

3. Teil: Teststrategien

*Menno Baumann, Markus Beier, Melanie Brinkmann, Dirk Brockmann,
Heinz Bude, Clemens Fuest, Denise Feldner, Michael Hallek,
Ilona Kickbusch, Maximilian Mayer, Michael Meyer-Hermann,
Andreas Peichl, Elvira Rosert, Matthias Schneider*

Toolbox #6: Intelligente Teststrategien

Derzeit werden Öffnungsszenarien diskutiert, die in Anbetracht der neuen Virusvarianten, steigender Fallzahlen und einer geringen Impfquote der Bevölkerung kritisch bewertet werden müssen. Die mühsam erkämpften Erfolge der vergangenen Monate, die durch hohe und langandauernde Einschränkungen des gesellschaftlichen Lebens erreicht wurden, könnten in dieser Situation durch Öffnungen, die zu einer Zunahme infektiöser Kontakte führen, innerhalb kürzester Zeit neutralisiert werden. Die ohnehin schon hohen Todeszahlen würden wieder steigen. Öffnungen werden in dieser Situation nur verantwortlich möglich sein, wenn der ‚R-Wert‘ dauerhaft unter 1 gehalten werden kann.

Wie könnten in dieser Situation Öffnungen von Schulen, Einzelhandelsbetrieben, Restaurants oder Kulturbereichen sicher realisiert werden? Die No-COVID-Strategie sieht hierzu ein regional differenziertes Vorgehen vor. Umfassende Öffnungen sind möglich, wenn die Risikoinzidenz in einer bestimmten Region sehr niedrig ist, optimalerweise Null. In Regionen mit höheren Risikoinzidenz-Werten müssten bei Öffnungen kompensatorische Maßnahmen eingeführt werden, um eine unkontrollierte Pandemieentwicklung zu verhindern und die Zahl der Neuinfizierten wirksam zu senken. Neben der Aufrechterhaltung der bekannten AHAL Regeln wären beispielsweise folgende Maßnahmen zur Ergänzung geeignet:

- Effizientere und damit schnellere Kontaktnachverfolgung;
- Intelligente Testkonzepte und deren Ausweitung (Kombination aus PCR-Tests und Antigen-Schnelltests);
- Die Integration von Antigen-Schnelltests in die Kontaktnachverfolgung;
- Zügiges Impfreime.

Eine Möglichkeit, das Infektionsgeschehen einzudämmen, wäre ein **breit angelegtes Public Health-Screening, bevorzugt** in Regionen mit hohen Inzidenzen. Dieses besteht in der systematischen, wiederholten Testung von relevanten Teilen der Bevölkerung. Eine ressourcenschonendere, aber sehr effektive Form dieses Ansatzes wäre die **Testung von kontextabhängigen, wesentlichen Kontaktnetzwerken**, zu denen Bildungseinrichtungen und das Arbeitsumfeld gehören. Kontaktnetzwerke und Mobilitätsnetzwerke sind durch einfache Abläufe bestimmt: wochentags ist die Mobilität am höchsten. 80% der Wege verbinden Haushalte (Familien) mit Schulen und mit Arbeitsplätzen. Nur etwa 20% der Mobilität ist hingegen „diffus“ (z.B. Einkaufen, ÖPNV, Friseur, Ausflüge). Wenn sich die Endpunkte der 80% mit Tests abdecken ließen, dann würden diese Teile der Mobilität effektiv aus dem Infektionsgeschehen herausgenommen. Damit könnten potenzielle Infektionswege sehr effizient abgeschnitten werden.

Auch **Antigen-Schnelltests** sind bei breiter, regelmäßiger und in ein Testkonzept eingebundener Anwendung ein wirksames Mittel, um Infektionsketten zu unterbrechen. Dabei spielt es keine wesentliche Rolle, dass Antigen-Schnelltests weniger empfindlich sind als PCR-Tests, da die schnellen Ergebnisse und die Frequenz der Tests diesen Nachteil ausgleichen können.¹ Ferner können sie selbstständig durchgeführt werden und erkennen auch ansteckende Personen ohne Symptome.

Für die hier vorgeschlagenen Maßnahmen zur Ausweitung des Testens in Deutschland müssten umgehend folgende Voraussetzungen geschaffen werden:²

- Ausdehnung der RKI-Testleitlinien hin zum proaktiven Testen (d.h. Testen von Personen mit besonderem Risiko oder bei Auftreten von minimalen Symptomen sowie alle Kontakte 1. Grades);
- Implementierung von Antigen-Schnelltests in das Testregime (dazu gehören die Klärung der finanziellen, organisatorischen und rechtlichen Aspekte ihrer Implementierung als Public Health-Maßnahme, die Sicherung der Produktionskapazitäten durch staatliche Abnahmegarantien, Erleichterung der Probennahme, Zulassung zur Selbsttestung, leichte und kostengünstige Zugänglichkeit);
- Bereithaltung ausreichender PCR Testkapazität für Bestätigungs-PCRs und Pool-PCRs;
- Motivierende Kommunikation, Aufklärung über Ziel und Zweck des Testens sowie die korrekte Anwendung.

Bei Anwendung intelligenter Teststrategien erscheinen Öffnungen in Bildungs- und Betreuungseinrichtungen, in Unternehmen, in kulturellen und sozialen Bereichen grundsätzlich möglich. Ein Szenario für ein mögliches Testkonzept in Schulen ist in Kapitel 4.2 zu finden. Ohne die Implementierung intelligenter Teststrategien halten wir Öffnungen zu diesem kritischen Zeitpunkt der Pandemie für kontraproduktiv und schädlich. Auch große finanzielle Investitionen zur Umsetzung von Teststrategien lohnen sich, weil dadurch Infektionsketten verhindert werden, und damit ein wichtiger Beitrag geleistet wird, weitere Lockdowns, massenhafte Quarantänen sowie Betriebs- und Schulschließungen zu verhindern.

Die Tabelle 1 fasst die in dieser Toolbox erwähnten Teststrategien zusammen, gibt eine Schätzung der jeweils notwendigen nationalen Testkapazitäten (pro Woche) und ordnet die verschiedenen Testansätze in einen größeren Kontext ein.

Die Umsetzung von lokal angepassten Teststrategien fordert Mut, Kreativität und Pragmatismus; diese Haltung erscheint wichtiger als das Streben nach vollkommenen und fehlerlosen Lösungen. Jede Strategie hat gewisse Stärken und Schwächen, aber jede der Strategien ist besser als keine Strategie.

¹ Antigen-Schnelltests zeigen bei hohen, d. h. ansteckungsrelevanten Virusmengen eine Sensitivität von über 90%. Siehe Appendix 1 für weitere Informationen zu Antigen-Schnelltests.

² Weitere Details zur Empfehlung von Sofortmaßnahmen siehe Kapitel 5.

Tabelle 1: Strategische Testszzenarien

Test-Ansatz	Testziel	Testtypen/ Kombination ^a	Testvolumen pro Woche (Schätzung deutschlandweit ^b)	Einordnung/ Bewertung
Teststrategien über alle Kontaktnetzwerke hinweg				
1. Minimal-symptomatisches Testen ^c	Genereller Einsatz: Neue Fälle früh erkennen durch Testen auch bei unspezifischen Symptomen	Antigen-Schnelltest; aufgrund hoher Aussagekraft ist Bestätigungs-PCR bei positivem Antigen-Schnelltest hier nur optional	Antigen-Schnelltests: ca. 6 Mio; Bestätigungs-PCR (optional): ca. 30.000-46.000	Sofort umsetzbar. Sollte umgesetzt werden.
2. Public- Health Screening	Eher in Roten Zonen: Hohe Inzidenzen über Selbsttests (2x/Woche) unter maximaler Beteiligung der Bevölkerung in wenigen Wochen absenken	Antigen-Schnelltest aller Personen Bestätigungs-PCR bei allen positiven Antigen-Schnelltests	Antigen-Schnelltests: bis zu 164 Mio; Bestätigungs-PCR: bis zu 820.000-1.260.000 ^d	Schnellster Weg, um alle Kreise auf eine Risikoinzidenz von Null in kurzer Zeit zu bringen. Kapazitäten müssten dazu ausgeweitet werden. Klare Kommunikation notwendig.
Gezielte Untersuchung kontextabhängiger Kontakt-Netzwerke zur Durchtrennung von Infektionsketten				
3. Strategisches Testen in Schulen	Regelmäßige Testung (2x/Woche) von Schülern und Lehrern	Antigen-Schnelltest plus Bestätigungs-PCR oder gepoolte PCR asymptomatischer Personen	Schulen: Antigen-Schnelltests: ca. 20 Mio; Bestätigungs-PCR: ca. 100.000-154.000 oder gepoolte PCR: 2-2,6 Mio	Kapazitäten sind vorhanden. Umsetzungsplan braucht Zeit und Fokus. Schulöffnungen ohne Tests sind nicht zu empfehlen.
4. Strategisches Testen in Kitas	Regelmäßige Testung (2x/Woche) von Erziehern und Eltern, idealerweise auch der Kinder	Antigen-Schnelltest plus Bestätigungs-PCR oder gepoolte PCR asymptomatischer Personen	Kitas: Antigen-Schnelltests: ca. 12 Mio Bestätigungs-PCR: ca. 60.000-92.000 oder gepoolte PCR: 1,2-1,56 Mio	Kapazitäten sind vorhanden. Umsetzungsplanung braucht Zeit und Fokus. Kitaöffnungen ohne Tests sind nicht zu empfehlen.
5. Strategisches Testen in Betrieben	Regelmäßige Testung (2x/Woche) von Mitarbeitern in Betrieben	Antigen-Schnelltest plus Bestätigungs-PCR oder gepoolte PCR asymptomatischer Personen	Betriebe: Antigen-Schnelltests: ca. 1 Mio ^e Bestätigungs- PCR: ca. 5.000-8.000 gepoolte PCR: 0,1-0,13 Mio	Sofort umsetzbar. Sollte umgesetzt werden.

Anmerkungen zur Tabelle 1: Strategische Testscenarien

- ^a Sofern RT-LAMP-Schnelltests oder andere neue Testverfahren zugelassen sind und in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, können diese Antigen-Schnelltests bzw. PCR-Tests ersetzen. Hauptkriterien für die erste Teststufe sind die kurze Dauer bis zum Vorliegen des Ergebnisses, niedrige Testkosten und beherrschbare Logistik. Hauptkriterien für die zweite Stufe sind eine hohe Spezifität und hohe Sensitivität.
- ^b Das angegebene Intervall entspricht 0,0% bis 0,3% der Bevölkerung akut im ansteckenden Zeitfenster, also in etwa einer 7-Tage-Inzidenz von zwischen 0 und 75/100.000 bei einer Dunkelziffer von 4x (diese enthalten z. B. asymptomatische und präsymptomatische Fälle, die bisher in der Statistik fehlen). Annahmen Antigen-Schnelltests: Sensitivität für das Entdecken von hoch-ansteckenden Virusträgern: 90%, Spezifität für das Finden von Nicht-Virusträgern: 99,5%. Annahmen PCR-Pooling: 10x Pools, Testzahl pro Person durch Pool-Auflösung von Inzidenz abhängig zwischen 0,1 und 0,13 (Klenske, Ir J Med Sci., 2020). Bei Interesse an Zahlen auf Bundesland- oder Kreisebene können die Zahlen entsprechend der Bevölkerung herunterskaliert werden.
- ^c Definition der Minimal-Symptomatik: Kopfschmerzen, Rückenschmerzen, Gliederschmerzen, Müdigkeit, "Halskratzen", Bauchschmerzen mit oder ohne Übelkeit und Durchfall
- ^d Diese Maximalzahl wäre nur nötig, wenn alle deutschen Landkreise gleichzeitig in entsprechend hohe Inzidenzen kommen, und auch nur für den Zeitraum von wenigen Wochen, um wieder zu niedrigen Inzidenzen (z. B. unterhalb von 100/100.000) zu kommen
- ^e Diese Zahl ergibt sich aus Anzahl in deutschen Betrieben mit mehr als 250 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (ca. 11 Mio. in 16.600 Betrieben) sowie den empirischen Erfahrungen aus der Testpraxis in Unternehmen, die bereits maßgeschneiderte intelligente Testkonzepte implementieren. Daraus ergibt sich für viele Betriebe, dass strategisches, datengestütztes und selektives asymptomatisches Testen von ca. 10% der Mitarbeiter*innen verbunden mit konsequenter Selbstisolation ausreichen könnte, um Betriebe als Grüne Zonen zu bewahren.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung zur Toolbox #6: Intelligente Teststrategien	1
1.1	Der Schlüssel zum Erfolg: Proaktives und zielgerichtetes Testen.....	1
1.2	Aktiver Beitrag der Bevölkerung durch Selbsttests: gemeinsame Bewältigung der Pandemie	2
2	Allgemeine und zonenspezifische Ziele der No-COVID-Teststrategien	2
2.1	Grundsätzliche Ziele	3
	Reduktion der Zeit zwischen Infektion und Isolierung.....	3
	Ermöglichung essenzieller Mobilität und Aktivität zwischen Roten und Grünen Zonen	4
2.2	Teststrategien für Rote Zonen.....	5
	Schutz für vulnerable Personen und für Personen mit hohem Expositionsrisiko	6
	Zügige Senkung der Fallzahlen in der Gesamtbevölkerung.....	6
2.3	Teststrategien für Grüne Zonen	7
	Schutz vor Neueintragen durch Einreisende	7
	Frühzeitige Detektion von Ausbrüchen und deren Management	7
3	Kommunikation der Teststrategien	8
4	Testen in essenziellen Kontaktnetzwerken	9
4.1	Testen und Mobilität.....	9
4.2	Teststrategien für Bildungs- und Betreuungseinrichtungen	11
5	Empfohlene Sofortmaßnahmen	15
	Appendix 1: Ergänzende Informationen zu Antigen-Schnelltests.....	17
	Appendix 2: Überlegungen zum Abwasserscreening.....	19

Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Menno Baumann (Pädagogik, Fliedner-Fachhochschule Düsseldorf)
Dr. Markus Beier (Medizin, Allgemeinmediziner, Vorsitzender Bayerischer Hausärzteverband)
Prof. Dr. Melanie Brinkmann (Virologie, Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung Braunschweig)
Prof. Dr. Dirk Brockmann (Physiker, Humboldt Universität Berlin)
Prof. Dr. Heinz Bude (Soziologie, Universität Kassel)
Prof. Dr. Dr. h.c. Clemens Fuest (Ökonomie, ifo Institut und LMU München)
Ass. jur. Denise Feldner, M.B.L. (Jura, Technologierecht, Crowdhelix/KU Leuven Germany)
Prof. Dr. Michael Hallek (Medizin, Internist, Klinik I für Innere Medizin, Universität zu Köln)
Prof. Dr. Dr. h.c. Ilona Kickbusch (Global Public Health, Graduate Institute Geneva, WHO-Beraterin, GPMB)
Prof. Dr. Maximilian Mayer (Politikwissenschaft, CASSIS, Universität Bonn)
Prof. Dr. Michael Meyer-Hermann (Physik, Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung Braunschweig)
Prof. Dr. Andreas Peichl (Ökonomie, ifo Institut und LMU München)
Prof. Dr. Elvira Rosert (Politikwissenschaft, Universität Hamburg/IFSH)
Prof. Dr. Matthias Schneider (Physik, TU Dortmund)

Weitere Autor*innen und Mitwirkende

Alexander Beisenherz, Rapidtests.de, Facharzt für Psychiatrie und Psychotherapie
Dr. Jonas Binding, Rapidtests.de
Vincent Brunsch, New England Complex Systems Institute
Dr. med. Claudia Denking, Universitätsklinik Heidelberg
Florian Dorn, ifo Institut München
Prof. Dr. Isabella Eckerle, Universitätsklinikum Genf, Schweiz
Christian Erdmann, Rapidtests.de
Prof. Dr. Gerd Fätkenheuer, Universitätsklinikum Köln
Roland Göhde, Vorstandsvorsitzender, GHA – German Health Alliance
Nikolaus Kolb, Rapidtests.de
Prof. Dr. Markus Landthaler, Max-Delbrück Centrum Berlin
Dr. Berit Lange, Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung Braunschweig
Prof. Dr. Anna Katharina Mangold, Europa-Universität Flensburg
Dr. Andreas Poensgen, Corporate Development & Investor
Maike Voss, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin
Dr. Emanuel Wyler, Max-Delbrück Centrum Berlin

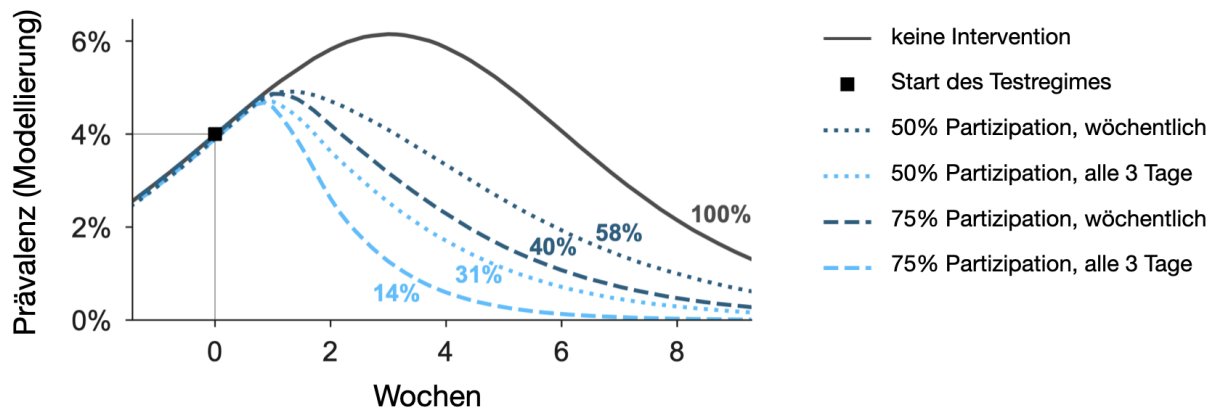
Für die Unterstützung bei der Fertigstellung des Manuskripts danken wir Pauline Helms.

1 Einleitung zur Toolbox #6: Intelligente Teststrategien

1.1 Der Schlüssel zum Erfolg: Proaktives und zielgerichtetes Testen

Das Testen auf SARS-CoV-2 ist ein entscheidendes Werkzeug zur Kontrolle der Pandemie. Es verfolgt zwei Hauptziele: erstens die **Fallzahlen zu senken** und zweitens, sobald dies gelungen ist, den **Wiederanstieg der Fallzahlen zu verhindern** und Ausbrüche schnellstmöglich zu erkennen und zu kontrollieren. Dies geschieht, indem Infektionen durch **proaktives Testen** frühzeitig erkannt werden und infizierte Personen sich selbst isolieren, bevor sie die Infektion weitergeben können. Damit das Testen als Instrument seine volle Wirkung entfalten kann, muss es **häufig, breitflächig** und **niedrigschwellig** erfolgen und gleichzeitig durch **strategische Testkonzepte zielgerichtet – und verbunden mit einer atmenden digitalen Architektur – eingesetzt werden**.

Abbildung 1: Effekte des Public-Health-Screenings auf den Pandemieverlauf in Abhängigkeit von der Testfrequenz und Partizipation



(Larremore et al., Sci Adv, 2021). Selbst wenn nur 50% der am Public-Health-Screening Teilnehmenden nach einem positiven Testergebnis mit Selbstisolation reagieren, wird die Welle innerhalb von weniger als zwei Wochen gebrochen (gepunktete Kurven).³

³ Detaillierte Erklärung zur Grafik siehe Appendix 1.

1.2 Aktiver Beitrag der Bevölkerung durch Selbsttests: gemeinsame Bewältigung der Pandemie

Der Kern der No-COVID-Strategie ist es, effizientere Maßnahmen zur Pandemiebewältigung zu implementieren, sowie der Gesellschaft mit all ihren unterschiedlichen Akteuren zu ermöglichen, aktiv dazu beizutragen. Zu der Einhaltung von AHAL-Regeln kommen die **Selbsttests**⁴ als eine zentrale, innovative und effektive Möglichkeit hinzu, einen solchen Beitrag zu leisten. Dabei geht es grundsätzlich um die **Verankerung des Testens als natürlichen Bestandteil von Alltagsroutinen und Mobilitätsmustern**. Das Selbsttesten betont besonders die Bedeutung des aktiven Mitwirkens von Bürger*innen, Betrieben und Institutionen für die gemeinsame Bewältigung der Pandemie. Wer sich wiederholt und korrekt testet, handelt verantwortlich und hilft aktiv mit, die Verbreitung des Virus zu verhindern. Denn wer positiv getestet wurde und umfassend informiert ist, kann sich rasch und zuverlässig bis zur Bestätigungstestung isolieren und damit Infektionsketten durchbrechen (Abbildung 1).

Im Folgenden legen wir zunächst übergreifende Strategien, Zielsetzungen und Prinzipien des Testens dar. Anschließend differenzieren wir sie für Rote und Grüne Zonen aus. Zuletzt werden Teststrategien für unterschiedliche Anwendungsbereiche des Alltags (z. B. Schulen, Betriebe) erläutert. Die **Appendizes** enthalten zudem ergänzende Informationen zu Antigen-Schnelltests (Appendix 1) sowie Überlegungen zum Abwasserscreening (Appendix 2).

Um die Ziele der No-COVID-Strategie zu erreichen, müssen die hier entwickelten Vorschläge des strategischen Testens mit weiteren flankierenden Maßnahmen kombiniert werden, etwa mit der Reduktion von Kontakten, mit Hygienekonzepten, effizienter digitaler Kontaktnachverfolgung und zügiger Impfung.

2 Allgemeine und zonenspezifische Ziele der No-COVID-Teststrategien

Die No-COVID-Teststrategien verfolgen (1) grundsätzliche Ziele, die unabhängig vom Status der jeweiligen Zone gelten, sowie (2) spezifische Ziele für Rote und Grüne Zonen, die sich wiederum auch nach Einsatzbereich unterscheiden. Diese Zielsetzungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst und werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

⁴ Selbsttest: die Probeentnahme und Testdurchführung erfolgen durch den Betroffenen selbst (oder im Falle von Kindern durch die Eltern).

Tabelle 2: Ziele der No-Covid Teststrategien

Grundsätzliche Ziele der No-COVID-Teststrategie <ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Zeit zwischen Infektion und Isolierung • Ermöglichung essenzieller Mobilität und Aktivität zwischen Roten und Grünen Zonen 	
Ziele in der Roten Zone <ul style="list-style-type: none"> • Schutz für vulnerable Personen und für Personen mit hohem Expositionsrisiko • Zügige Senkung der Fallzahlen in der Gesamtbevölkerung 	Ziele in der Grünen Zone <ul style="list-style-type: none"> • Schutz vor Neueintragen durch Einreisende • Frühzeitige Detektion von Ausbrüchen und deren Management

2.1 Grundsätzliche Ziele

Tests dienen dazu, die Zeit zwischen Infektion und Isolierung zu reduzieren (siehe auch TB 3 “Test-Trace-Isolate”, Papier Handlungsoptionen) sowie essenzielle Mobilität und essenzielle Aktivitäten zu ermöglichen (siehe auch TB 1 “Grüne Zonen” und TB 4 “Wirtschaft und Arbeitsmarkt”).

Reduktion der Zeit zwischen Infektion und Isolierung

Bedeutung der Selbstisolierung: Wichtig ist es, auf die Bedeutung der Selbstisolierung als wirksames und erstes Mittel zur Pandemie-Bekämpfung hinzuweisen: Im Zweifelsfall sollte die symptomatische Person sich unmittelbar zu Beginn der Symptome und während ihrer gesamten Dauer selbst isolieren, weil alle Tests falsch negativ ausfallen können (Woloshin et al., N Engl J Med 2020).

Minimalsymptomatisches Testen: Bei minimalen Symptomen⁵ soll unverzüglich die symptomatische Person getestet werden (z. B. durch einen Selbsttest zu Hause). Ist dieser Test positiv, sollte sofort mit der Selbstisolation begonnen und schnellstmöglich mit einem PCR-Test nachgetestet werden (zur Diagnosebestätigung und Meldung des Falles). Ist der Antigen-Schnelltest negativ, ist mindestens eine weitere Testung (Antigen-Schnelltest oder PCR) am Folgetag notwendig.

⁵ Definition Minimal-Symptomatik: Kopfschmerzen, Rückenschmerzen, Gliederschmerzen, Müdigkeit, “Halskratzen”, Bauchschmerzen mit oder ohne Übelkeit und Durchfall. Bei eindeutigeren Symptomen wie Husten, Fieber, Halsschmerzen oder Geruchs-/Geschmacksverlust sollte sofort die Isolation sowie der PCR-Test erfolgen.

Infrastrukturen für Bestätigungstests: Es sollten flächendeckende Infrastrukturen aus- und aufgebaut werden, welche einen schnellen, kostenlosen und unkomplizierten Zugang zu einem PCR-Bestätigungstest nach einem positiven Schnelltest sicherstellen. In ländlichen Regionen wären dies bspw. dezentrale/mobile PCR-Einheiten.

Verknüpfung zu TTI (siehe TB 3): Häusliches Selbsttesten sollte organisatorisch in die jeweiligen lokalen Test-Trace-Isolation (TTI)-Prozesse eingebunden sowie kommunikativ begleitet werden (Informationskampagne national und vor Ort).

Kontaktbasiertes Testen nach Kategorien⁶: Kontaktpersonen der Kategorie 1 bestätigter COVID-19 Fälle erhalten während der Quarantäne ein Testangebot (sofort bei der Identifikation des Indexfalles sowie an Tag 6-8 nach dem Kontakt). Kontaktpersonen der Kategorie 2 bestätigter COVID-19 Fälle erhalten, zusätzlich zu den geltenden ÖGD-Auflagen, 5 Selbsttests zur täglichen Nutzung (Quilty et al., *The Lancet*, 2021).

Digitalisierung: Zwischen der begleitenden digitalen Architektur von Antigen-Schnelltests, Location-Tracing Apps (z. B. Luca App, QR-Code System) und SORMAS sollten dringend Schnittstellen geschaffen werden, um die Testergebnisse unmittelbar und flächendeckend in der Pandemieüberwachung und in der Kontaktverfolgung des ÖGD nutzen zu können.

Ermöglichung essenzieller Mobilität und Aktivität zwischen Roten und Grünen Zonen

Tests ermöglichen Mobilität und damit essenzielle Aktivitäten wie die Ausübung des Berufs, den Besuch von Bildungseinrichtungen und notwendige soziale Kontakte, etwa Besuche von pflegebedürftigen Angehörigen. Durch Homeoffice-Regelungen lässt sich nur ein Teil des Berufsverkehrs zwischen Grünen und Roten Zonen vermeiden – ein weiterer Teil jedoch, der die unbedingte Anwesenheit am Arbeitsplatz erfordert, wird weiterhin stattfinden müssen. Dieser essenzielle Berufsverkehr lässt sich neben einer Reihe von Richtlinien für Pendler*innen durch eine Kombination von zwei Testarten für Pendler*innen absichern und ermöglichen: Antigen-Schnelltests zu Hause und Antigen-Schnelltests bzw. PCR-(Pool)-Tests am Arbeitsplatz. Gleiches gilt für den Besuch von Bildungseinrichtungen. Für essenzielle Kontakte im sozialen Bereich sind ebenfalls Antigen-Schnelltests zielführend.

Heimtests: Das Selbsttesten stellt eine Ergänzung zum Testen am Arbeitsplatz respektive Bildungseinrichtungen dar. Pendler*innen, Schüler*innen, Student*innen testen sich selbst zu Hause (z. B. mit Antigen-Schnelltests, zwei Mal pro Woche). Weil diese Tests vor Verlassen des Hauses erfolgen, vermindern sie die Übertragungsfahr bei der Anreise, insbesondere im ÖPNV, aber auch beim

⁶ https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Kontaktperson/Management.html, 16.2.2021.

Betreten der Ausbildungs- oder Arbeitsstätte. Eine digitale Erfassung der Testergebnisse ist empfehlenswert (QR-Code System).

Tests am Arbeitsplatz und in Bildungseinrichtungen: Essenzieller Berufsverkehr zwischen Grünen und Roten Zonen, der trotz Homeoffice-Priorisierung unvermeidbar ist, kann durch tägliches Testen, ggf. auf Initiative der Arbeitgeber, ermöglicht werden (tägliche Antigen-Schnelltests oder/und PCR-Test-Pooling). Darüber hinaus sind für die Pendler*innen eine Reihe von Auflagen zu beachten, wie z. B. stets den direkten Weg von Wohnort zum Arbeitsplatz zu suchen. Einkäufe z. B. sollten also in der eigenen Zone getätigt werden. Arbeitgeber bzw. Bildungseinrichtungen testen die Beschäftigten sowie Schüler*innen/Student*innen vor Ort, um andere Beschäftigte und Schüler*innen/Student*innen zu schützen und eventuelle Versäumnisse bei Heimtests zu kompensieren. Hier bieten sich tägliche Antigen-Schnelltests oder/und PCR-Pool-Tests an.

Überprüfbarkeit: Dringend notwendig erscheint in diesem Kontext die Einführung einheitlicher QR-Codes und eine digitale Architektur (Location-Tracing-Systeme, wie z.B. die Luca App), welche die datenschutzkonforme Meldung und Überprüfung möglichst aller Testergebnisse erlaubt.

Akzeptanzsteigerung: Die Öffnung der Kultur- und Dienstleistungssektoren sollte an kluge Antigen-Schnelltestkonzepte, angepasste Hygienekonzepte und digitale Location-Tracing-Systeme (z. B. Luca App, QR-Code System) geknüpft werden. Diese Konzepte zur Vermeidung von Infektionen sind im eigenen Interesse der Kultur- und Dienstleistungssektoren.

2.2 Teststrategien für Rote Zonen

In **Roten Zonen** dienen Tests dazu, vulnerable Personen zu schützen und die Gesamtzahl von Neuinfektionen sowie nicht erkannter und asymptomatischer Infektionen (d. h. Dunkelziffer) möglichst schnell abzusenken. Hier fokussiert sich das Testen auf (i) Hochrisikogruppen und deren Umgebung, (ii) breites Public-Health-Screening⁷ von Personengruppen mit vielen unvermeidbaren Kontakten (z. B. Schüler*innen, Student*innen, Berufstätige in Präsenz mit hohem Ansteckungsrisiko), und (iii) geografische Bereiche mit besonders hoher Inzidenz (Hot Spots).

⁷ Public-Health-Screening: “Screening is the process of identifying healthy people who may be at increased risk of disease or condition. The screening provider then offers information, further tests and treatment. This is to reduce associated risks or complications” (UK National Screening Committee <https://www.gov.uk/guidance/nhs-population-screening-explained>). <https://www.healthknowledge.org.uk/public-health-textbook/disease-causation-diagnostic/2c-diagnosis-screening/principles-methods-applications>, 25.2.21.

Schutz für vulnerable Personen und für Personen mit hohem Expositionsrisiko

Vulnerable Personen⁸: Da Personen in Altenpflegeeinrichtungen derzeit bevorzugt geimpft werden und für sie das Risiko sukzessive sinkt, sind die hier angeführten Schutztests künftig besonders für die vielen vulnerablen Bürger*innen von Bedeutung, die außerhalb dieser Einrichtungen leben, denn institutionalisierte Testkonzepte greifen für sie nicht. Schutztests sind in diesem Bereich essenziell für die Risikominimierung und sollten mit den besten verfügbaren und bezahlbaren Tests durchgeführt werden. Das Testen der direkten und unvermeidbaren Kontakte der vulnerablen Personen (z. B. häusliche Pflege, Friseur, Fußpflege, Familienbesuche) sollte hier durch eigenständige und proaktive Durchführung von Antigen-Schnelltests erfolgen. Vulnerablen Menschen sowie grundsätzlich allen Haushalten, in denen über 50-Jährige leben, sollten regelmäßig FFP-2-Masken sowie 20er-Schnelltest-Kits mit klaren, einfach nachzuvollziehenden Anwendungshinweisen zugeschickt werden.

Personen mit hohem Expositionsrisiko: Für Personen mit hohem Expositionsrisiko sollten Teststrategien zum Schutz vor Ansteckung am Arbeitsplatz (Krankenhäuser, Pflegeheime, bekannte Hochrisiko-Industrien wie Logistikunternehmen und Fleischverarbeitungsbetriebe) oder am Lebensort (z. B. Flüchtlingsheime, Obdachlose) verbindlich durchgeführt werden.

Zügige Senkung der Fallzahlen in der Gesamtbevölkerung

Public-Health-Screening: Mit dem Ziel, das Infektionsgeschehen schnell einzudämmen, sollte bei hoher Inzidenz prophylaktisch und breit getestet werden (z. B. mit Antigen-Schnelltests, PCR/RT-LAMP-basierter Pool-Testung), um möglichst viele infektiöse Personen schnell aufzuspüren und frühzeitig zu isolieren (Larremore et al., *Sci Adv*, 2021). Die wöchentlichen Kosten dieser Maßnahmen lägen Schätzungen zufolge bei einem Bruchteil der Kosten des aktuellen bundesweiten Lockdowns.⁹ Solche Testungen sollten – über einen begrenzten Zeitraum von wenigen Wochen – zweimal pro Woche dezentral zu Hause oder organisiert in Betrieben, Behörden, Flüchtlingsunterkünften, Kitas und Schulen u. ä. stattfinden. Bei einer angenommenen Partizipation von 50% wäre der epidemiologische Effekt dieser Intervention etwa so stark wie der Effekt des Lockdowns von Mitte Dezember 2020 bis Februar 2021 (Larremore et al., *Sci Adv*, 2021).

Um die Effizienz der Teststrategie zu steigern, kann das Testen auf wesentliche Bereiche (z. B. Schulen, bestimmte Betriebe) des gesellschaftlichen Lebens konzentriert werden. Dies wird umfassend in Kapitel 4 zum **Testen in essenziellen Kontaktnetzwerken** erläutert.

⁸ Definition vulnerable Personen: Personen mit erhöhtem Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf. Dies entspricht in Deutschland etwa 40% der Bevölkerung (RKI: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/02_21.pdf?__blob=publicationFile).

⁹ Ein Screening mit 50% Partizipation 2 Mal pro Woche erfordert 83 Mio Tests pro Woche. Die Angaben zum Einkaufspreis der Tests liegen aktuell bei 1,40 Euro bis 4 Euro. Das ergibt Kosten pro Woche zwischen 0,1 und 0,3 Mrd. Euro. Die Schätzungen für die direkten Kosten des aktuellen Lockdowns schwanken zwischen 1,5 und 3 Mrd. Euro (Wollmershäuser, *ifo Schnelldienst digital*, 2021, Wollmershäuser et al., *ifo Schnelldienst*, 2020). Somit betragen die Testkosten 3,9-7,7% (11-22%) der Lockdownkosten bei niedrigen (hohen) Kosten pro Test.

Monitoring: Der systematische Einsatz diverser Testmethoden ist vorteilhaft, um eine bessere Datengrundlage zu Verbreitungswegen des Virus sowie individualisierte Risikoeinschätzungen zu erzeugen. Um diesen Zweck zu erfüllen, muss das bestehende Meldesystem um verbesserte, digitalisierte Datenerhebung ergänzt werden.

2.3 Teststrategien für Grüne Zonen

In **Grünen Zonen** helfen Tests dabei, Neueintragen und Ausbrüche zu verhindern sowie alle Infektionsketten lückenlos nachzuverfolgen, um die Inzidenzen sehr niedrig und die Risikoinzidenz bei null zu halten. Dabei müssen die unterschiedlichen Testkonzepte und Testmethoden so kombiniert werden, dass sie zu den jeweiligen Einsatzorten passen (z. B. Hot Spots, Schulen, Betriebe).

Risikoinzidenz

Nur für das Infektionsgeschehen relevante Fälle, wie Infektionen unbekanntem Ursprungs, fließen in die Bewertung des Zustands ein.

Schutz vor Neueintragen durch Einreisende

Quarantäne: Den größten Schutz bieten Einreisequarantänen mit Monitoring und Begleitung aller Menschen, die aus nicht-Grünen Zonen in Grüne Zonen einreisen. Lässt sich Quarantäne zu Hause oder in Quarantäne-Hotels nicht realisieren, müssen die eingereisten Personen im Zeitraum von 10 Tagen mehrfach getestet werden (z. B. mit täglichen häuslichen Antigen-Schnelltests). Für Testansätze für Berufspendler*innen siehe oben unter "Tests am Arbeitsplatz".

Frühzeitige Detektion von Ausbrüchen und deren Management

Ausbau von Frühwarnsystemen: Die bestehende Surveillance von symptomatischen Personen mit Atemwegserkrankungen könnte durch Frühwarnsysteme ergänzt werden. Bestehende Systeme der syndromischen Surveillance (z. B. RKI-GrippeWeb) könnten dabei weiterhin genutzt und auf Kindergärten und Schulen ausgeweitet werden.¹⁰ Zusätzlich können **Abwasserscreenings** (siehe Appendix 2) auf die Menge SARS-CoV-2 (mittels RT-qPCR-Testung) permanent und unabhängig von der Inzidenz durchgeführt werden. Durch Abwasserscreening können Anstiege der Infektionszahlen frühzeitig erkannt werden (Wu et al. 2020). Damit können neue Infektionsherde in der Bevölkerung

¹⁰ Wichtig wäre eine Ausweitung der bereits bestehenden Sentinel-Surveillance für respiratorische Erreger sowohl auf Seiten der teilnehmenden Praxen als auch auf Seiten der Labore. Praxen, die sich hier beteiligen, sollten besser vergütet werden und der Pool an Praxen, ebenso wie die Anzahl der eingesendeten Proben sollte deutlich erhöht werden.

identifiziert werden. Durch Hochdurchsatzsequenzierung kann die Verteilung von Virusvarianten erfasst werden¹¹.

Cluster-Eingrenzung: Die Durchführung von **lokalen Testaktionen** mittels PCR-Pooling oder Antigen-Schnelltests ermöglicht, Infektionsherde in großen Gruppen bzw. Ansammlungen zu erkennen. Diese Methode kann nützlich sein, um sich schnell und zuverlässig einen Überblick über ein neues Ausbruchsgeschehen in einer Schule oder einem Betrieb zu verschaffen. Sollten PCR-Tests nur mit mehr als einem Tag Bearbeitungszeit verfügbar sein, empfehlen sich stattdessen Antigen-Schnelltests, da die Schnelligkeit der Ergebnisse hier in Bezug auf Folgeinfektionen entscheidender ist als die Testsensitivität (Larremore et al., *Sci Adv*, 2021).¹²

Mobile Teams: Bei großen Ausbrüchen können **mobile Ausbruchs-Management-Teams** lokale Testaktionen unterstützen, inklusive der Verteilung von Schnelltest-Kits und ggf. Schulung zur Selbstanwendung.

Sicherstellung der kritischen Infrastruktur: Auch in Zeiten mit niedriger Inzidenz müssen Personen, die in Bereichen kritischer Infrastruktur tätig sind (Krankenhauspersonal, Rettungsdienst, Polizeibeamte, Lehrkräfte etc.), regelmäßig (3x/Woche) mit Antigen-Schnelltests getestet werden. Wird die Infektiosität frühzeitig erkannt, hilft es zum einen dabei, die Risikokontakte (z. B. Patient*innen) zu schützen; zum anderen hilft es, Ausbrüche sowie Quarantänen zu verhindern und die Einsatzfähigkeit des Personals sicherzustellen (Quilty et al., *The Lancet*, 2021).

3 Kommunikation der Teststrategien

Die erfolgreiche Umsetzung dieser Ziele sollte von einer umfassenden Kommunikation begleitet werden, die auf die verschiedenen Bevölkerungsgruppen passgenau zugeschnitten ist und einen motivierenden Charakter haben sollte.

Informationskampagnen, die sich an Kommunen, insbesondere Gesundheitsbehörden, Arbeitgeber, Betreuungseinrichtungen, Bildungseinrichtungen und die Bevölkerung direkt richten, können helfen, das Testen im Allgemeinen als Routinepraxis sowie den Gebrauch von Antigen-Schnelltests im

¹¹ Im CoroMoni-Projekt, koordiniert von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (<https://de.dwa.de/de/presseinformationen-volltext/abwasserbeprobung-tr%C3%A4gt-zur-bek%C3%A4mpfung-der-coronapandemie-bei.html>, 25.2.2021), bauen Forschungsinstitutionen ein solches Screening auf. Dieses Netzwerk muss auskömmlich finanziert werden, um in den nächsten Wochen ein flächendeckendes Screening 2-3x pro Woche aufbauen zu können.

¹² Die regelmäßige und fortlaufende Testung von Teilnehmer*innen eines mittels retrogradem (backward) Tracing identifizierten Quellclusters ist besonders wichtig, wenn eine Clusterisolierung nicht gewünscht oder (juristisch) praktikabel ist.

Besonderen im Alltag zu etablieren. Die Kommunikationsaktivitäten müssen umfassend, zielgerichtet, verständlich und motivierend sein.

Inklusion: Die Konzepte und Empfehlungen zur praktischen Durchführung von Antigen-Schnelltests müssen die sozioökonomische, sprachliche, altersspezifische und kulturelle Vielfalt der Zielgruppen/Kontexte (Familien, Betriebe, Schulen, Flüchtlingsunterkünfte etc.) berücksichtigen (siehe **Kapitel 4.1** für Schulbeispiele).

Isolationsregeln: Leitfäden – ebenfalls für verschiedene Zielgruppen, darunter auch Arbeitgeber, Schulen, Bürger*innen – mit einheitlichen Regeln für die Selbstisolierung/Quarantäne und den Testzugang sollten überall verfügbar sein.

Passgenaue Testkonzepte: Regeln und Anwendungspraxis für Testen in konkreten Kontexten (Schule, Betriebe, Wohnheimen, Baustellen, Logistik etc.) sollten kontinuierlich adaptiert und in Zusammenarbeit mit den Einrichtungen optimiert werden. Diesbezügliche Erfahrungen sollten zwischen den unterschiedlichen verantwortlichen Einrichtungen im Gesundheitswesen regelmäßig und institutionalisiert ausgetauscht werden.

4 Testen in essenziellen Kontaktnetzwerken

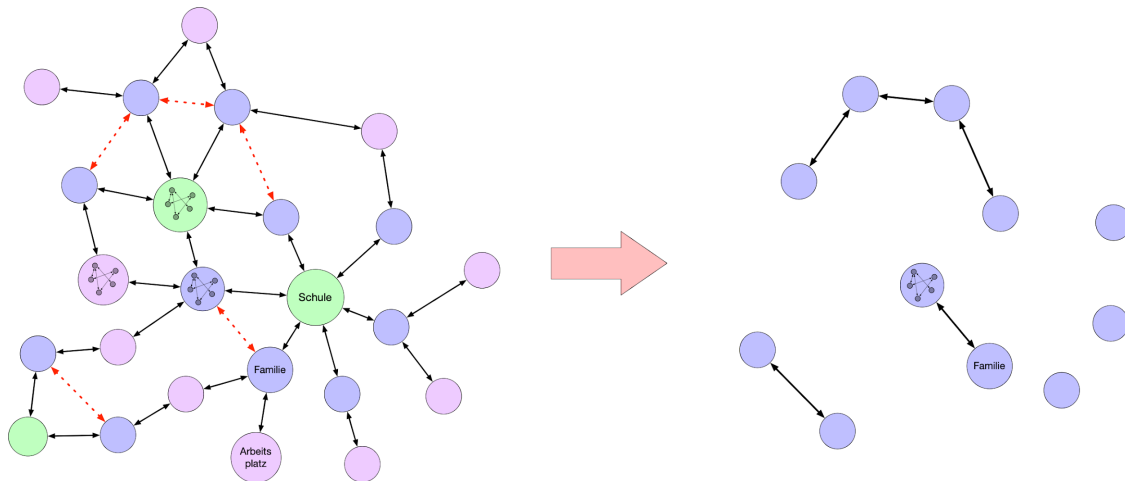
4.1 Testen und Mobilität

In der Roten Zone soll die Zahl der Neuinfektionen möglichst schnell und ohne umfassenden, längeren Lockdown gesenkt werden, um dann sicher öffnen zu können. In Grünen Zonen müssen Ausbruchgeschehen schnell erkannt werden. Zur Unterstützung dieser Ziele beinhaltet die Teststrategie verschiedene Verfahrensweisen. Eine Möglichkeit ist ein möglichst breites Public-Health-Screening, um das Infektionsgeschehen einzudämmen. Eine ressourcenschonende, aber effektive Form dieses Ansatzes kann die Testung von kontextabhängigen, wesentlichen Kontaktnetzwerken sein, welche ausgewählte Mobilitätsprozesse kontrolliert.

Mobilität ist zentral für unseren Alltag. Sie ist auch entscheidend für das Infektionsgeschehen. Jede Person, die sich bewegt, hat in der Regel ein Ziel, an dem sich typischerweise andere Personen aufhalten, ob in der Schule, bei der Arbeit oder beim Einkaufen. Mobilität führt also regelhaft zu Kontakten. Je höher die Zahl der Kontakte am Zielort ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer hohen Zahl an Ansteckungen kommen kann. Durch effektives breitflächiges Testen wird der Effekt von Mobilität auf die Fallzahlen reduziert, weil Ansteckende eine Reise nicht antreten bzw. vor Kontaktaufnahme am Zielort durch einen Test identifiziert werden.

Mobilität ist hochgradig komplex und heterogen, genau wie die zugrunde liegenden **Kontaktnetzwerke** zwischen Individuen und Gruppen. Dennoch werden Kontaktnetzwerke und Mobilitätsnetzwerke durch einfache Komponenten dominiert (Song et al., Science, 2010; Scheider et al., J. Roy. Soc. Interface, 2013). Wochentags ist die Mobilität am höchsten, wobei 80% der Wege Haushalte (Familien) mit Schulen und mit Arbeitsplätzen verbinden. Diese Bewegungen sind somit repetitiv und gut vorhersagbar. Etwa 20% der Mobilität ist diffus (Einkaufen, ÖPNV, Friseur etc.). Lassen sich die Endpunkte der 80% mit Tests abdecken, werden diese Teile der Mobilität damit effektiv aus dem Infektionsgeschehen herausgenommen. Damit wird ein Effekt erzeugt, der vom Ausmaß mit der Herdenimmunität vergleichbar wäre und potenzielle Infektionswege sehr effizient abschneiden könnte (Abbildung 2).

Abbildung 2: Mobilitätsgetriebene Kontakte sind eingebettet in kontextabhängige Netzwerke. Eigene Darstellung.



Links: 80% der Mobilität ist repetitiv und verbindet Schulen, Betriebe und Familie. Nur 20% der Kontakte finden außerhalb dieser Kontexte (z. B. Freizeit, Einkaufen) statt. Schulen haben den höchsten Knotengrad (Anzahl der Verbindungen), gefolgt von Betrieben und Familie. Das gesamte Netzwerk ist stark verknüpft.

Rechts: Durch effektives Testen in Schulen und am Arbeitsplatz werden die Verbindungen zwischen den Kontakten, die für Virusübertragung zur Verfügung stehen, substantiell verringert, das Netzwerk zerfällt in Einzelkomponenten. Die weite Ausbreitung wird effektiv gebremst oder verhindert, sogar wenn soziale Kontakte zwischen den Familien wieder stattfinden.

Wenn die Endpunkte von Mobilität mit Tests versorgt sind, können sich lokale Ausbrüche nicht mehr ausbreiten. Schulen und Kitas können durch den hohen Knotengrad (viele Verbindungen) die Verteilung des Virus in die Familien und darüber in die Arbeitsplätze fördern. Selbst wenn Kontakte zwischen Familien stark eingeschränkt werden, können vereinzelt Infektionsketten in den Schulen/Kitas Infektionen in die Familien tragen. Um das Infektionsgeschehen unterhalb der Perkolationschwelle zu halten, also lange Infektionsketten von Familie zu Familie zu vermeiden, sollte man folglich an den

Schulen/Kitas intensiv testen. Zudem kann man an den Arbeitsplatzknoten testen – nicht nur, um Eintragungen am Arbeitsplatz zu vermeiden, sondern um dann retrograd die betroffenen Familien und die Schulen/Kitas, auf die die Kinder der betroffenen Familien gehen, zu testen.

Aus der Zusammenschau von Kontaktnetzwerkanalysen und intelligenten Strategien zum Public-Health-Screening ergeben sich fünf Testszenarien (gedacht als Handlungsoptionen), die sowohl für sich allein als auch kombiniert eingesetzt werden können. Tabelle 1 fasst die in dieser Toolbox erwähnten Teststrategien zusammen, gibt eine Schätzung der jeweils notwendigen nationalen Testkapazitäten (pro Woche) und ordnet die verschiedenen Testansätze in einen größeren Kontext ein.

Wie in der TB 4, „Wirtschaft und Arbeitsmarkt“, beschrieben, lohnen sich Investitionen in Teststrategien in fast jeder Größenordnung, wenn dadurch weitere Lockdowns, massenhafte Quarantänen, Betriebs- oder Schulschließungen verhindert werden können. In Bildungs- und Betreuungseinrichtungen wie in Unternehmen werden durch intelligente Testkonzepte Öffnungen möglich.

4.2 Teststrategien für Bildungs- und Betreuungseinrichtungen¹³

Bei Wiedereröffnung des Präsenzunterrichts in Schulen und anderen Bildungs- und Betreuungseinrichtungen bzw. für die Notbetreuung ist eine Eintrittstestung (**Entry Screen**) sowie ein gutes **Monitoringkonzept** (Surveillance) durch regelmäßiges und systematisches Testen von Personal und Schüler*innen notwendig, um Infektionen frühzeitig zu erkennen und somit Übertragungen zu verhindern. Regelmäßiges Screening (2x/Woche oder häufiger) reduziert maßgeblich die Stärke und Häufigkeit von Ausbrüchen innerhalb der Einrichtung (Paltiel et al., JAMA, 2020). Durch die hohe Testdichte wird die Ausbreitung von SARS-CoV-2 innerhalb der Subpopulation der Schüler*innen erschwert, da infektiöse günstigstenfalls vor Weitergabe des Virus erkannt und isoliert werden. Regelmäßige Testinterventionen ermöglichen den Präsenzunterricht. Die Testprogramme sollten den Anforderungen des Unterrichts optimal angepasst sein (z. B. Durchführung in den Schulen oder zu Hause als Teil einer angepassten Alltagsroutine).

Bei niedriger Inzidenz empfiehlt sich die Anwendung einer möglichst spezifischen Testmethode (z. B. PCR-Pool). Alle Maßnahmen beruhen auf Freiwilligkeit oder müssen von behördlicher Seite angeordnet werden.

¹³ Ein detailliertes Konzept für die Einführung von Public-Health-Screening an Schulen wurde gerade von RapidTests Deutschland vorgelegt (<https://rapidtests.de/schulkonzept-trace>).

Voraussetzungen für die Umsetzung:

- Erstellung von Aufklärungsmaterial und Einwilligungsdokumenten für Eltern und Schüler*innen
- Erstellung von Informationsmaterialien
- Beratung der Schulen
- Idealerweise Einrichtung einer Hotline
- Informationsmaterial für Hausärzt*innen/Kinderärzt*innen, die hier häufig Ansprechpartner*innen sein werden
- Anpassung an sozioökonomische Situation der Schüler*innen
- Festlegung des Vorgehens bei positivem Test, idealerweise durch das Gesundheitsamt (in Abhängigkeit des Testorts: Schule oder zu Hause)

1. Anwendungsbeispiel: Test-Intervention im Hoch-Inzidenz-Bereich mittels Antigen-Schnelltests

Mehrere Länder haben bereits eine Antigen-Schnelltest-Strategie für Schüler*innen eingeführt.

Zweimal wöchentlich oder täglich kann ein Antigen-Schnelltest durchgeführt werden. Die Lehrer*innen sollen jüngeren Kindern bei Schnelltests helfen, außerdem können die Eltern bei dem ersten Test mit dabei sein. Alternativ ist auch Selbsttestung zu Hause möglich. Je nach Testort ist die Logistik zur Verteilung der Tests zu planen. Eltern, Kinder und Jugendliche können auf Anleitungen für die Tests zugreifen, die leicht verständlich gestaltet sind ("Testen ist kinderleicht - wie Nasenbohren!").

2. Anwendungsbeispiel: Monitoring/Surveillance im Niedrig-Inzidenz-Bereich mittels PCR-Pooling

Als ein Best-Practice-Beispiel kann das SCHOCO-Projekt gelten, das im Auftrag des Schulministeriums NRW in Köln durchgeführt wird. Verantwortlicher der SCHOCO-Projektgruppe ist Prof. Dr. Gerd Fätkenheuer (Uniklinik Köln). Wesentliches Prinzip dieses Modells ist die weitestgehend autarke Organisation und Durchführung in den Schulen selbst in Zusammenarbeit mit lokalen Laboren und dem zuständigen Gesundheitsamt. Die zentralen Charakteristika sind:

- Entnahme der Speichelproben durch die Schüler*innen selbst ("Lolli-Methode" oder "Tupfer-Speichelprobe"). Diese Abstriche sind nicht invasiv und damit auch von jüngeren Kindern selbstständig durchführbar. Für die Lehrer*innen entsteht dabei nur eine geringe Mehrbelastung, insbesondere sind sie hierdurch keinem zusätzlichen Infektionsrisiko ausgesetzt.
- In jeder Schule sollten mindestens zwei Verantwortliche („Corona-Beauftragte“) bestimmt werden. Seitens der Schule bedarf es der Organisation und Durchführung der Probengewinnung und der Organisation des Probenverkehrs in das zuständige Labor.
- Proben sollten dort idealerweise bis 10 Uhr eintreffen.
- Untersuchung der Speichelproben in einem Labor mittels PCR, Ergebnis sollte am gleichen Tag vorliegen.

Lolli-Methode: Die Schüler*innen einer Klasse lutschen 30 Sekunden an handelsüblichen Abstrichtupfern und geben diese anschließend in einen speziellen verschließbaren Behälter. Die Behälter (1-2 pro Klasse) werden anschließend schulweise per Kurier in ein Labor gebracht und dort untersucht. Falls ein positiver Befund in einem Pool erhoben wird, erfolgt eine Benachrichtigung an die Schulleitung und das Gesundheitsamt. Alle weiteren Maßnahmen werden vom Gesundheitsamt veranlasst. Die Teilnahme an den Untersuchungen ist freiwillig und erfolgt nach vorheriger Aufklärung und Einwilligung.

Herausforderungen:

Drei logistische Probleme bedürfen jeweils angepasster Lösungen: a) Transport der Proben in die Labore, b) Bereitschaft der Labore mit Pool-Probenröhrchen zu arbeiten, c) Auflösung der Pools und Nachtestung bei positiven Tests. Darüber hinaus verzögert der Weg über das Labor die Ergebnisse, sodass dieser Ansatz insb. bei niedriger Inzidenz, wenn selten positive Fälle zu erwarten sind, vorteilhaft ist.

3. Anwendungsbeispiel: Entry Screen mittels Antigen-Schnelltest oder PCR-Pooling

Ein einmaliger Testdurchlauf für alle Personen bei Wiederaufnahme des Präsenzunterrichts in einer Bildungseinrichtung sollte unabhängig von der nachfolgenden Teststrategie als erste Maßnahme ergriffen werden. Die regelmäßigen Tests im weiteren Verlauf (z. B. zweimal pro Woche) werden auf einen Kreis strategisch selektierter asymptomatischer Personen bezogen sein und Techniken wie PCR-Pooling oder Antigen-Schnelltests verwendet, um möglichst ressourcenschonend vorzugehen.

4. Überlegungen zum regulativen Rahmen von Tests in Bildungseinrichtungen

Grundsätzlich können regelmäßige SARS-CoV-2-Tests im Bildungswesen – eingebettet in systematische Testkonzepte – in einem regulativen Rahmen der Freiwilligkeit oder mit Testpflicht umgesetzt werden. Den Präsenzunterricht an eine Testpflicht zu binden, ist jedoch bislang in der Öffentlichkeit noch nicht hinreichend thematisiert worden und bedarf daher einer Debatte. Weitere Herausforderungen bestehen bei

- a) der reibungslosen **organisatorischen Einbettung** von Testvorgängen in den (Schul-)Alltag,
- b) der **arbeitsrechtlichen Absicherung und Unterstützung** für Familien im Falle positiver Testergebnisse/Selbstisolation, und
- c) der **Akzeptanz von regelmäßigen Tests** durch die Schüler*innen und Elternhäuser.

Es wird erwartet, dass eine große Mehrheit der Erziehungsberechtigten regelmäßige Tests für Schüler*innen begrüßt, wenn dadurch eine sichere und nachhaltige Öffnung von Schulen ermöglicht

und die Wahrscheinlichkeit für Quarantänen gesenkt werden kann. Die arbeits- und verfassungsrechtlichen Bedingungen einer möglichen Einführung verbindlicher Tests sind zu prüfen. Während eine allgemeine Testpflicht für alle Bürger*innen weder verfassungsrechtlich begründbar, noch im Sinne eines breiten Public-Health-Ansatzes als sinnvoll erscheint, sollte im schulischen und betrieblichen Kontext (insbesondere im Bereich hoher Inzidenzen) über einen verbindlichen Rahmen nachgedacht werden. In Betrieben sind Tests der Mitarbeiter*innen bereits vielerorts Realität und wurden in arbeitsvertraglichen Regelungen verankert. Weil Schüler*innen durch die Schulpflicht bzw. die Aufrechterhaltung der Präsenzplicht einem erhöhten Ansteckungsrisiko von Sars-CoV-2 ausgesetzt werden, besteht eine besondere Schutzpflicht des Staates. Die Eingriffsintensität der Schulpflicht kann verfassungsrechtlich nur gerechtfertigt werden, wenn flankierende Schutzmaßnahmen ergriffen werden, wozu eine konsequente Teststrategie maßgeblich beiträgt. Bei einem Modell, das alternativ hierzu ganz auf Freiwilligkeit beim Testen in Bildungskontexten setzt und bei dem Antigen-Schnelltests von Schüler*innen selbst durchgeführt werden würden, besteht die Herausforderung im Vorhandensein eines niederschweligen digitalen Meldesystems sowie praktikabler Lösungen für PCR-Bestätigungstests.

Fazit: Zielgerichtete Teststrategien mit der oben entwickelten Priorisierung sind ein zentrales Element für eine effiziente Pandemiekontrolle. Der niedrigschwellige Einsatz von Antigen-Schnelltests kann maßgeblich dazu beitragen, Inzidenzen in Roten Zonen zügig zu senken und Grüne Zonen zu schützen. Dafür bedarf es einer raschen Zulassung von Antigen-Schnelltests als Selbsttest durch CE-Zertifizierung¹⁴ und RT-LAMP-Tests für die Nutzung durch Gesundheitspersonal und durch Laien. Entsprechend gesicherte Produktionskapazitäten sind entscheidend, um für die nächsten Monate eine ausreichende Versorgung an Tests zu gewährleisten. Wenn Antigen-Schnelltests vermehrt genutzt werden, müssen ausreichend PCR-Tests zur Bestätigung von positiven Ergebnissen vorhanden sein. Dazu bedarf es ggf. einer Erhöhung der PCR-Kapazitäten sowie der Ausweitung von PCR-Pooling-Verfahren. Insgesamt müssen flächendeckend mehr Testkapazitäten für alle zur Verfügung gestellt werden, die leicht, schnell, nah und günstig zugänglich sein müssen.

Insgesamt ist bei der Umsetzung von lokal angepassten Teststrategien Kreativität und Mut zur Umsetzung gefragt, weniger das Streben nach der einen, vollkommenen, fehlerlosen Strategie. Jede Strategie wird Stärken und Schwächen zeigen. **Aber jede der oben genannten und in Tabelle 1 zusammengefassten Lösungsoptionen ist besser als keine Strategie.**

¹⁴ Alternativ ist für Deutschland eine Sonderzulassung durch das BfArM möglich, für EU-weite Lösungsansätze sollte jedoch die CE-Zertifizierung schnellstmöglich nachfolgen.

5 Empfohlene Sofortmaßnahmen

Im Rahmen der No-COVID-Teststrategie werden folgende Änderungen der aktuellen Teststrategie zur **sofortigen Umsetzung** empfohlen:

1. **RKI-Testleitlinien ausdehnen:** Proaktives Testen von Personen mit besonderem Risiko (vulnerable Personen oder Personen mit hohem Expositionsrisiko) oder bei Auftreten von Symptomatik (minimal-symptomatisch, siehe Fußnote 4) fördern; Kontaktpersonen der Kategorie¹⁵ 1 bestätigter COVID-19 Fälle erhalten während der Quarantäne ein Testangebot;
2. **Probennahme erleichtern:** Als ergänzende Alternative zum Nasen-Rachen-Abstrich sind für neue Testverfahren auch Abstriche im vorderen Nasenraum (für alle Testverfahren) sowie Speichel- und Gurgeltests (für amplifikations-basierte Testverfahren) möglich. Weil sie leichter durchzuführen sind, erhöhen sie die Testbereitschaft und die Testkapazitäten (durch Materialersparnis);
3. **Finanzielle, organisatorische und rechtliche Aspekte klären:** Der Einsatz von Antigen-Schnelltests als wichtige Public-Health-Maßnahme muss unter all diesen Aspekten abgesichert und gefördert werden;
4. **Kapazitäten ausbauen:** Die Verfügbarkeit von Antigen-Schnelltests muss schnell und massiv erhöht werden. Der hierfür notwendige Ausbau der Produktionskapazitäten sollte durch staatliche Abnahmegarantien und Prämien gefördert werden,¹⁶ dies könnte auch EU-weit koordiniert werden;
5. **Zulassung Selbsttests:** Antigen-Schnelltests als Selbsttests für den Heimgebrauch zulassen;
6. **PCR-Pooling:** Kapazitäten für PCR-Pooling ausbauen und weiter dezentralisieren;
7. **PCR-Tests:** Ausbau einer geeigneten Systeminfrastruktur, Prozessoptimierung und Sicherstellung bzw. Schaffung erforderlicher Kapazitäten, insbesondere für PCR-Bestätigungstests zur möglichst weitgehenden Reduzierung der Zeitspanne zwischen positivem Antigen-Schnelltest und Kommunikation des PCR-Bestätigungstestergebnisses;
8. **Weitere Detektionsmethoden implementieren:** Zusätzlich zur großflächigen Verwendung von Antigen-Schnelltests sollten auch weitere Tests wie z. B. Loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP)¹⁷ oder Abwassertests (siehe Appendix 2) in einem Fast-Track-Verfahren evaluiert und zugelassen werden;
9. **Aufklären und kommunizieren:** Mit Erklärvideos und Infomaterial (in verschiedenen Sprachen) müssen drei Hauptbotschaften vermittelt werden: (1) Zweck, mit dem Antigen-Schnelltests angewendet werden (Schutz von anderen und Ermöglichung bestimmter essenzieller Aktivitäten,

¹⁵ https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Kontaktperson/Management.html, 16.2.2021.

¹⁶ Es werden in der Spitze ca. 83 Mio. Tests pro Woche benötigt (um 50% der Bevölkerung zwei Mal pro Woche zu testen). Um für die restlichen 44 Wochen des Jahres 2021 (ab 01.03.) diese Anzahl zur Verfügung zu haben, wären ca. 3,6 Mrd. Antigen-Schnelltests benötigt. Eine Abnahmegarantie in dieser Höhe bis Ende 2021 würde bei einem hohen Preis von z.B. 4 Euro pro Test (Österreich zahlt aktuell 2,70 Euro) 14,6 (9,8 Mrd.) Mrd. Euro kosten und wäre damit in etwa so teuer wie 7 (5) Wochen neuer Lockdown. Da in dauerhaft Grünen Zonen deutlich weniger Tests pro Woche benötigt werden (10-20% davon), könnten überzählige Tests kostenneutral (oder sogar kostenlos im Sinne von Global Public Health) an andere Länder abgegeben oder eingelagert werden.

¹⁷ Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) ist eine einschrittige und deshalb schnellere Amplifikationsmethode, die den Nachweis spezifischer RNA-Sequenzen erlaubt.

- die sonst nicht stattfinden könnten); (2) die jeweilige Teststrategie (Art und Häufigkeit der Tests); (3) die korrekte Anwendung, um das Risiko von Anwendungsfehlern zu reduzieren;
10. **Schaffung organisatorischer Infrastrukturen und rechtlicher Rahmenbedingungen**, insbesondere im Hinblick auf Tests außerhalb akkreditierter Diagnostiklabore.
 11. **Sequenzierung ausweiten**: Um zukünftig bekannte und neue Virusvarianten schneller zu erkennen, muss die Genomsequenzierung routinemäßig erfolgen. Ferner dient die Vollgenomsequenzierung der Verifizierung bzw. Falsifizierung von Infektionsketten.

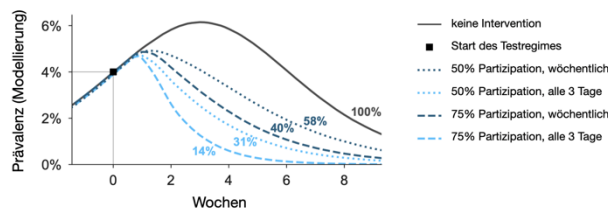
Appendix 1: Ergänzende Informationen zu Antigen-Schnelltests

1. Die niedrigere Sensitivität von Antigen-Schnelltests im Vergleich zur PCR ist kein Nachteil

Regelmäßige Antigen-Schnelltests in breiter Anwendung sind ein sehr wirksames Mittel, um Infektionsketten zu durchbrechen. Dabei spielt es letztlich keine Rolle, dass Antigen-Schnelltests weniger sensitiv (empfindlich) sind als PCR-Tests, da die schnellen Ergebnisse und die Frequenz der Tests den Nachteil einer niedrigeren Sensitivität einzelner Tests ausgleichen (Larremore et al., *Sci Adv.*, 2021). Zudem zeigen Antigen-Schnelltests bei hohen, d.h. ansteckungsrelevanten Viruslasten eine Sensitivität von über 90% (Meta-Analyse von Denkinger et al., *Vorabversion*, 2021).

2. Public-Health-Screening mit Antigen-Schnelltests hat einen großen Einfluss auf die Reproduktionszahl (R)

Die regelmäßige Durchführung von Antigen-Schnelltests in der Bevölkerung kann einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der Infektionszahlen haben. Hier korreliert die Reduktion der Prävalenz mit der Häufigkeit der Testdurchführung pro Woche sowie der Umsetzung der konsequenten Selbstisolation nach Erhalt eines positiven Testergebnisses.



Effekte des Public-Health-Screenings auf den Pandemieverlauf in Abhängigkeit von der Testfrequenz und Partizipation (Larremore et al., *Sci Adv.*, 2021, Abbildung S8 des Supplements, Abbildung 1 dieses Papiers). Selbst wenn in einer Gruppe erst mit Public-Health-Screening begonnen wird, wenn sich die Pandemie schon auf 4% akut ansteckende Personen (d.h. 7-Tage-Inzidenz ca. 4.000 pro

100.000) hochgeschaukelt hat, kann das Screening den Trend innerhalb von weniger als 2 Wochen umdrehen (gepunktete dunkelblaue Kurve). Dazu genügt es, wenn sich 50% der Personen an konsequente Isolation halten, nachdem sie einen positiven Test haben, und wöchentlich einen Test durchführen. Hierbei sind auf Antigen-Tests abgestimmte Annahmen hinterlegt: Limit Of Detection (LoD) der Tests 10^6 , für Patienten oberhalb des LoD 90% Sensitivität (um z. B. fehlerhafte Probenahme zu berücksichtigen), sofortige Verfügbarkeit der Ergebnisse und direkte Isolation. Außerdem wird in allen Szenarien davon ausgegangen, dass andere NPI die effektive Reproduktionszahl auf $R=1.5$ senken. Partizipation bezieht sich hier darauf, welcher Anteil der Bevölkerung auf einen positiven Test korrekt mit Selbstisolation reagiert. Die Prozentzahlen in der Grafik (14%, 31%, 40%, 58%) geben an, wie viele Personen sich nach Start des Public-Health-Screenings trotzdem noch neu anstecken, bezogen auf die Gesamtzahl der Personen, die sich im Basis-Szenario ohne Screening angesteckt hätten (schwarze Kurve). Wenn beispielsweise 60% der Personen alle 3 Tage einen Selbsttest machen, und von denen, die einen positiven Test bekommen, 5 von 6 in Selbstisolation gehen, wird die hellblau gepunktete Kurve erreicht, wo nur noch 31% der Infektionen stattfinden (also 69% Infektionen durch die Tests vermieden werden) und die Welle schon nach 5 Wochen auf ca. 1% Infektiose (Faktor 4 unter dem Startwert von 4% in Woche 0) gefallen ist.

3. Antigen-Schnelltests sind ausreichend präzise und spezifisch

Bezüglich Spezifität (Zielgenauigkeit) ist der Unterschied zur PCR minimal, denn sie liegt im Schnitt bei 99,7% relativ zur PCR (Meta-Analyse von Denkinger et al., *Vorabversion*, 2021). Bei "Massentests" in Deutschland (z. B. *Hildburghausen*), Österreich (z. B. *Voralberg*), England (z. B. *Liverpool*) und in den

USA (z. B. [San Francisco](#)), bei denen alle positiven Antigen-Schnelltests mit PCR überprüft wurden, gab es jeweils unter 0,1% falsch-positive Ergebnisse bezogen auf alle durchgeführten Antigen-Schnelltests. Durch einen schnellen und unkomplizierten Zugang zu einem PCR Test sowie zügige Kommunikation des Ergebnisses nach einem positiven Schnelltest lassen sich unnötig lange Isolierungszeiten vermeiden (eine Alternative wäre z. B. die Bestätigung mit Point-of-Care PCR-Assays). Einzelne Studien und klinische Erfahrungsberichte deuten darauf hin, dass falsch-positive Ergebnisse weniger zufällig als vielmehr systematisch sind. Zwei (vermeidbare) Ursachen können eine Lagerung/Durchführung bei zu kalten Temperaturen (2-4°C) sein ([Haage et al., Preprint, 2021](#)) oder eine von der Gebrauchsanweisung deutlich abweichende Ablesezeit des Ergebnisses ([Paul et. al, Epid Bull , 2021](#)). Eine weitere Ursache für systematisch falsch-positive Ergebnisse sind wahrscheinlich bestimmte Bakterien im Nasen-Rachen-Raum ([Hoehl et al., Preprint, 2020](#)). Erste Daten weisen jedoch darauf hin, dass sich im Einzelfall falsch-positive Ergebnisse mit einem Antigen-Schnelltest eines anderen Herstellers selten bestätigen ([Corman et al., Preprint, 2020](#)), so dass man im Wiederholungsfall auf einen anderen Antigen-Schnelltest ausweichen könnte. Letztendlich sind die Konsequenzen einer kurzzeitigen Isolierung durch ein falsch-positives Antigen-Schnelltest Ergebnis deutlich weniger dramatisch als die Folgen eines Lockdowns.

4. Auch bei der Verwendung von Antigen-Schnelltests ist nicht mit unvorsichtigem Verhalten zu rechnen

Der Sorge, dass die Verwendung von Schnelltests dazu führen könnte, Abstandsregelungen zu missachten bzw. das Gefühl falscher Sicherheit entstehen zu lassen, lässt sich mit Aufklärung und Information begegnen. Diese sogenannte Risikokompensation konnte weder bei HIV-Selbsttests noch bei anderen Public-Health-Maßnahmen (z. B. Mund-Nasen-Schutz) auf Bevölkerungsebene empirisch beobachtet werden ([Mantzari et al., BMJ, 2020](#)). Einzelne Public-Health-Maßnahmen wirken vor allem auf Bevölkerungsebene und müssen auf den Einzelfall bezogen keine hundertprozentige Wirksamkeit aufweisen, um einen maßgeblichen positiven Einfluss auf das Pandemiegeschehen zu entfalten. Selbst eine gewisse Rate falsch-negativer Ergebnisse steht dem zu erwartenden Eindämmungseffekt auf Bevölkerungsebene durch regelmäßige Antigen-Schnelltests nicht entgegen ([Larremore et al., Sci Adv,, 2021](#)). Trotzdem ist es unabdingbar, zielgruppengerecht darüber zu informieren, dass negative Ergebnisse, wie bei allen Tests, nur eine Momentaufnahme und daher kein "Freifahrtschein" sind und Antigen-Schnelltests generell nur eine zusätzliche Maßnahme darstellen.

5. Jede/r kann Antigen-Schnelltests zuverlässig selbst durchführen

Laien sind durchaus in der Lage, selbstständig und ohne Aufsicht Selbsttests durchzuführen. So konnte in Studien gezeigt werden, dass von Laien durchgeführte Selbsttests mit einfachem Nasenabstrich ähnlich zuverlässig sein können wie durch Fachpersonal durchgeführte Schnelltests ([Hoehl et al., Preprint, 2020](#); [Lindner et al., Preprint, 2021](#)). Daher steht der sofortigen Einführung von breitem Selbsttesten nichts im Wege.

6. Antigen-Schnelltests können bislang alle Virus-Varianten erkennen

Antigen-Schnelltests können grundsätzlich die britische Variante (B.1.1.7) erkennen. Für die südafrikanische (B.1.351) und brasilianische Varianten (P.1 und P.2) werden ebenso keine größeren Leistungsdefizite erwartet (FIND, 09.02.2021).

7. Es gibt genügend Antigentest-Kapazitäten weltweit

Antigen-Schnelltests werden von einer Vielzahl von Firmen produziert (FIND, 17.02.2021). Da die Materialien für Antigen-Schnelltests kaum limitiert sind, ist es bei wachsender Nachfrage kein Problem, die Kapazität in/für Deutschland schnell zu erhöhen.

8. Antigen-Schnelltests erkennen auch ansteckende Personen ohne Symptome

Antigen-Schnelltests testen auf Virusbestandteile (Antigene). Die Antigen-Konzentration nimmt mit der Viruskonzentration zu (Pollock et al., J Clin Microbiol, 2021). Weil die Viruskonzentration bereits i.d.R. 1-2 Tage vor Symptombeginn (präsymptomatisch) und auch bei gänzlich asymptomatischen Personen anfangs hoch ist, erkennen Antigen-Schnelltests auch ansteckende Personen ohne Symptome (Pilarowski et al., Clin Infect Dis, 2020).

Appendix 2: Überlegungen zum Abwasserscreening

Wie viele Pathogene kann auch SARS-CoV-2 im Abwasser nachgewiesen werden, sowohl bezüglich Menge wie auch für die Genom-Sequenzierung (Ahmed et al. 2020, Nadeau et al. 2020, Jahn et al. 2021, EAWAG). Das Abwasserscreening hat mehrere Vorteile. Die Probenahme bei den Klärwerken erfordert keinen besonderen Aufwand, da sowieso regelmäßig Proben genommen werden. Die Verteilung der Proben ist repräsentativ und ohne Bias wie bspw. nur Symptome. Ein Anstieg der Virusmenge läuft den Meldezahlen offizieller Tests um 2-3 Tage voraus (Wu et al. 2020). Mittels Hochdurchsatzsequenzierung lässt sich die Verteilung von Varianten/Mutationen in der Bevölkerung nachverfolgen. Abwasserscreening kann daher insbesondere als wirksames, permanent durchgeführtes Frühwarnsystem eingesetzt werden. Sobald die Menge von SARS-CoV-2 einen gewissen Wert überschreitet, können weitere Screening-Methoden aufgenommen werden.

Für ein verlässliches Screening braucht es sowohl eine ausreichende geografische wie zeitliche Abdeckung. Das CoroMoni-Projekt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall ist dafür ein Anfang. Institutionen wie das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung etablieren zur Zeit Protokolle für die Probenaufbereitung (Dumke et al. 2021). Für eine schnelle und systematische Ausweitung auf ganz Deutschland braucht es nun die finanzielle Förderung sowie die Etablierung als Routineverfahren.