

Spektrum diagnostischer Proben zum Nachweis von SARS-CoV-2

Selbstabnahme durch Patient*innen und möglicher Einsatz von Antigen-Schnelltests

Zusammenfassung

Prinzipiell können bei nicht beatmeten Patient*innen zum Nachweis von Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2 (SARS-CoV-2) Proben von mehreren Orten entnommen werden. Von den beiden typischerweise von Fachpersonal entnommenen oropharyngealen (OP) bzw. nasopharyngealen (NP) Proben scheint letztere in der ersten Krankheitswoche eine leicht höhere Test-Positivität aufzuweisen. Bei von Patient*innen selber abgenommenen Proben liegen besonders für den Abnahmeort „vordere Nase“ und bei Speichelproben die meisten Erfahrungen vor. Solange diese Proben bei hoher Viruslast bzw. in der ersten Erkrankungswoche entnommen werden und als Nachweis eine Polymerasekettenreaktion (PCR) verwendet wird, sind sie ähnlich sensitiv wie von Fachpersonal abgenommene Proben. Auch bei der Verwendung von Rachenspülwasser wurde über hohe Sensitivität bzw. Test-Positivität berichtet. Diese drei Probenarten (vordere Nase, Speichel, Rachenspülwasser) sind von den Patient*innen leicht auszuführen und werden gut akzeptiert. Antigen-Schnelltests können in Situationen mit hoher Viruslast hohe Sensitivitäten erreichen und haben den Vorteil, dass das Ergebnis rasch zur Verfügung steht (positive Antigen-Schnelltests müssen aber durch eine PCR-Untersuchung bestätigt werden). Bei Patient*innen mit geringerer Viruslast (einschließlich symptomlose Patient*innen) muss bei selbst abgenommenen Proben bzw. Einsatz von Antigen-Schnelltests von einer deutlich niedrigeren Sensitivität ausgegangen werden, die zu falsch negativen Ergebnissen trotz evtl. Infektiosität führen kann. Die von Fachpersonal aus den oberen Atemwegen entnommene und mittels PCR untersuchte Probe bleibt der Goldstandard.

Einleitung

Bei nicht beatmeten Patient*innen wird international der OP-, NP- oder kombinierte OP/NP-Abstrich als Methode der Wahl angesehen. Allerdings stehen prinzipiell eine größere Anzahl an möglichen Probenahmeorten und -modi bzw. -materialien zur Verfügung. Diese Proben müssen nicht unbedingt von medizinischem Fachpersonal abgenommen werden; es kommt auch in Frage, dass sich die Patient*innen selbst Proben abnehmen. Letzteres hat prinzipiell Vorteile, u. a. weil dadurch Fachpersonal zeitlich weniger in Anspruch genommen wird, eine unmittelbare Gefährdung des Personals vermieden und Schutzkleidung gespart werden kann. Ob nun von Fachpersonal oder von Patient*innen selbst abgenommen, müssen der Abnahmeort, -modus sowie die Fragestellung/Indikation (diagnostische Probe, Ausschluss hochinfektöser Patient*innen, Screening) klar definiert sein. Nicht zu unterschätzen ist die Kommunikation der Ergebnis-Interpretation sowie der Grenzen selbst abgenommener Proben.^{1,2} Schließlich kommt bei durch Patient*innen genommenen Proben als Anforderung hinzu, dass die Probenahme leicht verstanden werden muss, gut akzeptiert und nicht als unangenehm empfunden wird. Im Folgenden soll, basierend auf einer Literaturübersicht und eigenen Ergebnissen, ein Überblick über die prinzipiell zur Verfügung stehenden Probenahmeorte und -modi gegeben werden.

Methoden Literatursuche

Wir suchten für jeden Probenahmeort, -modus bzw. -material nach systematischen Übersichtsartikeln bzw. Meta-Analysen, darüber hinaus orientierend

nach weiteren Veröffentlichungen bzw. Einzelstudien, einschließlich noch nicht gutachterlich geprüfter Publikationen.

Eigene Untersuchung

Wir beprobten während der ersten Welle der Coronavirus Disease 2019-(COVID-19-)Pandemie (März/April 2020) an zwei Berliner Standorten (COVID-19-Testzentren am DRK Westend und Charité Campus Virchow) Patient*innen, die sich für eine Testung auf SARS-CoV-2 vorstellten. Zudem baten wir einige Patient*innen mit bereits bekannter COVID-19-Infektion um eine Teilnahme. Interessierte Patient*innen erhielten eine Studieninformation mit Einwilligungserklärung, Symptomfragebogen und einer ausführlichen Instruktion zur eigenen Probenahme aus der vorderen Nase, vom Zungenrücken/Gaumen und vom Rachen (OP-Probe). Die Patient*innen nahmen die Proben unter ärztlicher Aufsicht ab. Medizinisches Personal nahm eine weitere Rachenprobe (DRK Westend) bzw. eine kombinierte OP/NP-Probe (Charité) ab. In Zusammenarbeit mit den Gesundheitsämtern Berlin-Mitte, Berlin-Reinickendorf und Berlin-Treptow-Köpenick wurde schon gemeldeten COVID-19-Patient*innen angeboten, sich selbst – parallel zu einem Abstrich durch medizinisches Personal – Proben zu nehmen. Die Patient*innen wurden befragt, wie praktikabel der eigene Abstrich war und wie sie die eigenen und den vom Fachpersonal genommenen Abstrich empfanden. Datenschutzprüfung und Ethikvotum liegen vor.

Relevante Aspekte

Die Ergebnisse unserer Studie werden in den Zusammenhang der internationalen Studienlage gestellt und es sollen die folgenden Aspekte untersucht werden:

Aspekt 1: Vergleich verschiedener Abnahmeorte und -modi/-materialien

In den oberen Atemwegen können aus den folgenden Orten die folgenden Probenotypen abgenommen werden: NP-Abstrich, OP-Abstrich, vordere (anteriore) Nase (AN), Rachenspülflüssigkeit (RSP), Speichel. Zusätzlich eignen sich Sputum- oder Stuhlproben. Bei den genannten Studien wird angegeben, ob Fachpersonal oder Patient*in selbst die Probe abgenommen haben. Darüber hinaus wird

der Probenahmemodus bzw. -material genannt, z. B. Abstrich oder Rachenspülflüssigkeit, mit welcher Methode der Labortest erfolgte (PCR bzw. Antigen-Schnelltest), sowie ggf. sonstige relevante Informationen. Sofern in der Veröffentlichung eine stratifizierte Analyse erfolgte, d. h. ob die Probenahme in den ersten Tagen nach dem Symptombeginn (SB) oder aber z. B. erst in der zweiten Woche nach SB erfolgte, wurden nur die Ergebnisse aus der frühen Phase angegeben.

Für die Angabe der Testgüte eines Probenahmetypus, -modus oder -materials wird der Begriff „Sensitivität“ verwendet, wenn zum gleichen Zeitpunkt ein Test erfolgte, der als Goldstandard eingesetzt wurde (typischerweise eine von Fachpersonal abgenommene NP- oder OP-Probe) und positiv ausfiel. In manchen Studien wurde aber so vorgegangen, dass schon laborbestätigte COVID-19-Patient*innen noch einmal mit einer zu testenden Methode beprobt wurden. Das Ergebnis bei diesem Vorgehen wird als Test-Positivität bezeichnet.

Aspekt 2: Selbst abgenommene Proben: Vergleichbarkeit mit von Fachpersonal abgenommenen Proben, Praktikabilität und Akzeptanz

In der eigenen Studie wie auch in der Literatur wurde untersucht, wie sensitiv von Patient*innen selbst abgenommene Proben im Vergleich zu zum gleichen Zeitpunkt von Fachpersonal abgenommene Proben sind. In unserer eigenen Studie wurde darüber hinaus – als Marker der Probenqualität – untersucht, ob bei selbst abgenommenen Proben überhaupt und wie viel menschliches, zelluläres Material abgenommen wurde. Schließlich betrachteten wir, wie praktikabel und akzeptabel verschiedene selbst abgenommene Probenotypen sind.

Ergebnisse

Aspekt 1: Vergleich verschiedener Abnahmeorte, -modi bzw. -materialien

1.1 Abstrich von Nase und Rachen, durch die Nase (nasopharyngeal, NP)

Beim NP-Abstrich wird ein feines Abstrichstäbchen durch die Nasenmuscheln bis zum Rachen vorgeschoben und dann rotierend wieder zurückgezogen, so dass man Material von der Nase und dem Rachen

erhält. In einer Meta-Analyse von Czumbel lag die Test-Positivität bei 98 % (95 % Konfidenzintervall (KI)=89–100 %), in einer anderen von Mohammadi, in der Abstriche in den ersten sieben Tagen nach SB genommen wurden, bei 80 % (95 % KI=66–91 %) (s. Tab.1).^{3,4}

1.2 Abstrich vom Rachen (oropharyngeal, OP)

Der Abstrich vom Rachen erfolgt durch Einführen des Abstrichtupfers durch den Mund bis an die Rachenhinterwand. Dabei kann es zu Würgereflexen kommen. Tendenziell liegen die Sensitivität bzw. Test-Positivität etwas niedriger als bei NP-Abstrichen. In der Meta-Analyse von Mohammadi liegt die Test-Positivität in den ersten sieben Tagen nach SB bei 75 % (95 % KI=60–88 %) (s. Tab.2).⁴

1.3 Abstrich von der vorderen (anterioren) Nase (AN)

Bei Abstrichen von der vorderen Nase wird ein Stäbchen bis zu etwa 3 cm in die vordere Nase ein-

geführt und dann rotierend mehrmals an der Naseninnenwand entlang bewegt. Die Abstriche haben – je nach Studiensetting – eine Sensitivität zwischen 74% und 100%. Diese kann aber bei geringer Viruslast, symptomlosen Patient*innen und wenn der Nachweis mittels Antigen-Schnelltest geführt wird, bis auf 35% sinken.¹² Eine Übersichtsarbeit oder Meta-Analyse konnte nicht identifiziert werden. AN-Abstriche werden vorwiegend dann eingesetzt, wenn sie von Patient*innen selbst durchgeführt werden. Der Vergleich mit Proben, die von Fachpersonal genommen wurde, wird in „Aspekt 2“ erörtert (s. u.) (s. Tab.3).

1.4 Abstrich vom Gaumen

Abstriche vom Gaumen sind für die Selbstabnahme gedacht. Ein Abstrichtupfer wird auf dem Zungenrücken nach hinten geführt, dann der Mund geschlossen, während die Zunge den Tupfer für 10 Sekunden an den Gaumen drückt. Vorteile hierbei

Testmethode	Labortest	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
NP-Abstrich, Fachpersonal ⁵	Antigen-Schnelltest (Roche)	SE=79 % (31/39)	Fachpersonal, OP/NP, PCR
NP-Abstrich, Fachpersonal ⁶ ; im Mittel abgenommen 10 Tage nach SB	PCR	SE=90 % (27/30)	Abstrich, Fachpersonal, bei schon bestätigten COVID-19-Patient*innen; Goldstandard: mindestens ein positiver Abstrich aus NP-Abstrich, vorderer Nase oder Rachen, PCR
NP-Abstrich, Fachpersonal, hohe Viruslast (>10 ⁷ RNA-Kopien/Abstrich) ⁵	Antigen-Schnelltest (Roche)	SE=100 % (39/39)	Fachpersonal, OP/NP, PCR
NP-Abstrich, Fachpersonal ⁷	PCR	117 OP/NP-Paare (serielle Testung) bei 12 Patient*innen. Bei 32 diskordanten Paaren mit einem positiven Test 21 (66%) positiv nur im NP-Abstrich	Fachpersonal, OP
NP-Abstrich, Fachpersonal ⁸	PCR	9 laborbestätigte Patient*innen; in serieller Beprobung bezüglich Viruslast oder Positivenanteil keine relevanten Unterschiede zwischen OP- und NP-Abstrichen	Vergleich zwischen seriellen OP- und NP-Abstrichen (Viruslast; Positivenanteil)
NP-Abstrich, Meta-Analyse von 4 Publikationen (keine der oberen enthalten) ³	PCR	98 % (95 % KI=89–100 %) Test-Positivität in 4 Publikationen	Anteil positiver Tests bei vorher laborbestätigten COVID-19-Patient*innen
NP-Abstrich, Meta-Analyse von 11 Publikationen ⁴ ; SE angegeben für Werte innerhalb von 7 Tagen nach SB, enthält ⁷	PCR	80 % (95 % KI=66–91 %) Test-Positivität; Review von 11 Publikationen	Anteil positiver Tests bei laborbestätigten COVID-19-Patient*innen

Tab. 1 | Übersicht über Literatur zu nasopharyngealen Probeabnahmen

KI = Konfidenzintervall; OP = oropharyngeal; NA = nicht anwendbar; NP = nasopharyngeal; PCR = Polymerasekettenreaktion; SB = Symptombeginn; SE = Sensitivität

Testmethode	Labortest	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
OP-Abstrich, Rachen, selbst abgenommen, PCR; bis zum 5. Tag nach SB (RKI)	PCR	SE=82% (7/11)	Abstrich, Fachpersonal, OP/NP bzw. Fachpersonal, NP
OP-Abstrich, Fachpersonal ⁷	PCR	117 OP/NP-Paare (serielle Testung) bei 12 Patient*innen. Bei 32 diskordanten Paaren mit einem positiven Test 11 (34%) positiv nur im OP-Abstrich	Fachpersonal, NP
OP-Abstrich, Fachpersonal ⁸	PCR	9 laborbestätigte Patient*innen; in serieller Beprobung bezüglich Viruslast oder Positivenanteil keine relevanten Unterschiede zwischen OP- und NP-Abstrichen	Vergleich zwischen seriellen OP- und NP-Abstrichen (Viruslast; Positivenanteil)
OP-Abstrich, Fachpersonal; ⁶ im Mittel abgenommen 10 Tage nach SB	PCR	milde Fälle: SE=87% (26/30 Proben) schwere Fälle: SE=60% (12/20 Proben)	Abstrich, Fachpersonal, bei schon bestätigten COVID-19-Patient*innen; Goldstandard: mindestens ein positiver Abstrich aus NP-Abstrich, vorderer Nase oder Rachen, PCR
OP-Abstrich, selbst abgenommen ⁹	PCR	SE=94% (16/17)	positiver Abstrich bei von Fachpersonal abgenommenem (OP/AN oder OP/NP) Abstrich
OP-Abstrich, Fachpersonal ¹⁰	PCR	32% (126/398) Test-Positivität bei 205 COVID-19-Fällen	Anteil positive Tests bei vorher laborbestätigten Patient*innen
OP-Abstrich, Fachpersonal ¹¹	PCR	30 Patient*innen mit jeweils positiven OP- und Sputum-Abstrichen. Höhe der Viruslast signifikant miteinander assoziiert	NA
OP-Abstrich, Meta-Analyse von 11 Publikationen, ⁴ diese enthalten, ^{7,10,11} ; Anteil positiver Tests gilt für Proben innerhalb von 7 Tagen nach SB	PCR	75% (95% KI=60–88%) Test-Positivität; Review von 11 Publikationen	Anteil positive Tests bei laborbestätigten COVID-19-Patient*innen

Tab. 2 | Übersicht über Literatur zu oropharyngealen Probeabnahmen

KI = Konfidenzintervall; OP = oropharyngeal; NA = nicht anwendbar; NP = nasopharyngeal; PCR = Polymerasekettenreaktion; SB = Symptombeginn; SE = Sensitivität

Testmethode	Labormethode	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
Abstrich, vordere Nase, Fachpersonal ¹²	PCR	symptomatische Patient*innen: Ct < 25: SE = 78% (95% KI = 65–88%) Ct < 30: SE = 66% (95% KI = 54–76%)	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Abstrich, vordere Nase, Fachpersonal ¹²	PCR	symptomlose Personen: Ct < 25: SE = 62% (95% KI = 32–85%) Ct < 30: SE = 35% (95% KI = 17–57%)	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen; bis zum 5. Tag nach SB (RKI)	PCR	SE = 82% (9/11)	Abstrich, Fachpersonal, OP/NP bzw. Fachpersonal, NP, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen ⁵	Antigen-Schnelltest (Roche)	SE = 74% (29/39)	Abstrich, Fachpersonal, OP/NP, PCR
Abstrich, vordere Nase, Fachpersonal; im Mittel abgenommen 10 Tage nach SB ⁵	PCR	SE = 80% (24/30)	Abstrich, Fachpersonal, bei schon bestätigten COVID-19-Patient*innen; Goldstandard: mindestens ein positiver Abstrich aus NP-Abstrich, vorderer Nase oder Rachen, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen ¹³	PCR	Test-Positivität = 85% (23/27)	Positivität bei selbst abgenommenem oder bei von Fachpersonal abgenommenem (NP) Abstrich, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen ¹⁴	PCR	SE = 94% (47/50)	Abstrich, Fachpersonal, NP, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen, hohe Viruslast (>10 ⁷ RNA-Kopien/Abstrich) ⁵	Antigen-Schnelltest (Roche)	SE = 96% (24/25)	Abstrich, Fachpersonal, OP/NP, PCR
Abstrich, vordere Nase, selbst abgenommen ⁹	PCR	SE = 100% (17/17)	Positiver Abstrich bei von Fachpersonal abgenommenem (OP-/AN- oder OP-/NP-) Abstrich, PCR

Tab. 3 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahmen aus der vorderen Nase (anterioren Nase)

KI = Konfidenzintervall; OP = oropharyngeal; NA = NP = nasopharyngeal; PCR = Polymerasekettenreaktion; SB = Symptombeginn; SE = Sensitivität Ct = Ct-Wert (cycle threshold). Der Ct-Wert ist ein Ergebnis einer Polymerasekettenreaktion (PCR-Test) und ist ein relatives Maß dafür, wie viele RNA-Kopien sich in der Probe befinden. Die Beziehung ist jedoch invers: Je höher der Ct-Wert, desto niedriger ist die RNA-Konzentration in der Probe.

sind weniger Aerosolisierung bzw. Verbreitung von Tröpfchen durch den geschlossenen Mund sowie kein Würgen. Abstriche vom Gaumen wurden unseres Wissens international nicht getestet, es konnten weder Übersichtsarbeiten, Meta-Analysen noch Einzelstudien identifiziert werden. In unserer Untersuchung gibt es nur eine kleine Anzahl Proband*innen, deren Ergebnis mit positiven, von Fachpersonal abgenommenen Proben verglichen werden konnte (s. Tab. 4).

1.5 Spülflüssigkeit vom Rachen (Rachenspülflüssigkeit, RSP)

Bei der Rachenspülung wird eine Flüssigkeit, typischerweise physiologische Kochsalzlösung, gegurgelt und danach in einen Behälter ausgespuckt. Je nach Spülvolumen und -technik ist es denkbar, dass Verdünnungseffekte eintreten könnten. Ein weiterer Nachteil ist die mögliche Aerosolgenerierung. Auch wenn die Ergebnisse für eine hohe Sensitivität sprechen, muss bedacht werden, dass die Zahl der Studien begrenzt ist (s. Tab. 5). Eine Übersichtsarbeit oder Meta-Analyse konnte nicht identifiziert werden.

1.6 Speichel

Speichel wird am besten morgens vor dem Zähneputzen gewonnen und ist auch für selbst abgenommene Proben, insbesondere auch von Kindern, ge-

eignet.¹⁷ Mit Ausnahme von zwei Studien^{12,18} liegt die Sensitivität bzw. Test-Positivität um 90%, in der Meta-Analyse von Czumbel bei 91% (95% KI=80–99%) (s. Tab. 6).³ Die Sensitivität sinkt mit sinkender Viruslast, bei symptomlosen Patient*innen und wenn SARS-CoV-2 mittels Antigen-Schnelltest nachgewiesen wird.¹²

1.7 Sputum

Sputum gilt als Probe aus den tiefen Atemwegen und kann, sofern eine Gewinnung möglich ist, von hohem Wert sein. In der Meta-Analyse von Mohammadi erzielt sie (innerhalb von 7 Tagen nach SB entnommen) von allen Probenahmetypen die höchste Sensitivität (98%; 95% KI=89–100%) (s. Tab. 7).⁴ Acht bis 14 Tage nach SB liegt die Sensitivität bei 69% (95% KI=57–80%), verglichen mit NP-Proben (59%; 95% KI=53–64%) und OP-Proben (35%; 95% KI=27–43%).⁴ Problematisch bei Sputum kann sein, dass viele Patient*innen keinen produktiven Husten haben, was die Abgabe von Sputum erschwert.²⁶

1.8 Stuhl

Stuhlproben spielen in der Primärdiagnostik keine größere Rolle und werden eher aus wissenschaftlichem Interesse gewonnen. In einer Untersuchung unter 74 COVID-19-Patient*innen waren bei 41 auch die Stuhlproben positiv. Von diesen 41 Patient*-

Testmethode	Labormethode	Sensitivität	Vergleich
Abstrich Gaumen, selbst abgenommen, PCR; bis zum 5. Tag nach SB (RKI)	PCR	SE=64% (7/11)	Abstrich, Fachpersonal (OP bzw. OP/NP), PCR

Tab. 4 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahmen vom Gaumen

OP=oropharyngeal; NP=nasopharyngeal; PCR=Polymerasekettenreaktion; SB=Symptombeginn; SE=Sensitivität; RKI=Robert Koch-Institut

Testmethode	Labormethode	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
RSP, innerhalb 3 Tage nach Diagnose ⁵	PCR	SE=100% (50/50)	gepaarter OP/NP-Abstrich, PCR
RSP bei Patient*innen, 8 Wochen nach SB ¹⁶	PCR	SE=100% (7/7 positive) bei 11 bekannten COVID-19-Patient*innen	Goldstandard: RSP ODER NP-Abstrich positiv, PCR

Tab. 5 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahme mittels Rachenspülung

RSP=Rachenspülflüssigkeit; OP=oropharyngeal; NP=nasopharyngeal; PCR=Polymerasekettenreaktion; SB=Symptombeginn; SE=Sensitivität

Testmethode	Labormethode	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
Speichelprobe, innerhalb von 5 Tagen nach Diagnose ¹⁸	PCR	81 % (25/31) der Speichelproben positiv, 71 % (22/31) der NP-Proben positiv	NP-Test-Positivität versus Speichelproben-Test-Positivität unter 70 laborbestätigten Patient*innen, PCR
Speichelprobe ¹⁹	PCR	89 % (49/55) Test-Positivität bei laborbestätigten COVID-19-Pt	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Speichelprobe ²⁰	PCR	89 % (8/9) Test-Positivität bei laborbestätigten COVID-19-Pt	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Speichelprobe innerhalb von 7 Tagen nach SB ²¹	PCR	88 % (14/16) Test-Positivität bei laborbestätigten COVID-19-Pt	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Speichelprobe im Median von 2 Tagen nach Krankenhausaufnahme ²²	PCR	92 % (11/12) Test-Positivität bei laborbestätigten COVID-19-Patient*innen	Patient*innen waren vorher laborbestätigt via NP-Abstrich oder Sputum
Speichelprobe ²³	PCR	91 % (39/43) Sensitivität	Positiver NP- oder Speicheltest als Goldstandard
Speichelprobe innerhalb von 7 Tagen nach SB ²⁴	PCR	89 % (32/36) Test-Positivität	Patient*innen waren vorher laborbestätigt
Speichelprobe, Meta-Analyse ³	PCR	5 Publikationen, keine der oberen enthalten; 91 % (95 % KI = 80–99 %) Test-Positivität unter 123 vorher laborbestätigten Patient*innen	Patient*innen waren vorher laborbestätigt
Speichelprobe, Meta-Analyse ²⁵	PCR	Symptomatische Patient*innen: 24 Publikationen, enthalten, ^{18,19,21} 87 % (95 % KI = 82–91 %; 1.437 Proben) Sensitivität	Positiver NP-Abstrich (Fachpersonal) oder positive Speichelprobe
Speichelprobe, Meta-Analyse ²⁵	PCR	Symptomlose Personen: 8 Publikationen, keine der oberen enthalten, 86 % (95 % KI = 70–94 %; 357 Proben) Sensitivität	Positiver NP-Abstrich (Fachpersonal) oder positive Speichelprobe
Speichelprobe ¹²	Antigen-Schnelltest (Panbio™ COVID-19)	symptomatische Patient*innen: Ct < 25: SE = 41 % (95 % KI = 28–56 %; 21/51) Ct < 30: SE = 37 % (95 % KI = 26–50 %; 25/67)	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR
Speichelprobe ¹²	Antigen-Schnelltest (Panbio™ COVID-19)	symptomlose Personen: Ct < 25: SE = 25 % (95 % KI = 7–57 %; 3/12) Ct < 30: SE = 15 % (95 % KI = 4–39 %; 3/20)	NP-Abstrich durch Fachpersonal, PCR

Tab. 6 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahme über Speichelgewinnung

KI = Konfidenzintervall; NP = nasopharyngeal; PCR = Polymerasekettenreaktion; SB = Symptombeginn; SE = Sensitivität; Ct = Ct-Wert (cycle threshold)

Testmethode	Labormethode	Sensitivität bzw. Test-Positivität	Vergleich
Sputumprobe, innerhalb von 7 Tagen nach SB ²⁷ (ist in ⁴ enthalten)	PCR	milde Erkrankung: 82 % (37/45) Anteil positive Tests bei laborbestätigten Patient*innen schwere Erkrankung: 89 % (8/9) Anteil positive Tests bei laborbestätigten Patient*innen	Patient*innen waren vorher laborbestätigt
Abstrich, Meta-Analyse, innerhalb 7 Tagen nach SB ⁴	PCR	98 % (95 % KI = 89–100 %); 11 Publikationen; Anteil positive Tests bei laborbestätigten COVID-19-Patient*innen	vorher laborbestätigte Patient*innen

Tab. 7 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahme über Sputumgewinnung

KI = Konfidenzintervall; PCR = Polymerasekettenreaktion; SB = Symptombeginn

innen wurden prospektiv alle zwei Tage Atemwegs- und Stuhlproben genommen. Dabei waren die Stuhlproben durchschnittlich 11 Tage länger PCR-positiv als die Atemwegsproben.²⁸ Ähnliches wurde auch in einer kleinen Fallserie von drei Kindern beobachtet.²⁹ Bei Kleinkindern oder Säuglingen sind

Stuhlproben generell manchmal die einzige Möglichkeit, eine Probe zu erhalten. Eine Meta-Analyse konnte gefunden werden, die die Test-Positivität bestimmte. Lediglich bei 44 % der Patient*innen und 34 % der Proben waren die Tests positiv (s. Tab. 8).

Aspekt 2: Selbst abgenommene Proben: Vergleichbarkeit mit von Fachpersonal abgenommenen Proben, Praktikabilität und Akzeptanz

2.1 Vergleich zwischen von Patient*innen und von Fachpersonal abgenommenen Proben

2.1.1 In einer australischen Studie hatten sich 17 Patient*innen separat Proben von der Nase bzw. dem Rachen (OP) abgenommen, Fachpersonal hatte kombinierte vordere Nase-/Rachenproben bzw. NP/OP-Proben genommen. Die Sensitivität war mit 100 % (Nase; 17/17) bzw. 94 % (Rachen (OP); 16/17) hoch.⁹

2.1.2 Für die RKI Selbstabnahme-Studie konnten zwischen 17.03. und 01.05.2020 insgesamt 305 Personen an den beiden oben genannten Studienorten rekrutiert werden. Das mediane Alter lag bei 39 Jahren (Interquartilsbereich 30–51 Jahre), 53 % waren weiblich. Von den 305 Abstrichen durch medizinisches Personal wurden 34 positiv auf SARS-CoV-2 getestet. Für die Patient*innenproben wurde für alle Abstriche die gleiche Art Abstrichtupfer verwendet und die Proben gleich behandelt und analysiert.

Von den 34 von medizinischem Personal positiv-getesteten Personen testeten sich 23/34 (68 %) im Nasen- (AN), 25/34 (74 %) Gaumen- und 24/30 (80 %) im Rachenabstrich (OP) positiv auf SARS-CoV-2 (s. Tab. 9). Elf der 34 Patient*innen hatten sich ihre Probe innerhalb von 5 Tagen nach SB genommen, die übrigen zwischen sechs und 17 Tagen nach SB. Bei diesen elf Personen lag der Ct-Wert der von Fachpersonal genommenen Abstriche (E-Gen) zwischen 18 und 36, der Median war 27. Im Vergleich zu den von Fachpersonal abgenommenen Proben lag die Sensitivität bei diesen Patient*innen bei 82 % (9/11) in der Nasen- bzw. Rachenprobe und bei der Gaumenprobe bei 64 % (7/11) (s. o. 1.2–1.4).

Die von Fachpersonal genommenen Abstriche bei den Proband*innen, die in der Charité rekrutiert wurden, wurden im Labor Berlin analysiert. Für diese Proben lagen keine Ct-Werte vor und ein direkter Vergleich der RNA-Mengen in den von Fachpersonal und selbst abgenommenen Proben war daher nicht möglich. [Abbildung 1](#) zeigt die Ergebnisse für diejenigen Probenpaare (Fachpersonal/Patient*in), bei denen in beiden Abstrichen SARS-CoV-2 nach-

Testmethode	Labormethode	Sensitivität bzw. Positivität	Vergleich
Stuhlprobe, Meta-Analyse ³⁰	PCR	44 % (95 % KI=33–55 %) der Patient*innen und 34 % der Proben (95 % KI=20–49 %)	laborbestätigte Patient*innen

Tab. 8 | Übersicht über Literatur zu Probeabnahme über Stuhlgewinnung

KI=Konfidenzintervall; PCR=Polymerasekettenreaktion

	Fachpersonal	%	Selbst abgenommener Abstrich					
			Vorderer Nasenabstrich	%	Gaumenabstrich	%	Rachenabstrich	%
gesamt	305	100						
negativ	271	89						
positiv	34	11						
gesamt			34	100	34	100	30	100
negativ			11	32	9	26	6	20
positiv			23	68	25	74	24	80
innerhalb 5 Tagen nach SB								
gesamt	11	100	11	100	11	100	11	100
negativ			2	18	4	36	2	18
positiv			9	82	7	64	9	82

Tab. 9 | Anzahl SARS-CoV-2 positiver Abstriche durch Fachpersonal im Vergleich zu selbst abgenommenen Abstrichen aus vorderer Nase, Gaumen und Rachen. SB=Symptombeginn

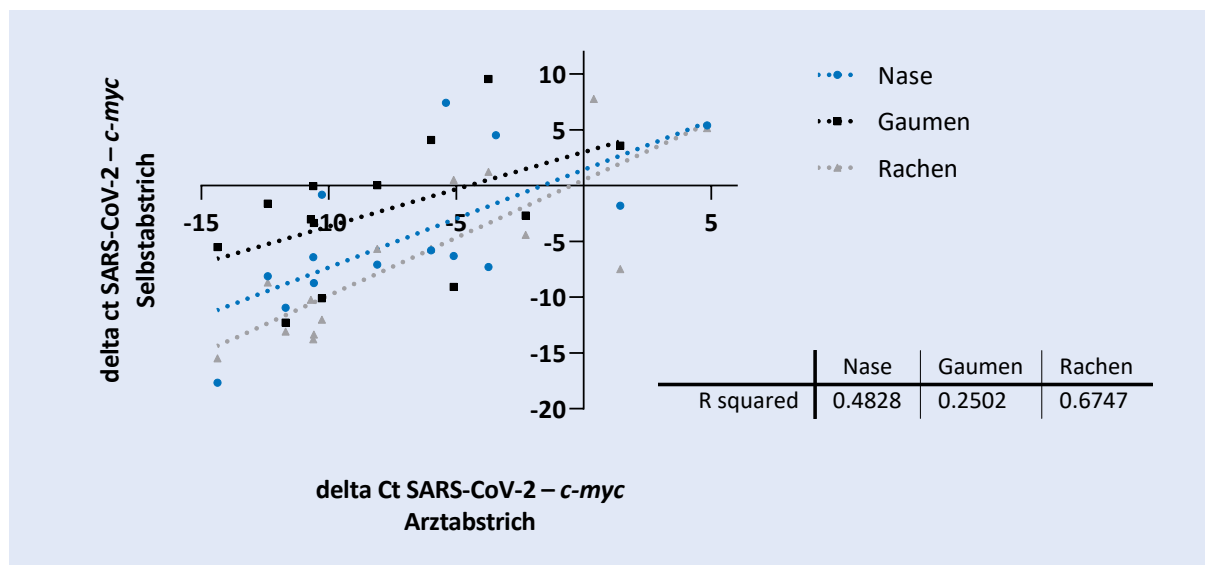


Abb. 1 | Vergleich SARS-CoV-2 RNA-Last im Abstrich durch Fachpersonal versus selbst genommene Abstrich bezogen auf das zelluläre Gen *c-myc* für in beiden Abstrichen SARS-CoV-2 positive Proben. „delta“= Differenz der Ct-Werte bzgl SARS-CoV-2 und *c-myc*. Die Punkte wurden linear angepasst (gepunktete Linie), das Bestimmtheitsmaß (R^2 ; R squared) ist unten rechts angegeben.

gewiesen wurde. Die Korrelation der SARS-CoV-2-RNA-Menge zwischen Abstrich durch medizinisches Personal und den jeweils selbst abgenommenen Nasen-, Gaumen- bzw. Rachenabstrichen bezog sich auf das zelluläre Gen *c-myc*, welches als Marker für die Qualität der Abnahme der Probe gilt. Die Korrelation der RNA-Lasten zwischen Abstrich durch Fachpersonal (OP-Probe) und selbst genommene Rachenabstrich ist am besten; dies ist vermutlich dadurch bedingt, dass ersterer ebenfalls ein Rachenabstrich war.

Zusätzlich wurde eine Stichprobe selbst abgenommener Proben (aus vorderer Nase, vom Gaumen und aus dem Rachen) von 100 Patient*innen, deren Proben im Abstrich durch medizinisches Personal negativ gewesen waren, auf das Vorkommen und die Menge von *c-myc* untersucht. Die durchschnittlichen, maximalen und minimalen Ct-Werte für *c-myc* sind in [Tabelle 10](#) dargestellt.

Zwar wird aus [Tabelle 10](#) deutlich, dass es bei allen drei Probentypen eine gewisse Spannweite der Ct-Werte gibt, aber es kann auch gesagt werden, dass die Unterschiede der Mittelwerte der *c-myc*-Ct-Werte in allen drei Gruppenvergleichen signifikant ist ($p < 0,01$), mit den höchsten durchschnittlichen *c-myc*-Nukleinsäuremengen im Nasenabstrich. Von

100 Nasenabstrichen konnte bei einer (1%) Probe kein *c-myc* nachgewiesen werden, von 98 Rachenabstrichen (bei zwei Personen wurden keine Rachenabstriche genommen) wiesen 3 (3%) kein *c-myc* auf und von 100 Gaumenabstrichen war bei 18 (18%) kein *c-myc* nachweisbar. Dies verdeutlicht, wie wichtig die Qualität des Abstriches ist und dass im Vergleich zu Proben vom Gaumen in Nasen- und Rachenabstrichen eher zelluläre Bestandteile enthalten sind, die eine verlässliche Aussage zum Vorhandensein von SARS-CoV-2-RNA ermöglichen. Ein Patient, dessen Nasenabstrich kein *c-myc* enthielt, hatte seine Nasenschleimhäute am Morgen mit einer Nasencreme eingecremt.

2.1.3 In einer dritten Studie wurden an einem Studienort Rachenabstriche nur von Fachpersonal

Probenart	Nase (n = 99)	Gaumen (n = 82)	Rachen (n = 95)
Durchschnitt Ct-Wert	30,13	34,89	33,53
Standardabweichung	1,78	2,76	2,97
Max	35,09	43,85	41,99
Min	26,75	28,83	25,56

Tab. 10 | Vergleich der Nukleinsäure-Menge für *c-myc* (dargestellt als Ct-Werte) in selbst abgenommenen Nasen- und Rachenabstrichen

(N=1663), an einem anderen Studienort nur von den Patient*innen selbst abgenommen (N=2.445); es lagen also keine gepaarten Proben von den gleichen Patient*innen vor.³¹ Die Zusammensetzung nach Alter und Geschlecht der Patient*innen war an den beiden Studienorten ähnlich. Hier zeigte sich, dass der Positivenanteil in der Gruppe der Patient*innen, deren Proben von Fachpersonal abgenommen wurde, in den 10 Jahres-Altersstraten (zwischen 10–69 Jahren) ähnlich hoch war wie in der Gruppe der Patient*innen, die sich ihre Probe selbst abgenommen hatten. Wenn überhaupt, war der Positivenanteil bei den von den Patient*innen selbst abgenommenen Proben höher. Dies kann als indirekter Hinweis gewertet werden, dass die von Patient*innen abgenommenen Proben ähnlich sensitiv sind wie die von Fachpersonal genommenen.

2.1.4 Prinzipiell ist es auch möglich, dass sich Patient*innen nicht nur Proben selbst abnehmen, sondern mit Hilfe von Antigen-Schnelltests auch selbst auf SARS-CoV-2 testen. Dies wurde in einer vierten Studie untersucht. Lindner et al. untersuchten nicht nur den Vergleich der Ergebnisse von Proben, die von Patient*innen selbst versus Fachpersonal und an verschiedenen Probenahmeorten abgenommen wurden, sondern berücksichtigten auch, dass die von Patient*innen genommenen Proben durch einen Antigen-Schnelltest untersucht wurden und die von Fachpersonal genommenen mittels PCR.³² Dabei zeigte sich, dass bei 24 (96%) von 25 Patient*innen, deren von Fachpersonal abgenommene, kombinierte OP-/NP-Proben positiv waren und eine hohe Viruslast (10^7 RNA-Kopien/Abstrich) hatten, auch die von den Patient*innen selbst abgenommene Probe positiv war. Die Patient*innen hatten sich ihre Probe dabei aus der vorderen Nase abgenommen und sie wurde mittels Antigen-Schnelltest analysiert.⁵

Selbst bei Proben, die in der ersten Woche nach Erkrankungsbeginn aus der vorderen Nase genommen werden, kann die Sensitivität erheblich sinken, wenn einer oder beide der folgenden Faktoren zutreffen: niedrigere Viruslast bzw. Verwendung eines Schnelltests zum Nachweis von Virusantigenen. Dabei kann die Spezifität gleichzeitig hoch oder sehr hoch sein (bis zu 100%). Ähnliches gilt für Speichel, für den z. B. laut Agullo et al. eine noch niedrigere Sen-

sitivität als bei Abstrichen aus der vorderen Nase gefunden wurde.¹²

Aspekt 2.2: Praktikabilität

Bezüglich der Durchführbarkeit/Praktikabilität der Ausführung zeigte unsere Studie, dass von den drei untersuchten Abnahmeorten Abstriche aus der vorderen Nase für die Patient*innen am praktikabelsten sind. Keiner der Patient*innen gab an, Schwierigkeiten mit der Ausführung gehabt zu haben. Bei Gaumen- bzw. Rachenabstrichen hatten 10 % bzw. 8 % der Patient*innen Schwierigkeiten.

Aspekt 2.3: Akzeptanz

In der RKI-Studie haben die Patient*innen den eigenen Abstrich aus der Nase auch als am wenigsten unangenehm empfunden. Alle Patient*innen beurteilten die eigene Abnahme aus der Nase als gut tolerierbar; dies war bei Proben vom Gaumen bei 95 % und vom Rachen bei 50 % der Fall. Dagegen berichteten Heidrich et al. von einer „hohen Akzeptanz“ bei der Abnahme der Rachenabstriche durch die Patient*innen selbst.³¹ Auch Speichelproben und Rachenspülung dürften prinzipiell von Patient*innen gut toleriert werden, da sie nicht invasiv sind.

Fazit

Aspekt 1 (Vergleich verschiedener Abnahmeorte und -modi bzw. -material)

Bei den üblicherweise von Fachpersonal genommenen OP- und NP-Proben gelangen die Studien zur Sensitivität bzw. Test-Positivität zu zum Teil sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Die Werte sind in den ersten fünf bis sieben Tagen nach SB deutlich höher als danach. Sputum ist als tiefe Atemwegsprobe möglicherweise den üblichen OP- bzw. NP-Proben auch schon in der ersten Woche der Erkrankung überlegen, ist aber nicht immer von den Patient*innen zu erhalten und gefährdet möglicherweise das Personal wegen der Aerosolgenerierung. In Meta-Analysen kommt die NP-Probe zu einer etwas höheren Test-Positivität als die OP-Probe.

Aspekt 2 (Selbst abgenommene Proben: Vergleichbarkeit mit von Fachpersonal abgenommenen Proben, Praktikabilität und Akzeptanz)

Angeleitete Selbstbeprobungen durch Patient*innen können eine Exposition für das Gesundheits-

personal verringern. Zu den für die Selbstabnahme gut geeigneten Proben gehören die Abstriche aus der vorderen Nase, Rachenspülflüssigkeit und die Speichelprobe. Alle sind leicht zu nehmen und weisen in der ersten Erkrankungswoche bzw. bei hoher Viruslast eine hohe Sensitivität bzw. Test-Positivität auf. Eine Studie zu Speichelproben weicht auch bei hoher Viruslast stark zu einer niedrigeren Sensitivität hin ab. Wichtig ist bei der Speichelprobe die Probenabnahme morgens vor dem Zähneputzen bzw. generell bei allen selbst genommenen Proben eine sorgfältige Instruktion. Der Einsatz der selbst abgenommenen Proben ist sinnvoll bei symptomatischen Patient*innen in den ersten Krankheitstagen; im Antigen-Schnelltest positive Proben erfordern aber immer eine Bestätigung durch eine Untersuchung mit PCR-Test.¹ Bei einem Screening symptomloser Personen sind selbst abgenommene Proben – insbesondere wenn ein Antigen-Schnelltest Verwendung findet, deutlich weniger sensitiv, haben aber dennoch im Rahmen regelmäßiger Testung eine Bedeutung in strategischen Konzepten.²

Sowohl ein positiver als auch ein negativer Test erfordert eine klare Interpretation des Ergebnisses (bezüglich der Möglichkeit falsch-positiver bzw. falsch-negativer Ergebnisse).¹ Stuhlproben haben keine guten Test-Eigenschaften, können aber u. U. sehr spät im Erkrankungsverlauf noch positiv sein und sind am ehesten bei Kleinkindern oder Säuglingen ein alternativer Abnahmeort.

Wenngleich auch mit selbst abgenommenen Rachenabstrichen gute Ergebnisse erzielt wurden, scheinen die vordere Nase und Speichel in der ersten Erkrankungswoche hinsichtlich Sensitivität, Praktikabilität und Akzeptanz am ehesten geeignet zu sein; ähnliches dürfte für die Rachenspülflüssigkeit gelten. Bei hoher Viruslast erreichen aus der vorderen Nase selbst abgenommene Proben, die mittels Antigen-Schnelltest getestet werden, eine hohe Sensitivität, müssen dann aber – wie jede im Antigen-Schnelltest positive Probe – durch eine von Fachpersonal abgenommene und mittels PCR getestete Probe bestätigt werden.

Literatur

- 1 Seifried J, et al.: Was ist bei Antigentests zur Eigenanwendung (Selbsttests) zum Nachweis von SARS-CoV-2 zu beachten? *Epid Bull* 2021;8:3-9.
- 2 Seifried J, et al.: Antigentests als ergänzendes Instrument in der Pandemiebekämpfung. *Epid Bull* 2021;17:3-14.
- 3 Czumbel LM, et al.: Saliva as a Candidate for COVID-19 Diagnostic Testing: A Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*, 2020. 7: p. 465.
- 4 Mohammadi A, et al.: SARS-CoV-2 detection in different respiratory sites: A systematic review and meta-analysis. *EBioMedicine*. 2020;59:102903.
- 5 Lindner AK, et al.: Head-to-head comparison of SARS-CoV-2 antigen-detecting rapid test with professional-collected nasal versus nasopharyngeal swab. *Eur Respir J*, 2021.
- 6 Berenger BM, et al.: Sensitivity of Nasopharyngeal, Nasal and Throat Swab for the Detection of SARS-CoV-2. Epub 08.05.2020. DOI: 10.1101/2020.05.05.20084889. Abgerufen am: 29.03.2021. Verfügbar unter: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.05.05.20084889v1>. medRxiv, 2020.
- 7 Covid-19 Investigation Team, Clinical and virologic characteristics of the first 12 patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the United States. *Nat Med*, 2020. 26(6): p. 861-868.
- 8 Wölfel R, et al.: Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, 2020. 581(7809): p. 465-469.
- 9 Wehrhahn MC, et al.: Self-collection: An appropriate alternative during the SARS-CoV-2 pandemic. *J Clin Virol*, 2020. 128: p. 104417.

- 10 Wang W, et al.: Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *JAMA – Journal of the American Medical Association*, 2020. 323(18): p. 1843-1844.
- 11 Pan Y, et al.: Viral load of SARS-CoV-2 in clinical samples. *Lancet Infect Dis*, 2020. 20(4): p. 411-412.
- 12 Agullo V, et al.: Evaluation of the rapid antigen test Panbio COVID-19 in saliva and nasal swabs in a population-based point-of-care study. Epub 09.12.2020. 10.1016/j.jinf.2020.12.007. *J Infect*, 2020.
- 13 Kojima N, et al.: Self-Collected Oral Fluid and Nasal Swabs Demonstrate Comparable Sensitivity to Clinician Collected Nasopharyngeal Swabs for Covid-19 Detection. *Clin Infect Dis* 2020;ciaa1589. Epub 2020 Oct 19. DOI: 10.1093/cid/ciaa1589, 2020.
- 14 Tu YP, et al.: Swabs Collected by Patients or Health Care Workers for SARS-CoV-2 Testing. *N Engl J Med*; 2020; 383(5):494-496.
- 15 Mittal A, et al.: Gargle lavage as a viable alternative to swab for detection of SARS-CoV-2. *Indian J Med Res*; 2020; 152(1 & 2):77-81.
- 16 Guo WL, et al.: Effect of throat washings on detection of 2019 novel coronavirus. *Clin Infect Dis*; 2020; 71(8):1980-1981.
- 17 Hung DL, et al.: Early-Morning vs Spot Posterior Oropharyngeal Saliva for Diagnosis of SARS-CoV-2 Infection: Implication of Timing of Specimen Collection for Community-Wide Screening. *Open Forum Infect Dis*, 2020. 7(6): p. ofaa210.
- 18 Wyllie AL, et al.: Saliva or Nasopharyngeal Swab Specimens for Detection of SARS-CoV-2. *N Engl J Med*; 2020; 383(13):1283-1286.
- 19 Chen JH, et al.: Evaluating the use of posterior oropharyngeal saliva in a point-of-care assay for the detection of SARS-CoV-2. *Emerg Microbes Infect*; 2020; 9(1):1356-1359.
- 20 Iwasaki S, et al.: Comparison of SARS-CoV-2 detection in nasopharyngeal swab and saliva. *Journal of Infection*; 2020; 81(2):e145-e147.
- 21 Jamal AJ, et al.: Sensitivity of nasopharyngeal swabs and saliva for the detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Clin Infect Dis*; 2020; 72(6):1064–1066.
- 22 To KK, et al.: Consistent detection of 2019 novel coronavirus in saliva. *Clin Infect Dis*; 2020; 71(15):841-843.
- 23 Kandel C, et al.: Detection of SARS-CoV-2 from Saliva as Compared to Nasopharyngeal Swabs in Outpatients. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/1999-4915/12/11/1314>. Aufgerufen am 17.12.2020 *Viruses*. 2020;12(11):1314.
- 24 Basso D, et al.: Salivary SARS-CoV-2 antigen rapid detection: A prospective cohort study. *Clin Chim Acta*, 2021. 517: p. 54-59.
- 25 Bastos ML, et al.: The Sensitivity and Costs of Testing for SARS-CoV-2 Infection With Saliva Versus Nasopharyngeal Swabs: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Intern Med*, 2021.
- 26 Huang C, et al.: Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*; 2020; 395(10223):497-506.
- 27 Yang Y, et al.: Evaluating the accuracy of different respiratory specimens in the laboratory diagnosis and monitoring the viral shedding of 2019-nCoV infections. *MedRxiv*, 2020.
- 28 Wu Y, et al., Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *Lancet Gastroenterol and Hepatol*, 2020. 5(5): p. 434-435.
- 29 Xing YH, et al.: Prolonged viral shedding in feces of pediatric patients with coronavirus disease 2019. *J Microbiol Immunol Infect*; 2020; 53(3):473-480.
- 30 Wong MCS, et al.: Detection of SARS-CoV-2 RNA in fecal specimens of patients with confirmed COVID-19: a meta-analysis. *J Inf*; 2020; 81(2):e31-e38, 2020.
- 31 Heidrich J, et al.: Abstrich durch den Patienten: Wie zuverlässig ist die Methode? *Hamburger Ärzteblatt*; 2020; 73(06): p. 40-41. Verfügbar unter: https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2020/104416/pdf/Hamburger_Aerzteblatt_20206.pdf. Aufgerufen am 17.12.2020, 06: p. 40-41.
- 32 Lindner AK, et al.: Head-to-head comparison of SARS-CoV-2 antigen-detecting rapid test with self-collected anterior nasal swab versus professional collected nasopharyngeal swab. Verfügbar unter: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.26.20219600v1>. Aufgerufen am: 17.12.2020 *medRxiv*.

Autorinnen und Autoren

^{a)} Dr. Udo Buchholz | ^{b)} Dr. Muna Abu Sin |
^{c)} Dr. Anna Stolaroff-Pépin | ^{d)} Dr.-Ing. Janine Michel |
^{d)} Prof. Dr. Andreas Nitsche | ^{e)} Prof. Dr. Lars Schaade |
^{a)} Prof. Dr. Walter Haas | ^{f)} Dr. Isabel Bosse

^{a)} RKI, Abt. 3, FG 36 Respiratorisch übertragbare
Erkrankungen

^{b)} RKI, Abt. 3, FG 37 Nosokomiale Infektionen,
Surveillance von Antibiotikaresistenz und -verbrauch

^{c)} RKI, Abt. 3, FG 33 Impfprävention

^{d)} RKI, ZBS 1 Hochpathogene Viren

^{e)} RKI, Zentrum für Biologische Gefahren und Spezielle
Pathogene

^{f)} Deutsches Rotes Kreuz, Generalsekretariat Berlin

Korrespondenz: BuchholzU@rki.de

Vorgeschlagene Zitierweise

Buchholz U, Abu Sin M, Stolaroff-Pépin A, Michel J,
Nitsche A, Schaade L, Haas W, Bosse I: Spektrum
diagnostischer Proben zum Nachweis von
SARS-CoV-2, Selbstabnahme durch Patient*innen
und möglicher Einsatz von Antigen-Tests

Epid Bull 2021;17:15-26 | DOI 10.25646/8309

(Dieser Artikel ist online vorab am 19. April 2021
erschienen.)

Interessenkonflikt

Alle Autorinnen und Autoren geben an, dass kein
Interessenkonflikt besteht.

Danksagung

Wir möchten uns bei den Studienteilnehmer*innen
bedanken sowie bei Viktoria Streib, Kerstin Prahm,
Magdalena Simstich und Ann-Sophie Lehfeld für die
organisatorische Unterstützung; bei PD Dr. Robin
Köck für die Kooperation im Bereich DRK-Westend,
Dr. Denis Hedeler (Gesundheitsamt Berlin-Treptow-
Köpenick) und Mareike Kunze (Gesundheitsamt
Berlin-Mitte) für die Unterstützung in der Patient*in-
nengewinnung; bei Ina Kitzmann und Jörg Lekschas
für die Unterstützung im Studienkonzept zur Ein-
haltung des Datenschutzes, Ursula Erikli für sorgfäl-
tige Editierung, Prof. Martin Mielke für seinen Input
und bei allen Personen (im Laufe der Zeit bis zu
100 verschiedene Personen), die in ZBS 1 im RKI die
SARS-CoV-2-Diagnostik durchführen und unterstützen.