

# Detection of asymptomatic SARS-CoV-2 infections in daycare centers, schools, and companies for regional pandemic containment by a PCR testing laboratory cooperative between July 2021 and June 2022

## Abstract

As an important element in the regional containment of the COVID-19 pandemic a PCR testing laboratory with a cooperative character was founded in spring 2021 to screen for SARS-CoV-2 in the Nuremberg region, Germany. The aim was to detect asymptomatic infections in day care facilities for children, schools, and companies. The laboratory used an established RT-PCR protocol and analyzed approximately 18,500 pools of up to 25 pooled samples each from gargles or swabs (“lollipops”) from up to 135 facilities between July 2021 and June 2022. Usually, the participating facilities were informed about positive pools within a few hours. Retention samples from positive pools were usually analyzed on the same day, and the results were reported to the facilities as well as the German Electronic Reporting and Information System (DEMIS). In the laboratory results, both the local incidences and the transition from the Delta- to the Omicron surge in early 2022 were well reflected. It is plausible that about 4,800 secondary infections could be prevented from the approximately 1,570 positive individual samples detected in conjunction with appropriate isolation measures. Such a PCR laboratory, which is characterized by short response times and high flexibility, can thus provide valuable services for regional surveillance of infection incidence.

**Keywords:** SARS-CoV-2, COVID-19, coronavirus, pool testing, PCR test laboratory

Ralph Bertram<sup>1,2</sup>  
Laura Grebenstein<sup>2</sup>  
Stefanie Gualdi<sup>2</sup>  
Bernd Seibold<sup>2</sup>  
Ralf Birkmann<sup>3</sup>  
Klaus Korn<sup>4</sup>  
Johannes Bisping<sup>2,3</sup>  
Ralf Schabik<sup>2,5</sup>

1 Klinikum Nürnberg, Universitätsinstitut für Klinikhygiene, Medizinische Mikrobiologie und Klinische Infektiologie, Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Nürnberg, Germany

2 Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH, Lauf a.d. Pegnitz, Germany

3 Bisping & Bisping GmbH & Co. KG, Lauf a.d. Pegnitz, Germany

4 Universitätsklinikum Erlangen, Virologisches Institut, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany

5 A.S.S. Apotheker. Service. Schabik., Altdorf bei Nürnberg, Germany

## Introduction

The Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) [1], first detected in January 2020, is the causative agent of Corona Virus Disease 2019 (COVID-19), which was classified as a pandemic on 11 March 2020 [2]. Already on 27 February 2020, the German Federal Ministry of Health declared that the epidemic had reached Germany [3]. By early November 2022, over 35 million COVID-19 cases and around 153,000 deaths had been reported to the Robert Koch Institute in Germany [4]. At the beginning of the pandemic, drastic measures were adopted in Germany to contain the incidence of infection, such as curfew restrictions and the closure of schools and day care facilities for children. It was known from earlier studies that the risk of transmission of viral diseases in day care centers is favored by being in close groups and that the occurrence of various infectious diseases in the population is often associated with infectious events in day care centers [5], [6]. However, school and day care closures can seriously affect the physical and mental health of children and adolescents [7]. In order to counteract repeated large-scale school closures in the SARS-CoV-2 pandemic, various surveillance programs were also initiated in Germany as pilot projects or implemented on a larger scale. The STACAMA and STACADO studies aimed at preventing outbreaks at schools in Magdeburg and a boarding school in Regensburg, respectively [8], [9]. The WICOVIR study involved schools in Bavaria [10], and the B-FAST study schools in North Rhine-Westphalia [11], [12], [13]. These studies were based on nucleic acid-based methods for the detection of SARS-CoV-2 infections, which are significantly more sensitive and specific than antigen tests and can thus detect viral genetic material even before an infected carrier becomes infectious [14]. Compared to antigen tests, however, PCR tests are more complex and require more equipment, which is why they are mainly carried out by academic institutes and commercial laboratory service providers. Sampling can be done by swabbing, throat rinsing (gargling) or collection of saliva (e.g. by “lollipop tests”) [9], [12]. This article describes the establishment of a PCR laboratory for regional pandemic containment, and the laboratory's experience in the SARS-CoV-2 pandemic between July 2021 and June 2022.

## Motivation and initiative for founding the test lab

In the spring of 2021, members of the “Führungsgruppe Katastrophenschutz Nürnberger Land” (involved in disaster control in the district Nürnberger Land) developed a testing concept to accompany the pandemic situation, in which PCR tests also played a central role. In anticipation of an overload of existing commercial laboratories, three private individuals and seven mid-sized companies founded the “Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH”

in May 2021 to establish and operate a PCR laboratory as quickly as possible. The management, working on a voluntary basis, did not pursue profits. The district administrator (“Landrat”) of the district Nürnberger Land, the parties represented in the district council, as well as several authorities welcomed and supported the idea. The initiators were united by the mission to monitor the regional SARS-CoV-2 infection incidence through closely-timed PCR screening of asymptomatic persons from public and private institutions on a fact-based basis and to contain it if possible. One important rationale behind this was to prevent school, kindergarten and daycare-center closures. Companies were also given the opportunity to participate in the screening tests. The PCR laboratory was set up in the premises of a health facility in the district of Nürnberger Land and went into operation in July 2021 using the WICOVIR IT infrastructure [10]. With the start of the school year 2021/2022, the intent was to test up to 35,000 children twice weekly.

## Technical and legal specifications

After completion, the laboratory had, among other things, two safety cabinets, a UV cabinet for PCR-specific work and further equipment for a molecular biology detection laboratory. Consumables and molecular biological reagents were purchased from established manufacturers and distributors. The laboratory was designed as an environmental laboratory for low-threshold PCR testing for SARS-CoV-2, approved for biological safety level 2 and certified by the German testing company Dekra according to DIN EN ISO 9001. The sample material sent in by the participating facilities consisted of pooled gargles (“gargle pools”) or swabs (“lollipop pools”) with a maximum of 25 samples per pool. In case of a positive signal in a pool, all retention samples of the individuals represented in the pool were retested. The samples from the participating institutions were usually delivered by courier to the laboratory within 90 min, sometimes in less than 30 min, after sample collection. SARS-CoV-2 RNA was detected by an established, freely available quantitative real-time PCR (RT-PCR) protocol [15]. The laboratory processed the samples with a low level of automation, from collection and processing to preparation of the reaction mixtures and evaluation of the RT-PCR signals. The centerpiece was two qTOWER<sup>3</sup> RT-PCR thermal cyclers (Analytik Jena, Germany) for reactions in 96-well format. The capacity of the laboratory was about 700 pooled or individual samples per day. The sending institutions were informed of the results of the pool tests immediately after completion, usually in the afternoon on the day of the test, so that isolation measures for groups could already be taken if necessary. After pool resolution, the positive individual results were usually also communicated to the senders on the day of the test and additionally reported to the German Electronic Reporting and Information System (DEMIS) before 7 a.m. of the following day, so that health authorities and the Robert Koch Institute were informed

quickly and digitally about positive detections. For some of the positive samples, variant testing was carried out at the Institute of Virology of the University Hospital Erlangen. To this end, the SARS-CoV-2 variant I, variant IV and variant VII assays from Seegene (Seoul, Republic of Korea) were used.

## Participating institutions and development of the pool number

Around 135 facilities in the districts Nürnberger Land, Erlangen-Höchststadt, and Ansbach, as well as the cities of Nuremberg and Erlangen took advantage of the PCR laboratory's screening offer. This means that the catchment area for the laboratory was about 3,600 km<sup>2</sup> (Figure 1). Most of the facilities were kindergartens and daycare centers of various institutions as well as schools and private companies. The latter bore the costs for the screening themselves, while in the other cases, the district Nürnberger Land or the state of Bavaria took over the financing. Two tests per week and institution became established as an adequate frequency, as also confirmed by the literature [11], [12]. The number of pools tested per week increased from 54 to 218 in the first weeks of the laboratory's operation from early to mid-July 2021. During holiday periods, pool numbers mostly decreased significantly and increased to peaks around 850 per week by February/March 2022 (Figure 2). With the phasing out of the no-cause testing regulations for students, the number of pools tested dropped from mid-March 2022. By mid-June 2022, the number of pools tested was just under 200 per week. In total, the laboratory tested around 18,500 pools for SARS-CoV-2 RNA between July 2021 and mid-June 2022. Around 1,250 pools and, from these, around 1,570 individual samples were RT-PCR positive.

## Positive rates and SARS-CoV-2 variants in the pandemic course

Between the beginning of July and the beginning of September 2021, all 665 pools tested were negative. By mid-October 2021, positive rates were below 1%. The highest rates of positive pools were recorded between mid-January and the end of May 2022, with a peak of 14.7% in calendar week 11 (14–20 March 2022). The comparison with the regional incidence values in the comparison periods [16] shows a very good agreement of the courses (Figure 3). Random testing of positive samples for SARS-CoV-2 variants using mutation-specific PCR assays impressively revealed the displacement of the Delta variant by the Omicron variant at the turn of the year 2021/2022 [17] (Figure 4). While between the end of November and the end of December 2021 all variant-tested samples were assigned to the Delta variant (21/21), the share of the Omicron variant was already 50% (1/2) in the second calendar week of 2022, 87.5% (14/16) in week 3/2022 and moved to over 90% in the

following five weeks. After that, variant testing was discontinued for cost reasons due to the dominance of the Omicron variant.

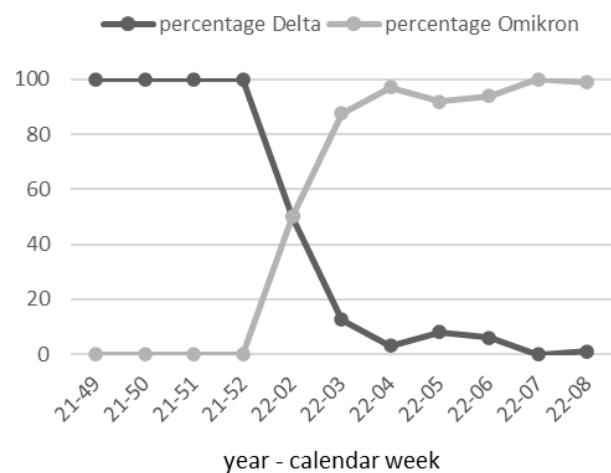


Figure 4: Displacement of the Delta by the Omicron variant based on the laboratory results

## Benefit assessment of the testing laboratory regarding regional infection protection

Of course, a screening regime like that of this testing laboratory does not protect against primary infections. However, early isolation of infected persons can prevent secondary infections [18]. In the following, we will roughly quantify how screening may have contributed to the prevention of secondary infections in the region. According to the studies, the secondary infection rates are around 18% for the Delta variant and around 27% for the Omicron variant [19]. Accordingly, a person infected with Delta infects an average of 0.54 other persons within a four-person household (with Omicron: 0.81), and a person infected with Omicron infects an average of 5.1 other persons (with Delta: 3.4) within a 20-person group with close contact (such as a child in a kindergarten). Especially the latter dynamic can be efficiently prevented by early isolation of infected children from the group. The groups of people sampled by the laboratory are predominantly made up of students, kindergarten and daycare children and, to a lesser extent, employees. As a rough overall estimate, an average factor of ca. 3 for secondary infections per infected person should be plausible here (details of the calculations upon request). With a total of just under 1,600 individual cases of SARS-CoV-2 detected by the laboratory and optimal prevention of secondary infections, this means in this model calculation there were approx. 4,800 potentially prevented infections in the period July 2021 to mid-June 2022.

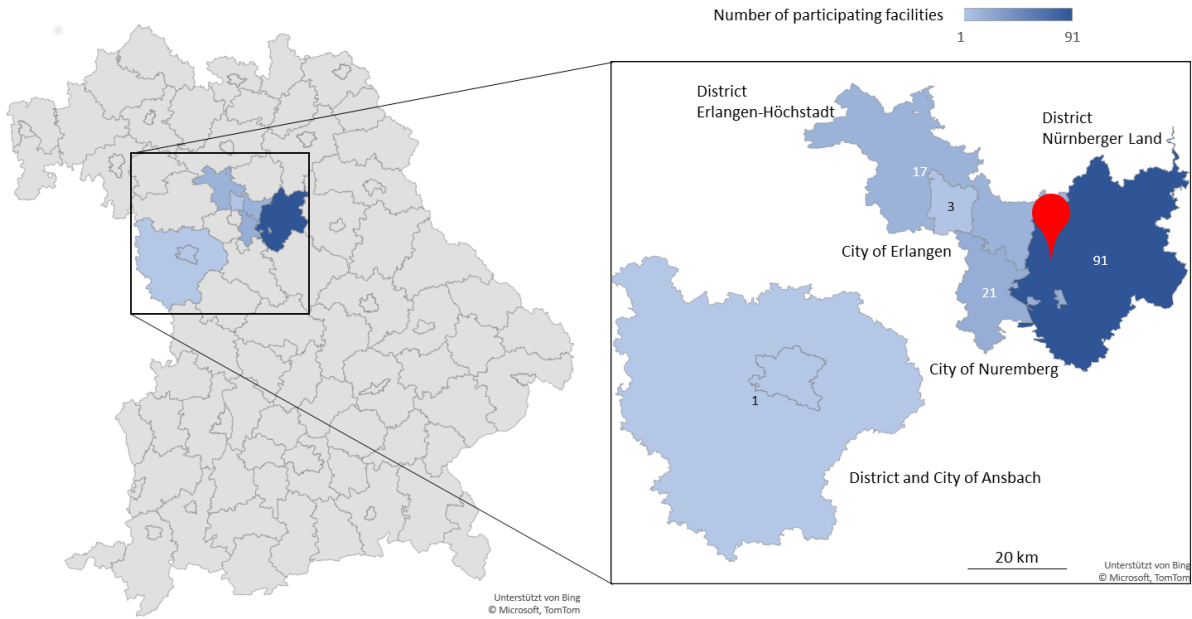


Figure 1: Catchment area of the participating facilities in Northern Bavaria. Detail: Colour-coded representation of the cities and districts according to the number of participating facilities. Red marker: location of the PCR laboratory

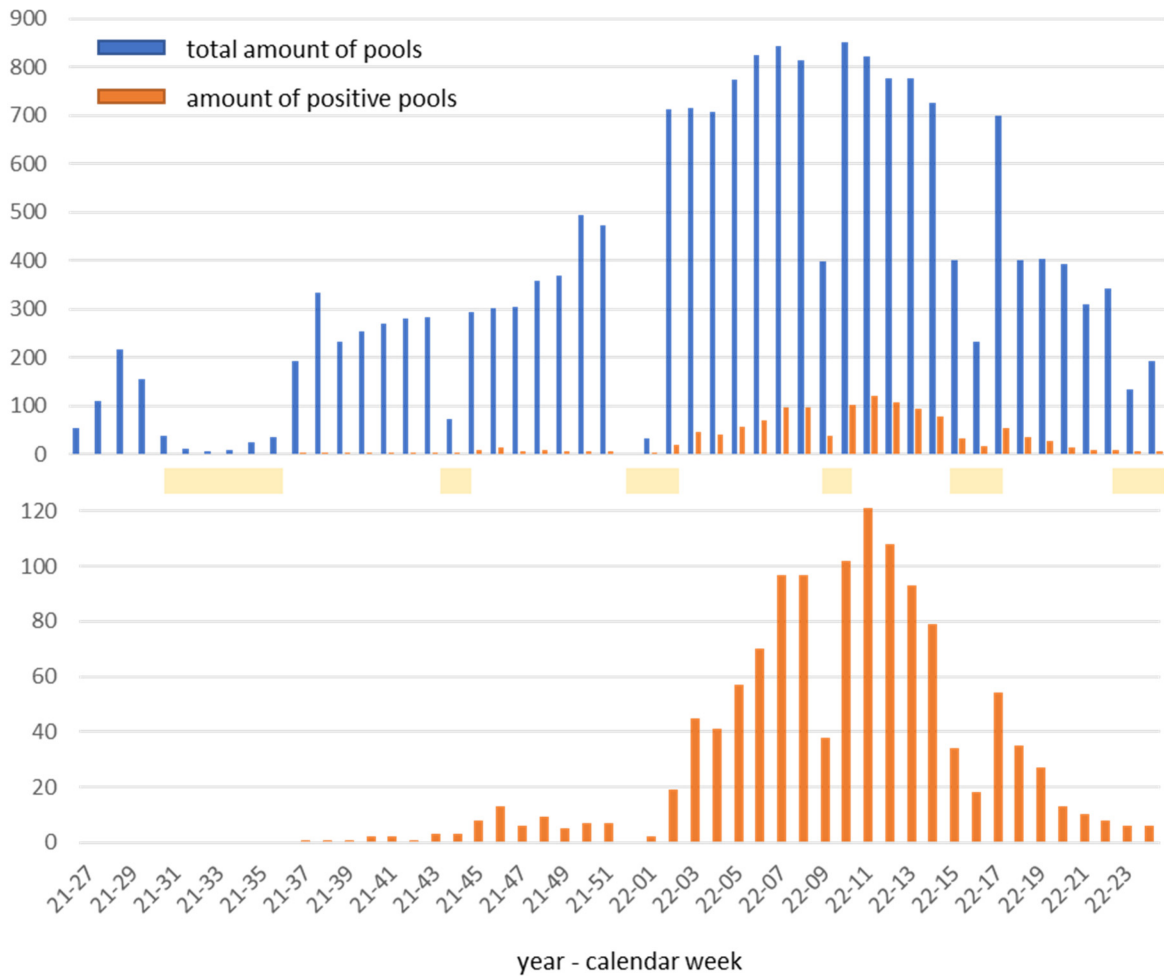
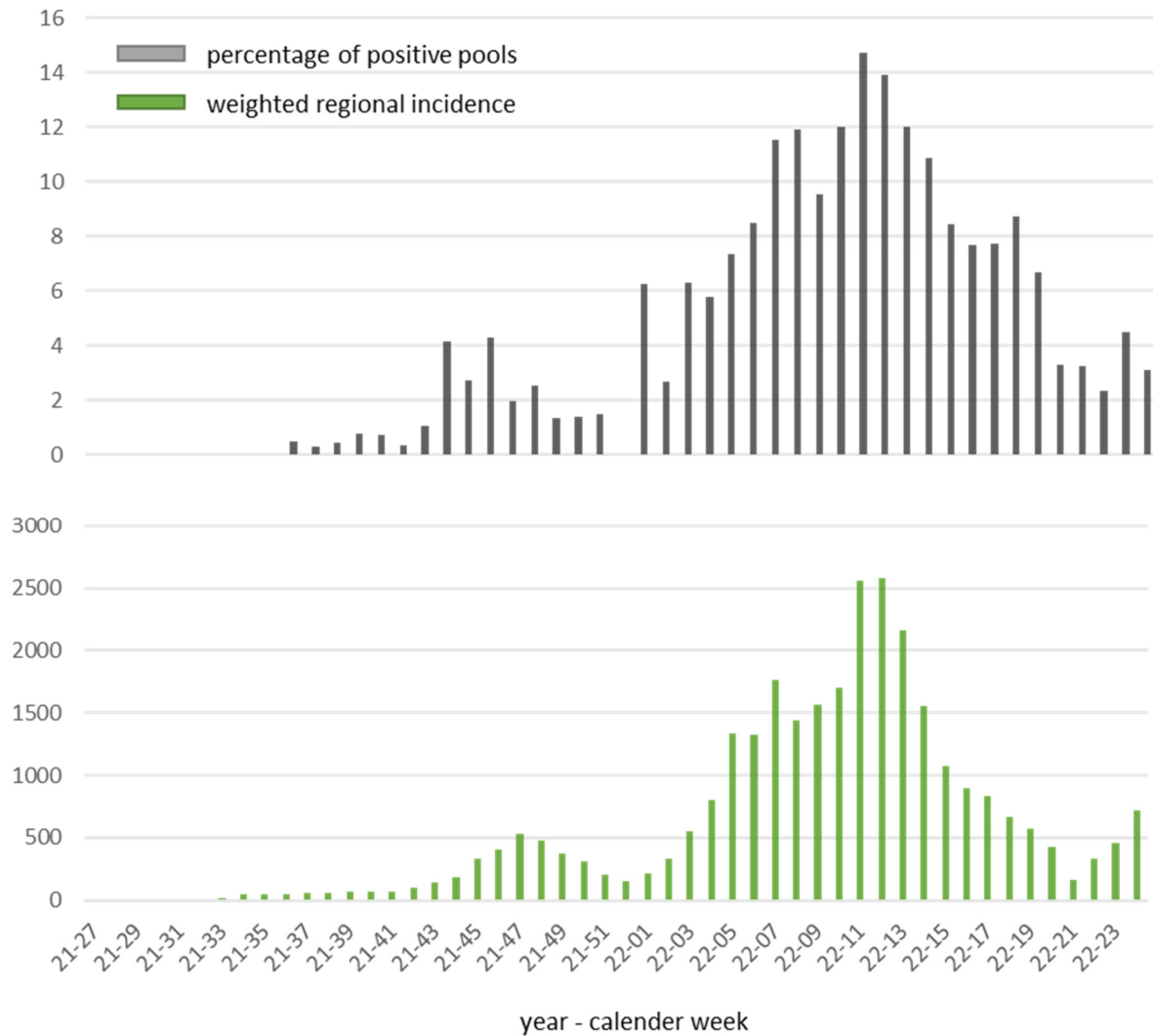


Figure 2: Total number of pools and number of positive pools (below: enlarged scale). Holiday periods highlighted in yellow



**Figure 3: Top: positive rate of the pools, bottom: weighted incidences of the districts and cities according to the number of participating facilities (except for the city of Erlangen and the district of Ansbach due to insufficient numbers)**

## Conclusions

Thanks to the great commitment and cooperation of relevant local individuals and companies, it was possible within a few weeks to recruit specialized staff, equip a PCR laboratory for SARS-CoV-2 detection that was suitable for the regional needs, and establish standardized work processes that meet international quality management criteria. Among other things, the laboratory was characterized by good accessibility in case of queries, high flexibility, proximity to the facilities, and the authority to report to DEMIS. Due to short transport routes and rapid sample processing, facilities with a morning sampling usually received reports of positive pools by lunchtime; positive individual samples were usually identified and reported the same day. This meant that, if necessary, initial measures could be taken just a few hours after sampling. For a suitable balance between transmission prevention and logistic effort, sampling on two days per week was chosen, in line with similar studies that investigated weekly testing frequency [11], [12]. Limitations of the laboratory include the limited scalability (spatial and ca-

capacity limitations, little automation). Also, due to the lean workflow in the PCR laboratory, no in-house variant testing of positive samples was possible. As with other laboratory service providers, the imponderables include pre-analytically, i.e. the kind of sampling. Thus, in line with literature [13], the results seemed to be more reliable if the samples were not taken at home but under supervision in the respective facilities. Having a PCR laboratory with a cooperative character available on site offers the possibility to react promptly and effectively to future corona waves or further infectious diseases with epidemic or pandemic potential. This can make a significant contribution to the containment of regional infectious events.

## Notes

### Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.



## Ethics

The Ethics Committee of the Bavarian Medical Association has confirmed that there was no obligation to consult for this report according to § 15 of the Professional Code of Conduct of Bavarian Physicians.

## Acknowledgement

We would like to thank all employees and trainees of the PCR laboratory and all associates of Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH. We would like to thank Dr. Ulrike Artmeier-Brandt (Ethics Committee of the Bavarian Medical Association) for the ethical evaluation of the study. Finally, we thank Prof. Dr. Jörg Steinmann for his critical review of the manuscript.

## Authorship

Ralph Bertram and Laura Grebenstein are to be regarded as equal first authors.

## ORCID

Ralph Bertram's ORCID ID is: 0000-0003-0654-6381

Klaus Korn's ORCID ID is: 0000-0003-1891-2107

## References

- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, Zhao X, Huang B, Shi W, Lu R, Niu P, Zhan F, Ma X, Wang D, Xu W, Wu G, Gao GF, Tan W; China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* 2020 Feb;382(8):727-33. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017
- WHO. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. Geneva: WHO; 2019 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
- Bundesministerium für Gesundheit. Coronavirus-Pandemie: Was geschah wann? 2020 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>
- Robert Koch-Institut. COVID-19: Fallzahlen in Deutschland und weltweit. Berlin: RKI; 2022 [Accessed 2022 Oct 31]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Fallzahlen.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Fallzahlen.html)
- Loss J, Kuger S, Buchholz U, Lehfeld AS, Varnaccia G, Haas W, Jordan S, Kalicki B, Schienkiewitz A, Rauschenbach T. Infektionsgeschehen und Eindämmungsmaßnahmen in Kitas während der COVID-19-Pandemie – Erkenntnisse aus der Corona-KiTa-Studie [SARS-CoV-2 incidence, transmission, and containment measures in daycare centers during the COVID-19 pandemic-findings from the Corona Daycare Study]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2021 Dec;64(12):1581-91. DOI: 10.1007/s00103-021-03449-z
- Brady MT. Infectious disease in pediatric out-of-home child care. *Am J Infect Control.* 2005 Jun;33(5):276-85. DOI: 10.1016/j.ajic.2004.11.007
- Ashikkali L, Carroll W, Johnson C. The indirect impact of COVID-19 on child health. *Paediatr Child Health (Oxford).* 2020 Dec;30(12):430-7. DOI: 10.1016/j.paed.2020.09.004
- Sweeney-Reed CM, Wolff D, Hörnschemeyer S, Faßhauer H, Haase A, Schomburg D, Niggel J, Kabesch M, Apfelbacher C. Feasibility of a surveillance programme based on gargle samples and pool testing to prevent SARS-CoV-2 outbreaks in schools. *Sci Rep.* 2021 Sep;11(1):19521. DOI: 10.1038/s41598-021-98849-1
- Sweeney-Reed CM, Wolff D, Niggel J, Kabesch M, Apfelbacher C. Pool Testing as a Strategy for Prevention of SARS-CoV-2 Outbreaks in Schools: Protocol for a Feasibility Study. *JMIR Res Protoc.* 2021 May;10(5):e28673. DOI: 10.2196/28673
- Kheiroddin P, Schöberl P, Althammer M, Cibali E, Würfel T, Wein H, Kulawik B, Buntrock-Döpke H, Weigl E, Gran S, Gründl M, Langguth J, Lampl B, Judex G, Niggel J, Pagel P, Schratzenstaller T, Schneider-Brachert W, Gastiger S, Bodenschatz M, Konrad M, Levchuk A, Roth C, Schöner D, Schneeberger F, Rohrmanstorfer R, Dekens MP, Brandstetter S, Zuber J, Wallerstorfer D, Burkovski A, Ambrosch A, Wagner T, Kabesch M. Results of WICOVIR Gargle Pool PCR Testing in German Schools Based on the First 100,000 Tests. *Front Pediatr.* 2021;9:721518. DOI: 10.3389/fped.2021.721518
- Dewald F, Suárez I, Johnen R, Grossbach J, Moran-Tovar R, Steger G, Joachim A, Rubio GH, Fries M, Behr F, Kley J, Lingnau A, Kretschmer A, Gude C, Baeza-Flores G, Del Valle DL, Roblero-Hernandez A, Magana-Cerino J, Hernandez AT, Ruiz-Quinones J, Schega K, Linne V, Junker L, Wunsch M, Heger E, Knops E, Di Cristanziano V, Meyer M, Hünseler C, Weber LT, Lüers JC, Quade G, Wisplinghoff H, Tiemann C, Zotz R, Jomaa H, Pranada A, Herzum I, Cullen P, Schmitz FJ, Philipsen P, Kirchner G, Knabbe C, Hellmich M, Buess M, Wolff A, Kossow A, Niessen J, Jeworutzki S, Schräpler JP, Lässig M, Dötsch J, Fätkenheuer G, Kaiser R, Beyer A, Rybniker J, Klein F. Effective high-throughput RT-qPCR screening for SARS-CoV-2 infections in children. *Nat Commun.* 2022 Jun;13(1):3640. DOI: 10.1038/s41467-022-30664-2
- Joachim A, Dewald F, Suárez I, Zemlin M, Lang I, Stutz R, Marthaler A, Bosse HM, Lübke N, Münch J, Bernard MA, Jeltsch K, Tönshoff B, Weidner N, Kräusslich HG, Birzele L, Hübner J, Schmiech P, Meyer-Bühn M, Horemheb-Rubio G, Cornely OA, Haverkamp H, Wiesmüller G, Fätkenheuer G, Hero B, Kaiser R, Dötsch J, Rybniker J; B-FAST study group. Pooled RT-qPCR testing for SARS-CoV-2 surveillance in schools - a cluster randomised trial. *EclinicalMedicine.* 2021 Sep;39:101082. DOI: 10.1016/j.eclinm.2021.101082
- Kretschmer AC, Junker L, Dewald F, Linne V, Hennen L, Horemheb-Rubio G, Kaiser R, Steger G, Joachim A, Schönenkorb J, Cosgun ZC, Mühlhans N, Heger E, Knops E, Leisse C, Kessel B, Heinsohn T, Rodiah I, Lange B, Ritter AL, Fries M, Kossow A, Nießen J, Dötsch J, Klein F, Rybniker J, Fätkenheuer G, Suárez I. Implementing the Lolli-Method and pooled RT-qPCR testing for SARS-CoV-2 surveillance in schools: a pilot project. *Infection.* 2022 Jun 27:1-6. DOI: 10.1007/s15010-022-01865-0
- Cevik M, Marcus JL, Buckee C, Smith TC. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Transmission Dynamics Should Inform Policy. *Clin Infect Dis.* 2021 Jul;73(Suppl 2):S170-S176. DOI: 10.1093/cid/ciaa1442
- Centers for Disease Control and Prevention. CDC's Diagnostic Test for COVID-19 Only and Supplies. 2021 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/107943>
- Adler T. Ein schnelles COVID-19-Dashboard. 2020 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://covid-karte.de>
- Statista. Verteilung besorgniserregender Coronavirusvarianten (VOC) in Deutschland 2021. Status: 2022 Apr 28 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1208627/umfrage/ausbreitung-von-corona-mutationen-in-deutschland>
- Taipale J, Romer P, Linnarsson S. Population-scale testing can suppress the spread of COVID-19 [Preprint]. *medRxiv* 2020:2020.04.27.20078329. DOI: 10.1101/2020.04.27.20078329

19. Agency for Clinical Innovation. Living Evidence – SARS-CoV-2 variants. 2022 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://aci.health.nsw.gov.au/covid-19/critical-intelligence-unit/sars-cov-2-variants>

**Corresponding author:**

Dr. Ralf Schabik  
Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH,  
Oskar-Sembach-Ring 10, 91207 Lauf a.d. Pegnitz,  
Germany, Phone: +49 9123 1573 961  
rs@wirtschaftskraft-nl.de

**Please cite as**

Bertram R, Grebenstein L, Gualdi S, Seibold B, Birkmann R, Korn K, Bisping J, Schabik R. Detection of asymptomatic SARS-CoV-2 infections in daycare centers, schools, and companies for regional pandemic containment by a PCR testing laboratory cooperative between July 2021 and June 2022. *GMS Hyg Infect Control.* 2022;17:Doc22. DOI: 10.3205/dgkh000425, URN: urn:nbn:de:0183-dgkh0004254

**This article is freely available from**

<https://doi.org/10.3205/dgkh000425>

**Published:** 2022-12-06

**Copyright**

©2022 Bertram et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

# Detektion asymptomatischer SARS-CoV-2 Infektionen in Kindertagesstätten, Schulen und Unternehmen zur regionalen Pandemieeindämmung durch ein genossenschaftliches PCR-Testlabor im Zeitraum Juli 2021 bis Juni 2022

## Zusammenfassung

Als ein wichtiger Baustein zur regionalen Eindämmung der COVID-19 Pandemie wurde im Frühjahr 2021 ein PCR-Testlabor mit genossenschaftlichem Charakter zum Screening auf SARS-CoV-2 in der Region Nürnberger Land gegründet. Ziel war die Detektion asymptomatischer Infektionen in Kindertagesstätten, Schulen und Unternehmen. Das Labor nutzte ein etabliertes RT-PCR Verfahren und analysierte zwischen Juli 2021 und Juni 2022 aus bis zu 135 Einrichtungen rund 18.500 Pools mit je bis zu 25 vereinigten Proben aus Gurgelaten bzw. Abstrichtupfern („Lollis“). In der Regel wurden die teilnehmenden Einrichtungen innerhalb weniger Stunden über positive Pools informiert, Rückstellproben positiver Pools wurden meist noch am selben Tag analysiert und die Ergebnisse an die Einrichtungen sowie das Deutsche Elektronische Melde- und Informationssystem (DEMIS) gemeldet. In den Laborergebnissen bildeten sich über den Zeitraum Juli 2021 bis Juni 2022 sowohl die lokalen Inzidenzen als auch der Übergang von der Delta- zur Omikron-Welle Anfang 2022 gut ab. Es ist plausibel, dass sich bei den ca. 1.570 detektierten positiven Einzelproben in Verbindung mit geeigneten Isolationsmaßnahmen etwa 4.800 Sekundärinfektionen verhindern ließen. Ein solches PCR-Labor, das sich durch kurze Antwortzeiten und hohe Flexibilität auszeichnet, kann somit wertvolle Dienste für die regionale Überwachung des Infektionsgeschehens leisten.

**Schlüsselwörter:** SARS-CoV-2, COVID-19, Corona, Pooltestung, PCR-Testlabor

**Ralph Bertram**<sup>1,2</sup>  
**Laura Grebenstein**<sup>2</sup>  
**Stefanie Gualdi**<sup>2</sup>  
**Bernd Seibold**<sup>2</sup>  
**Ralf Birkmann**<sup>3</sup>  
**Klaus Korn**<sup>4</sup>  
**Johannes Bisping**<sup>2,3</sup>  
**Ralf Schabik**<sup>2,5</sup>

1 Klinikum Nürnberg, Universitätsinstitut für Klinikhygiene, Medizinische Mikrobiologie und Klinische Infektiologie, Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Nürnberg, Deutschland

2 Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH, Lauf a.d. Pegnitz, Deutschland

3 Bisping & Bisping GmbH & Co. KG, Lauf a.d. Pegnitz, Deutschland

4 Universitätsklinikum Erlangen, Virologisches Institut, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland

5 A.S.S. Apotheker. Service. Schabik., Altdorf bei Nürnberg, Deutschland



## Einleitung

Das im Januar 2020 erstmals nachgewiesene Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) [1] ist der Erreger der Corona Virus Disease 2019 (COVID-19), die am 11. März 2020 als Pandemie klassifiziert wurde [2]. Bereits am 27. Februar 2020 erklärte das deutsche Bundesgesundheitsministerium, die Epidemie habe Deutschland erreicht [3]. Bis Anfang November 2022 wurden in Deutschland über 35 Millionen COVID-19 Fälle und rund 153.000 Todesfälle an das Robert Koch-Institut übermittelt [4]. Zu Beginn der Pandemie wurden in Deutschland drastische Maßnahmen zur Eindämmung des Infektionsgeschehens beschlossen, wie Ausgangsbeschränkungen und die Schließung von Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kitas). Aus früheren Studien war bekannt, dass das Übertragungsrisiko viraler Erkrankungen in Kitas durch das enge Zusammensein in Gruppen begünstigt wird und dass das Vorkommen von verschiedenen Infektionskrankheiten in der Bevölkerung oftmals mit Infektionsgeschehen in Kitas assoziiert ist [5], [6].

Schulschließungen können allerdings die physische und psychische Gesundheit von Kindern und Jugendlichen gravierend beeinträchtigen [7]. Um wiederholten großflächigen Schulschließungen in der SARS-CoV-2 Pandemie entgegenzuwirken, wurden auch in Deutschland verschiedene Surveillance-Programme als Pilotprojekte initiiert bzw. in größerem Maßstab umgesetzt. Die Studien STACAMA bzw. STACADO zielten auf die Ausbruchsvermeidung an Magdeburger Schulen bzw. einem Regensburger Internat ab [8], [9]. Die WICOVIR Studie adressierte Schulen in Bayern [10], die B-FAST Studie Schulen in Nordrhein-Westfalen [11], [12], [13]. Die genannten Studien basierten auf Nukleinsäure-basierten Methoden zur Detektion der SARS-CoV-2 Infektionen, die deutlich sensitiver und spezifischer sind als Antigentests und so virales Genmaterial noch vor der Infektiosität eines infizierten Trägers detektieren können [14]. Im Vergleich zu Antigentests sind PCR-Tests jedoch aufwändiger und bedürfen eines höheren apparativen Aufwands, weswegen diese vorwiegend von akademischen Instituten und kommerziellen Labordienstleistern durchgeführt werden. Die Probenahme kann durch Abstriche, Rachenspülung (Gurgeln) oder die Gewinnung von Speichel (z. B. durch „Lolli-Tests“) erfolgen [9], [12]. Dieser Artikel beschreibt die Etablierung eines PCR-Labors zur regionalen Pandemieeindämmung sowie die Erfahrungen des Labors in der SARS-CoV-2 Pandemie zwischen Juli 2021 und Juni 2022.

## Motivation und Initiative zur Gründung des Testlabors

Im Frühjahr 2021 erarbeiteten Mitglieder der Führungsgruppe Katastrophenschutz Nürnberger Land ein Testkonzept zur Flankierung der pandemischen Lage, in dem auch PCR-Tests eine zentrale Rolle spielten. In Erwartung

einer Überlastung bestehender kommerzieller Labore gründeten im Mai 2021 drei Privatpersonen und sieben mittelständische Betriebe die „Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH“, um schnellstmöglich ein PCR-Labor zu betreiben. Die ehrenamtlich tätige Geschäftsführung verfolgte keine Gewinnabsicht. Der Landrat des Landkreises Nürnberger Land, die im Kreistag vertretenen Parteien sowie mehrere Behörden begrüßten die Idee. Die Initiatoren einte die Mission, das regionale SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen durch eng getaktetes PCR-Screening asymptomatischer Personen öffentlicher und privater Einrichtungen faktenbasiert zu beobachten und nach Möglichkeit einzudämmen. Eine gewichtige Rationale dahinter war, somit Schul- und Kindergartenschließungen zu verhindern. Auch Unternehmen erhielten die Möglichkeit, an den Screeningtests teilzunehmen. Das PCR-Labor wurde in den Räumen einer Gesundheitseinrichtung im Landkreis Nürnberger Land eingerichtet und ging im Juli 2021 unter Mitnutzung der WICOVIR IT-Infrastruktur [10] in Betrieb. Mit Beginn des Schuljahres 2021/2022 sollten bis zu 35.000 Kinder zweimal wöchentlich getestet werden können.

## Technische und rechtliche Spezifikationen

Das Labor verfügte nach Fertigstellung unter anderem über zwei Sicherheitswerkbänke, ein UV-Kabinett für PCR-spezifische Arbeiten und weitere Ausstattung eines molekularbiologischen Nachweislabors. Verbrauchsmittel und molekularbiologische Reagenzien wurden von etablierten Herstellern und Vertrieben bezogen. Es wurde als Umweltlabor für niederschwellige PCR-Testung auf SARS-CoV-2 konzipiert, für die biologische Sicherheitsstufe 2 zugelassen und von der Prüfgesellschaft Dekra nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Das von den teilnehmenden Einrichtungen eingesandte Probenmaterial bestand aus vereinigten Gurgelaten („Gurgel-Pools“) oder Tupfern („Lolli-Pools“) mit maximal 25 Proben pro Pool. Im Falle eines positiven Signals bei einem Pool wurden sämtliche Rückstellproben der im Pool vertretenen Einzelpersonen nachgetestet. Die Proben der beteiligten Einrichtungen wurden dem Labor in der Regel binnen 90 min, teils in weniger als 30 min, nach Probenahme per Kurier zugestellt. SARS-CoV-2-RNA wurde durch ein etabliertes, frei zugängliches RT-PCR-Protokoll [15] für quantitative real-time-PCR (RT-PCR) nachgewiesen. Das Labor bearbeitete die Proben von der Erfassung und Aufbereitung über die Herstellung der Reaktionsgemische bis zur Auswertung der RT-PCR-Signale mit einem niedrigen Automatisierungsgrad. Herzstück waren zwei qTOWER<sup>3</sup> RT-PCR-Thermocycler (Analytik Jena) für Reaktionen im 96-well-Format. Die Kapazität des Labors belief sich auf ca. 700 gepoolte oder einzelne Proben pro Tag. Den einsendenden Einrichtungen wurden die Ergebnisse der Pooltestungen umgehend nach Fertigstellung, meist am Nachmittag des Testtages, mitgeteilt, damit ggf. schon Isolationsmaßnahmen für Gruppen ergriffen werden konnten. Nach Poolauf-

lösung wurden die positiven Einzelergebnisse in der Regel ebenfalls noch am Testtag an die Einsender mitgeteilt und zusätzlich vor 7 Uhr des Folgetages an das Deutsche Elektronische Melde- und Informationssystem (DEMIS) gemeldet, so dass Gesundheitsämter und das Robert Koch-Institut über positive Nachweise schnell und digital informiert wurden. Für einen Teil der positiven Proben wurde am Institut für Virologie des Universitätsklinikums Erlangen eine Variantentestung durchgeführt. Hierfür wurden die SARS-CoV-2-Variant-I-, Variant-IV- und Variant-VII-Assays der Fa. Seegene (Seoul, Republik Korea) eingesetzt.

## Beteiligte Einrichtungen und Entwicklung der Poolanzahl

Rund 135 Einrichtungen der Landkreise Nürnberger Land, Erlangen-Höchststadt, Ansbach, sowie der Städte Nürnberg und Erlangen nahmen das Screening-Angebot des PCR-Labors wahr. Damit betrug das Einzugsgebiet für das Labor etwa 3.600 km<sup>2</sup> (Abbildung 1). Die meisten der Einrichtungen waren Kindergärten und Kindertagesstätten verschiedener Träger sowie Schulen und privatwirtschaftliche Unternehmen. Letztere trugen die Kosten für das Screening selbst, während in den anderen Fällen der Landkreis Nürnberger Land bzw. das Land Bayern die Finanzierung übernahmen. Zwei Tests pro Woche und Einrichtung etablierten sich als adäquate Frequenz in Übereinstimmung mit der Literatur [11], [12]. Die Anzahl der wöchentlich getesteten Pools erhöhte sich in den ersten Betriebswochen des Labors von Anfang bis Mitte Juli 2021 von 54 auf 218. In Ferienzeiten sanken die Poolzahlen zumeist deutlich und stiegen bis Februar/März 2022 auf Höchststände um 850 pro Woche (Abbildung 2). Mit dem Auslaufen der Regelungen zum anlasslosen Testen für Schülerinnen und Schüler sank die Anzahl der untersuchten Pools seit Mitte März 2022. Mitte Juni 2022 lag die Anzahl getesteter Pools bei knapp 200 pro Woche. Insgesamt testete das Labor zwischen Juli 2021 und Mitte Juni 2022 rund 18.500 Pools auf SARS-CoV-2-RNA. Dabei zeigten sich rund 1.250 Pools und daraus wiederum ca. 1.570 Einzelproben RT-PCR positiv.

## Positivraten und SARS-CoV-2 Varianten vor dem Hintergrund des Pandemieverlaufs

Zwischen Anfang Juli und Anfang September 2021 waren alle 665 getesteten Pools negativ. Bis Mitte Oktober 2021 bewegten sich die Positivraten unter 1%. Die höchsten Quoten an positiven Pools waren zwischen Mitte Januar und Ende Mai 2022 zu verzeichnen, mit einem Höchststand von 14,7% in der Kalenderwoche 11 (14.–20. März 2022). Der Vergleich mit den regionalen Inzidenzwerten in den Vergleichszeiträumen [16] zeigt eine sehr gute Übereinstimmung der Verläufe (Abbildung 3). Eine stich-

probenartige Testung positiver Proben auf SARS-CoV-2-Varianten mittels mutationspezifischer PCR-Assays zeigte eindrucksvoll die Verdrängung der Delta-Variante durch die Omikron-Variante am Jahreswechsel 2021/2022 auf [17] (Abbildung 4). Waren zwischen Ende November und Ende Dezember 2021 alle variantengetesteten Proben der Delta-Variante zuzuordnen (21/21), lag der Anteil der Omikron-Variante in der zweiten Kalenderwoche 2022 bereits bei 50% (1/2), in KW 3/2022 bei 87,5% (14/16) und bewegte sich in den darauffolgenden fünf Wochen bei über 90%. Danach wurde die Variantentestung aufgrund der Dominanz der Omikron-Variante aus Kostengründen eingestellt.

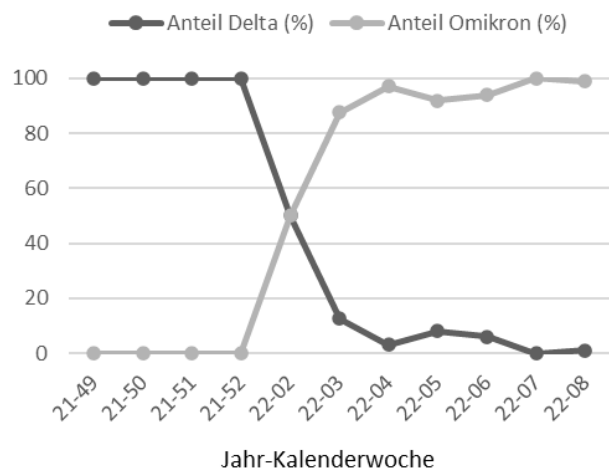


Abbildung 4: Verdrängung der Delta- durch die Omikron-Variante anhand der Laborergebnisse

## Nutzenabschätzung des Testlabors bezüglich des regionalen Infektionsschutzes

Selbstverständlich schützt ein Screening-Regime wie das dieses Testlabors nicht vor Primärinfektionen. Jedoch können durch frühzeitige Isolation Infizierter Sekundärinfektionen verhindert werden [18]. Im Folgenden soll grob quantifiziert werden, wie das Screening zur Vermeidung von Sekundärinfektionen in der Region beigetragen haben könnte. Entsprechend der Studienlage bewegen sich die Sekundärinfektionsraten bei rund 18% für die Delta-Variante und ca. 27% für die Omikron-Variante [19]. Demzufolge steckt eine mit Delta infizierte Person innerhalb eines Vierpersonenhaushalts durchschnittlich 0,54 weitere Personen an (bei Omikron: 0,81), eine mit Omikron infizierte Person innerhalb einer 20-köpfigen Gruppe mit engem Kontakt (etwa ein Kind in einem Kindergarten) im Durchschnitt 5,1 weitere Personen (bei Delta: 3,4). Gerade letztere Dynamik lässt sich durch frühzeitige Isolierung infizierter Kinder aus der Gruppe effizient unterbinden. Die durch das Labor beprobten Personenkreise setzen sich vorwiegend aus Schülerinnen und Schülern, Kindergartenkindern und in geringerem Maße Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern zusammen. Als grobe Ge-

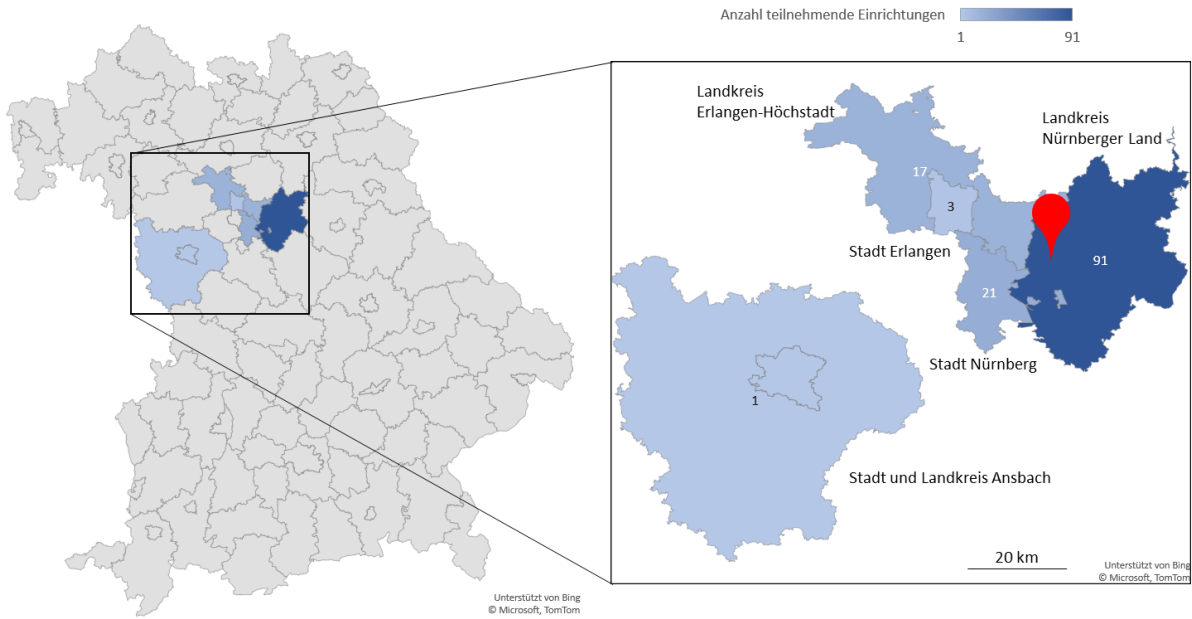


Abbildung 1: Einzugsgebiet der teilnehmenden Einrichtungen in Nordbayern. Ausschnitt: Mit Farbcode gewichtete Darstellung der kreisfreien Städte und Landkreise entsprechend der Anzahl teilnehmender Einrichtungen. Rote Markierung: Standort des PCR-Labors

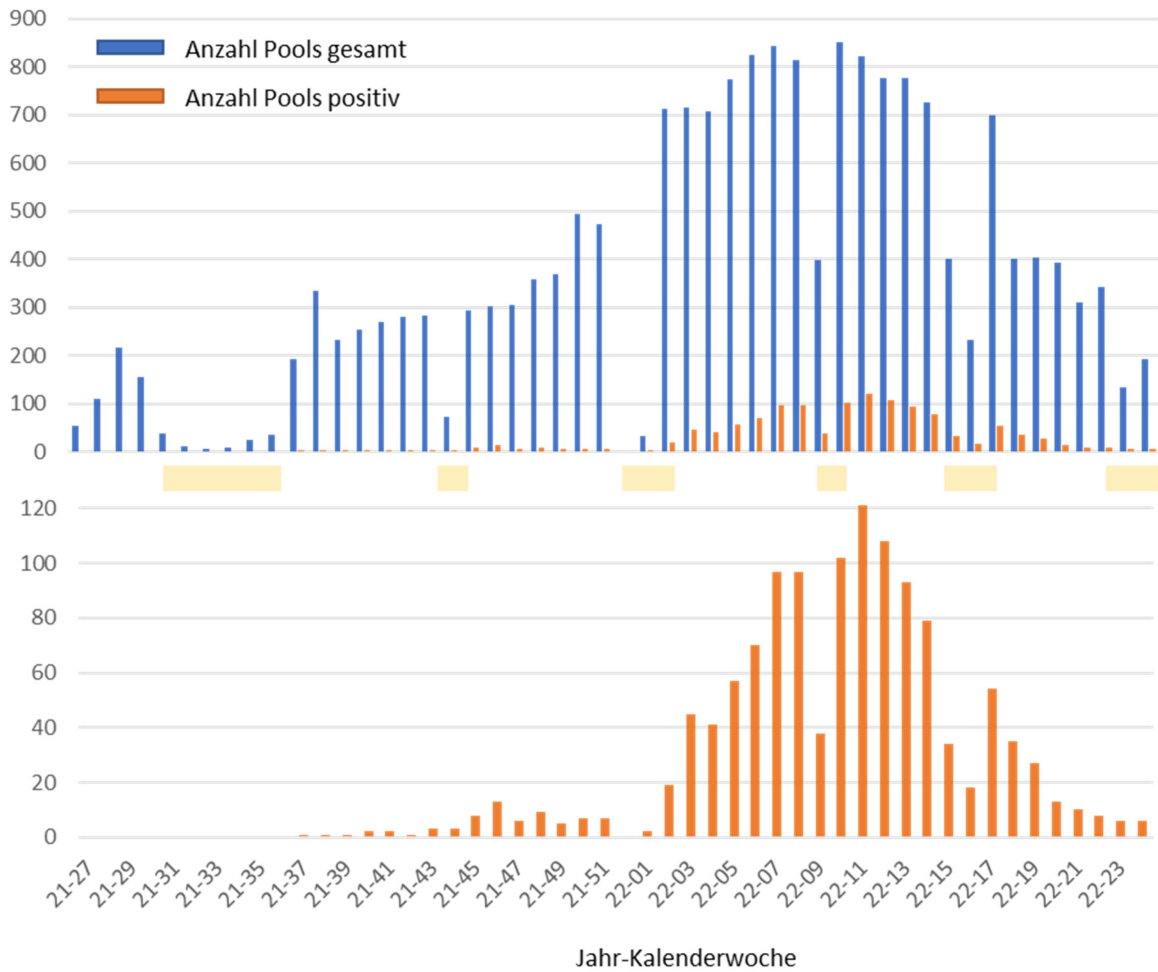
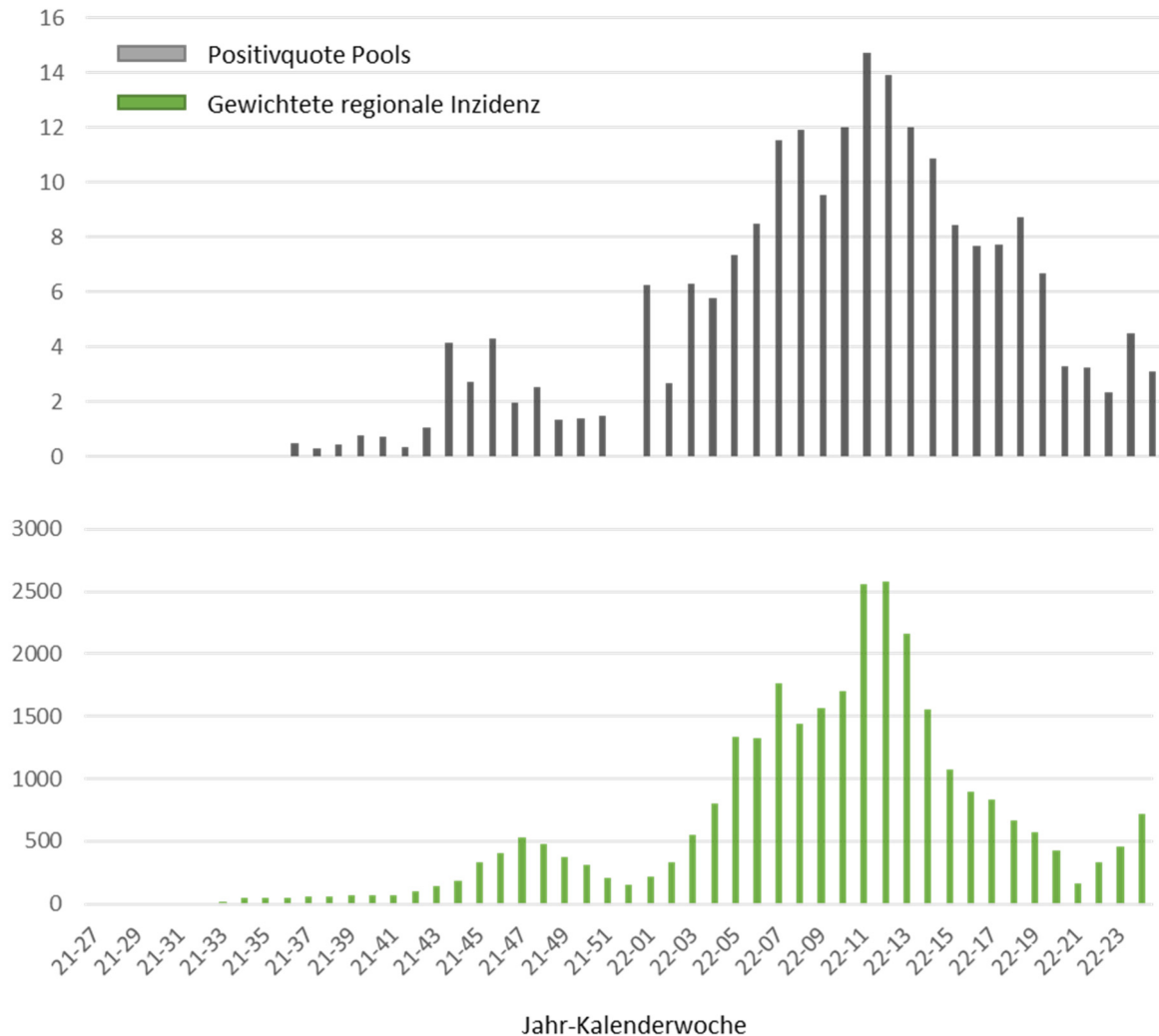


Abbildung 2: Anzahl aller Pools und Anzahl positiver Pools (unten skalenvergrößert). Ferienzeiten gelb hinterlegt



**Abbildung 3: Oben Positivquote der Pools, unten gewichtete Inzidenzen der Landkreise und kreisfreien Städte entsprechend der Anzahl teilnehmender Einrichtungen (außer Stadt Erlangen und Landkreis Ansbach wegen zu geringer Anzahl)**

samtabschätzung dürfte hier ein gemittelter Faktor um drei für Sekundärinfektionen pro infizierter Person plausibel sein (Details zur Berechnung auf Anfrage). Bei insgesamt knapp 1.600 detektierten SARS-CoV-2-Einzelfällen durch das Labor und optimaler Prävention vor Sekundärinfektionen bedeutete das in dieser Modellrechnung ca. 4.800 potenziell verhinderte Ansteckungen im Zeitraum Juli 2021 bis Mitte Juni 2022.

## Fazit

Durch großes Engagement und Zusammenwirken relevanter Akteure vor Ort gelang es innerhalb weniger Wochen, Fachpersonal zu rekrutieren, ein kapazitiv für die regionalen Bedürfnisse geeignetes PCR-Labor zum Coronanachweis auszustatten und standardisierte Arbeitsabläufe zu etablieren, die internationalen Qualitätsmanagement-Kriterien genügen. Das Labor zeichnete sich unter anderem durch gute Erreichbarkeit bei Rückfragen, hohe Flexibilität, Nähe zu den Einrichtungen und die Befugnis zur DEMIS-Meldung aus. Durch kurze Transportwege und rasche Probenverarbeitung erhielten Einrichtungen bei

einer Probenahme am Morgen in der Regel bereits zur Mittagszeit Meldungen positiver Pools; positive Einzelproben wurden in der Regel noch am selben Tag identifiziert und gemeldet. Somit konnten bereits wenige Stunden nach Probenahme nötigenfalls erste Maßnahmen ergriffen werden. Für eine geeignete Balance zwischen Übertragungsprävention und logistischem Aufwand wurde in Übereinstimmung mit ähnlichen Studien, in denen die wöchentliche Testfrequenz pro Woche untersucht worden war [11], [12], eine Beprobung an zwei Tagen pro Woche gewählt. Limitationen des Labors liegen unter anderem in der begrenzten Skalierbarkeit (räumliche und kapazitive Begrenzungen, wenig Automatisierung). Auch war durch den schlank gehaltenen Arbeitsablauf im PCR-Labor keine hauseigene Variantentestung positiver Proben möglich. Zu den Unwägbarkeiten zählen, wie auch bei anderen Labordienstleistern, die Präanalytik in Form der Probenahme. So schienen, wie auch die Literatur nahelegt [13], die Ergebnisse verlässlicher auszufallen, wenn die Probenahmen nicht zuhause, sondern unter Aufsicht in den jeweiligen Einrichtungen erfolgten. Die Vorhaltung eines PCR-Labors mit genossenschaftlichem Charakter vor Ort bietet die Möglichkeit, auf zukünftige Coronawellen oder



weitere Infektionskrankheiten mit epidemischem oder pandemischem Potential zeitnah und effektiv reagieren zu können. Dies kann einen erheblichen Beitrag zur Eindämmung des regionalen Infektionsgeschehens leisten.

## Anmerkungen

## Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

## Ethik

Die Ethik-Kommission der Bayerischen Landesärztekammer hat bestätigt, dass für diesen Bericht keine Beratungspflicht nach § 15 der Berufsordnung der Ärzte Bayerns besteht.

## Danksagung

Wir danken allen Mitarbeiterinnen, Mitarbeitern, Praktikantinnen und Praktikanten des PCR-Labors sowie allen Gesellschafterinnen und Gesellschaftern der Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH. Wir bedanken uns bei Frau Dr. Ulrike Artmeier-Brandt (Ethik-Kommission der Bayerischen Landesärztekammer) für die ethische Bewertung der Studie. Schließlich danken wir Prof. Dr. Jörg Steinmann für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

## Autorenschaft

Ralph Bertram und Laura Grebenstein sind als gleichberechtigte Erstautoren anzusehen.

## ORCID

Ralph Bertrams ORCID-ID lautet: 0000-0003-0654-6381  
Klaus Korn's ORCID-ID lautet: 0000-0003-1891-2107

## Literatur

- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, Zhao X, Huang B, Shi W, Lu R, Niu P, Zhan F, Ma X, Wang D, Xu W, Wu G, Gao GF, Tan W; China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. 2020 Feb;382(8):727-33. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017
- WHO. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. Geneva: WHO; 2019 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
- Bundesministerium für Gesundheit. Coronavirus-Pandemie: Was geschah wann? 2020 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>
- Robert Koch-Institut. COVID-19: Fallzahlen in Deutschland und weltweit. Berlin: RKI; 2022 [Accessed 2022 Oct 31]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Fallzahlen.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Fallzahlen.html)
- Loss J, Kuger S, Buchholz U, Lehfeld AS, Varnaccia G, Haas W, Jordan S, Kalicki B, Schienkiewitz A, Rauschenbach T. Infektionsgeschehen und Eindämmungsmaßnahmen in Kitas während der COVID-19-Pandemie – Erkenntnisse aus der Corona-KiTa-Studie [SARS-CoV-2 incidence, transmission, and containment measures in daycare centers during the COVID-19 pandemic-findings from the Corona Daycare Study]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2021 Dec;64(12):1581-91. DOI: 10.1007/s00103-021-03449-z
- Brady MT. Infectious disease in pediatric out-of-home child care. *Am J Infect Control*. 2005 Jun;33(5):276-85. DOI: 10.1016/j.ajic.2004.11.007
- Ashikkali L, Carroll W, Johnson C. The indirect impact of COVID-19 on child health. *Paediatr Child Health (Oxford)*. 2020 Dec;30(12):430-7. DOI: 10.1016/j.paed.2020.09.004
- Sweeney-Reed CM, Wolff D, Hörnschemeyer S, Faßhauer H, Haase A, Schomburg D, Niggel J, Kabesch M, Apfelbacher C. Feasibility of a surveillance programme based on gargle samples and pool testing to prevent SARS-CoV-2 outbreaks in schools. *Sci Rep*. 2021 Sep;11(1):19521. DOI: 10.1038/s41598-021-98849-1
- Sweeney-Reed CM, Wolff D, Niggel J, Kabesch M, Apfelbacher C. Pool Testing as a Strategy for Prevention of SARS-CoV-2 Outbreaks in Schools: Protocol for a Feasibility Study. *JMIR Res Protoc*. 2021 May;10(5):e28673. DOI: 10.2196/28673
- Kheiroddin P, Schöberl P, Althammer M, Cibali E, Würfel T, Wein H, Kulawik B, Buntrock-Döpke H, Weigl E, Gran S, Gründl M, Langguth J, Lampl B, Judex G, Niggel J, Pagel P, Schratzenstaller T, Schneider-Brachert W, Gastiger S, Bodenschatz M, Konrad M, Levchuk A, Roth C, Schöner D, Schneebauer F, Rohrmanstorfer R, Dekens MP, Brandstetter S, Zuber J, Wallerstorfer D, Burkovski A, Ambrosch A, Wagner T, Kabesch M. Results of WICOVIR Gargle Pool PCR Testing in German Schools Based on the First 100,000 Tests. *Front Pediatr*. 2021;9:721518. DOI: 10.3389/fped.2021.721518
- Dewald F, Suárez I, Johnen R, Grossbach J, Moran-Tovar R, Steger G, Joachim A, Rubio GH, Fries M, Behr F, Kley J, Lingnau A, Kretschmer A, Gude C, Baeza-Flores G, Del Valle DL, Roblero-Hernandez A, Magana-Cerino J, Hernandez AT, Ruiz-Quinones J, Schega K, Linne V, Junker L, Wunsch M, Heger E, Knops E, Di Cristanziano V, Meyer M, Hünseler C, Weber LT, Lüers JC, Quade G, Wisplinghoff H, Tiemann C, Zotz R, Jomaa H, Pranada A, Herzum I, Cullen P, Schmitz FJ, Philipsen P, Kirchner G, Knabbe C, Hellmich M, Buess M, Wolff A, Kossow A, Niessen J, Jeworutzki S, Schröpfer JP, Lässig M, Dötsch J, Fätkenheuer G, Kaiser R, Beyer A, Rybniker J, Klein F. Effective high-throughput RT-qPCR screening for SARS-CoV-2 infections in children. *Nat Commun*. 2022 Jun;13(1):3640. DOI: 10.1038/s41467-022-30664-2
- Joachim A, Dewald F, Suárez I, Zemlin M, Lang I, Stutz R, Marthaler A, Bosse HM, Lübke N, Münch J, Bernard MA, Jeltsch K, Tönshoff B, Weidner N, Kräusslich HG, Birzele L, Hübner J, Schmied P, Meyer-Bühn M, Horemheb-Rubio G, Cornely OA, Haverkamp H, Wiesmüller G, Fätkenheuer G, Hero B, Kaiser R, Dötsch J, Rybniker J; B-FAST study group. Pooled RT-qPCR testing for SARS-CoV-2 surveillance in schools - a cluster randomised trial. *EclinicalMedicine*. 2021 Sep;39:101082. DOI: 10.1016/j.eclinm.2021.101082
- Kretschmer AC, Junker L, Dewald F, Linne V, Hennen L, Horemheb-Rubio G, Kaiser R, Steger G, Joachim A, Schönenkorb J, Cosgun ZC, Mühlhans N, Heger E, Knops E, Leisse C, Kessel B, Heinsohn T, Rodiah I, Lange B, Ritter AL, Fries M, Kossow A, Nießen J, Dötsch J, Klein F, Rybniker J, Fätkenheuer G, Suárez I. Implementing the Lolli-Method and pooled RT-qPCR testing for SARS-CoV-2 surveillance in schools: a pilot project. *Infection*. 2022 Jun 27:1-6. DOI: 10.1007/s15010-022-01865-0



14. Cevik M, Marcus JL, Buckee C, Smith TC. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Transmission Dynamics Should Inform Policy. *Clin Infect Dis.* 2021 Jul;73 (Suppl 2):S170-S176. DOI: 10.1093/cid/ciaa1442
15. Centers for Disease Control and Prevention. CDC's Diagnostic Test for COVID-19 Only and Supplies. 2021 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/107943>
16. Adler T. Ein schnelles COVID-19-Dashboard. 2020 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://covid-karte.de>
17. Statista. Verteilung besorgniserregender Coronavirusvarianten (VOC) in Deutschland 2021. Status: 2022 Apr 28 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1208627/umfrage/ausbreitung-von-corona-mutationen-in-deutschland>
18. Taipale J, Romer P, Linnarsson S. Population-scale testing can suppress the spread of COVID-19 [Preprint]. *medRxiv* 2020:2020.04.27.20078329. DOI: 10.1101/2020.04.27.20078329
19. Agency for Clinical Innovation. Living Evidence – SARS-CoV-2 variants. 2022 [Accessed 2022 Aug 9]. Available from: <https://aci.health.nsw.gov.au/covid-19/critical-intelligence-unit/sars-cov-2-variants>

**Korrespondenzadresse:**

Dr. Ralf Schabik  
Wirtschaftskraft Nürnberger Land GmbH,  
Oskar-Sembach-Ring 10, 91207 Lauf a.d. Pegnitz,  
Deutschland, Tel.: +49 9123 1573 961  
rs@wirtschaftskraft-nl.de

**Bitte zitieren als**

*Bertram R, Grebenstein L, Gualdi S, Seibold B, Birkmann R, Korn K, Bisping J, Schabik R. Detection of asymptomatic SARS-CoV-2 infections in daycare centers, schools, and companies for regional pandemic containment by a PCR testing laboratory cooperative between July 2021 and June 2022. GMS Hyg Infect Control. 2022;17:Doc22. DOI: 10.3205/dgkh000425, URN: urn:nbn:de:0183-dgkh0004254*

**Artikel online frei zugänglich unter**

<https://doi.org/10.3205/dgkh000425>

**Veröffentlicht:** 06.12.2022

**Copyright**

©2022 Bertram et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.