. (2022). A multisystem, cardio-renal investigation of post-COVID-19 illness. Nature Medicine, 28, 1303-1313. DOI: https://doi.org/10.1038/s41591-022-01837-9

[11] https://www.bbc.com/news/health-60154398 (die Verlinkungen zu den Originalstudien sind im Text enthalten)

[12] Taquet, M., Geddes, J.R., Husain, M., Luciano, S. & Harrison, P.J. (2021). 6-month neurological and psychiatric outcomes in 236 379 survivors of COVID-19: A retrospective cohort study using electronic health records. *Lancet Psychiatry*, *8*, 416-427. DOI: https://doi.org/10.1016/S2215-0366(21)00084-5

[13] https://www.eurekalert.org/news-releases/956611

[14] https://aaic.alz.org/releases_2021/covid-19-cognitive-impact.asp

[15] Bull-Otterson, L., Baca, S., Saydah, S., et al. (2022). Post-COVID conditions among adult COVID-19 survivors aged 18-65 and ≥ 65 years – United States, March 2020 – November 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, *71*, 713-717. DOI: http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7121e1

[16] Munblit, D., Simpson, F., Mabbitt, J., Dunn-Galvin, A., Semple, C., & Warner, J.O. (2022). Legacy of COVID-19 infection in children: Long-COVID will have a lifelong health/economic impact. *Archives of Disease in Childhood*, *107*(3). DOI: http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2021-321882

[17] Al-Aly, Z., Bowe, B., & Xie, Y. (2022). Outcomes of SARS-CoV-2 reinfection. Preprint. DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1749502/v1

[18] https://zdfheute-stories-scroll.zdf.de/ansteckungsgefahr-schule-omikron/index.html?fbclid=IwAR3s1rOtXwVwtw4siIRNpoYlTP0amSpd-y8qZW9KsEeobqrzGKCslfsBta8

[19] https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/027-076.html

[20] Jehn, M., McCullough, J.M., Dale, A.P., et al. (2021). Association between K-12 school mask policies and school-associated COVID-19 outbreaks – Maricopa and Pima Counties, Arizona, July-August 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021, *70*, 1372-1373. DOI: http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7039e1

[21] Bagheri, G., Thiede, B., Hejazi, B., & Bodenschatz, E. (2021). An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles. *PNAS*, *118*(49), e2110117118. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.2110117118

[22] Cowger, T.L., Clarke, J., Murray, E.J., Sánchez, S.M., Bassett, M.T., Ojikutu, B.O., Linos, N., & Hall, K.T. (2022). Impact of lifting school masking requirements on incidence of COVID-19 among staff and students in Greater-Boston Area school districts: A difference-in-differences analysis. *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.1101/2022.08.09.22278385

[23] Simpson, F., Chew-Graham, C., & Lokugamage, A. (2021). Long COVID in children: The perspectives of parents and children need to be heard. *British Journal of General Practice*, *71*(706), 216. DOI: https://doi.org/10.3399/bjgp21X715769

[24] Brackel, C., Lap, C.R., Buddingh, E.P., van Houten, M.A., van der Sande, L., Langereis, E.J., Bannier, M., Pijnenburg, M., Hashimoto, S., & Terheggen-Lagro, S. (2021). Pediatric long-COVID: An overlooked phenomenon? *Pediatric Pulmonology*, *56*(8), 2495-2502. DOI: https://doi.org/10.1002/ppul.25521

[25] Morrow, A.K., Ng, R., Vargas, G., Jashar, D.T., Henning, E., Stinson, N., & Malone, L.A. (2021). Postacute/Long COVID in pediatrics. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *100*(12), 1140-1147. DOI: https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001896

[26] https://www.england.nhs.uk/2021/06/nhs-sets-up-specialist-young-peoples-services-in-100-million-long-covid-care-expansion/

[27] https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/122760/Psychologen-sorgen-sich-um-Coronafolgen-fuer-Kinder-und-Jugendliche

[28] Hillis, S.D., Unwin, J., Chen, Y., et al. (2021). Global minimum estimates of children affected by COVID-19-associated orphanhood and deaths of caregivers: A modelling study. *The Lancet*, *398*(10298), 391-402. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01253-8

[29] Fink, T.T., Marques, H., Gualano, B., et al. (2021). Persistent symptoms and decreased health-related quality of life after symptomatic pediatric COVID-19: A prospective study in a Latin American tertiary hospital. *Clinics (Sao Paulo)*, *76*, e3511. DOI: https://doi.org/10.6061/clinics/2021/e3511

[30] Zavala, M., Ireland, G., Amin-Chowdhury, Z., Ramsay, M.E., & Ladhani, S.N. (2022). Acute and persistent symptoms in children with polymerase chain reaction (PCR)-confirmed severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection compared with test-negative children in England: Active, prospective, national surveillance. *Clinical Infectious Diseases*, *75*(1), e191-e200. DOI: https://doi.org/10.1093/cid/ciab991

[31] Ammann, P., Ulyte, A., Haile, S.R., Puhan, M.A., Kriemler, S., & Radtke, T. (2021). Perceptions towards mask use in school children during the SARS-CoV-2 pandemic: The Ciao Corona Study. *Preprint*. DOI: https://doi.org/10.1101/2021.09.04.21262907

[32] https://www.nationalgeographic.com/science/article/do-masks-really-harm-kids-heres-what-the-science-says (Übersichtsartikel; die zitierten Originalstudien sind im Text verlinkt)

[33] https://www.lw.uni-leipzig.de/fileadmin/Fakult%C3%A4t_LeWi/Stellungnahme_Kinder_in_der_Pandemie_final.pdf

[34] Madaan, P., Singanamalla, B., & Saini, L. (2021). Neurological manifestations of COVID-19 in children: Time to be more vigilant. *Pediatric Neurology*, *115*, 28. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2020.11.006

[35] Principi, N., & Esposito, S. (2021). Are we sure that the neurological impact of COVID 19 in childhood has not been underestimated? *Italian Journal of Pediatrics*, *47*, 191. DOI: https://doi.org/10.1186/s13052-021-01144-y

[36] Fremed, M.A., Lytrivi, I.D., Liberman, L., et al. (2020). Cardiac workup and monitoring in hospitalized children with COVID-19. *Cardiol Young*, *30*(7), 907-910. DOI: https://doi.org/10.1017/S1047951120001778

[37] Gurdasani, D., Drury, J., Greenhalgh, T., et al. (2021). Mass infection is not an option: We must do more to protect our young. *The Lancet*, *398*(10297), 297-298. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01589-0

[38] Faust, S.N., & Munro, A. (2020). It's time to put children and young people first during the global COVID-19 pandemic. *JAMA Pediatrics*, *175*(2), 127-128. DOI: https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.4582

[39] A Alwan, N. (2021). We must call out childism in covid-19 policies. *BMJ*, *375*, n2641. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n2641

[40] Müller, J., Oberhoffer, R., Brudy, L., & Ewert, P. (2020). COVID-19 and paediatric patient involvement (cardiovascular aspects). *European Heart Journal Supplements*, *22* (Supplement P), 19-24. DOI: https://doi.org/10.1093/eurheartj/suaa168