



Ökonomische Analyse eines modellhaften COVID-19 Testkonzeptes zur Begegnung  
infektionsbiologisch bedingter Krisen.

## Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B. Sc.)“ im Studiengang  
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für  
Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität  
Hannover.

Vorgelegt von: Jan Fischer ( [REDACTED] )

Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 5. März 2021

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	IV
Diagrammverzeichnis.....	V
Verzeichnis verwendeter Abkürzungen.....	V
Einführung.....	- 7 -
<i>Hypothesenentwicklung</i> .....	- 7 -
Grundlagen.....	- 9 -
<i>Grundlagen MCA</i> .....	- 9 -
Ablaufarchitektur Datenaufnahme.....	- 10 -
<i>Kostenanalyse</i> .....	- 12 -
Grundannahmen.....	- 12 -
Kostenannahmen.....	- 13 -
Container/Probennahme.....	- 13 -
Transport Kunde → Labor.....	- 15 -
Labor und PCR.....	- 16 -
Informationsverarbeitung und Dokumentation.....	- 17 -
<i>Kalkulation</i> .....	- 18 -
Container und Probennahme.....	- 18 -
PCR und Labor.....	- 20 -
Informationsverarbeitung und Dokumentation.....	- 21 -
Gesamtkosten.....	- 21 -
Auswertung und Analyse.....	- 23 -
<i>Kostenreduktion über den Kostensplit</i> .....	- 23 -
Variable Labor- und Containerkosten.....	- 23 -
Erhöhung der Testkadenz.....	- 23 -
<i>Konzept zur Voranmeldung</i> .....	- 24 -
Anforderungen und Funktionen.....	- 24 -
Auswahl des passenden Mediums.....	- 25 -
Beispielhafter Aufbau.....	- 26 -
Szenarien für Effizienzgewinne.....	- 31 -

Kalkulation der Effizienzgewinne.....	- 33 -
Entfernungsabhängigkeit.....	- 35 -
Entfernungsabhängigkeit und Testkapazität in Kombination.....	- 39 -
Fazit .....	- 42 -
<i>Ergebnis/praktischer Beitrag</i> .....	- 42 -
<i>Kritische Diskussion</i> .....	- 43 -
<i>Ausblick</i> .....	- 43 -
Referenzen .....	- 44 -
Anhänge .....	- 46 -
<i>Validierung des Verfahrens</i> .....	- 46 -
Antigen-Schnelltests .....	- 48 -
RT-PCR-Analyse.....	- 51 -
<i>App zur Voranmeldung</i> .....	- 53 -
Quellcode .....	- 53 -
Anmeldeformular .....	- 56 -
Lizenz für verwendete Bibliotheken .....	- 58 -
<i>Absolute Testkosten in Abhängigkeit von Abstrichzeit und Entfernung</i> .....	- 59 -
<i>Relative Testkosten in Abhängigkeit der Abstrichzeit und Entfernung</i> .....	- 62 -
Danksagung .....	- 66 -
Ehrenwörtliche Erklärung.....	- 67 -

## Einführung

Alle Epidemien und Pandemien der jüngeren Geschichte sind zoonotisch bedingt, entstehen also in Lebensgemeinschaften von Mensch und Tier (1). Der Mensch dringt immer weiter in den Lebensraum von Tieren ein, dadurch verknüpft selbiger. In der Folge kommt es zu häufigeren Kontakten zwischen möglichen Wirten oder Zwischenwirten von Viren und von Menschen. Aus einer Übertragung kann und wird sich in Zukunft häufiger eine Epidemie oder Pandemie entwickeln (2).

Als prominente Beispiele sind neben dem sich 2020 rasch verbreitenden SARS-CoV-2 (3) auch das HI-Virus, das Ebolavirus oder das für die Spanische Grippe verantwortliche Influenzavirus zu nennen. Die ersten Fälle lassen sich hier auf Kontakt zu Fledertieren bei Ebola, zu Affen bei HIV und zu Rindern bei der Spanischen Grippe zurückführen (1).

Die Mittel zur Eindämmung von Infektionskrankheiten sind bekannt: Solange kein Impfstoff in ausreichender Menge zur Verfügung steht, müssen infektiöse Personen identifiziert und isoliert werden. Zielgerichtetes und schnelles Handeln ist von zentraler Bedeutung (4).

Im Jahr 2020 werden Deutschland und die Welt von der SARS-CoV-2 Pandemie getroffen. Die wellenartig verlaufende Infektionsdynamik ist dabei vergleichbar mit vergangenen Pandemien, das lässt den Schluss einer Extrapolation vergleichbarer Szenarien in der Zukunft zu (1).

In weiten Teilen der Welt kommt es infolge des COVID-19 Ausbruches zu harten Einschränkungen des öffentlichen Lebens und der Wirtschaft. In Italien wurden beispielsweise per Gesetzesdekret vom 22. März 2020 alle kommerziellen Produktionsaktivitäten bis auf einzelne Ausnahmen für zwei Wochen ausgesetzt (5). Die Folge sind erhebliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Schäden, die zum Schutz von Menschenleben in Kauf genommen werden. Diese Schäden betreffen neben Gastronomie, Kreativwirtschaft und Unterhaltungsbranche in Deutschland auch mit besonderer Härte Branchen wie etwa die Nahrungsmittelproduktion oder den Fahrzeug- und Maschinenbau (6).

Hier vorgestellt wird ein anhand von drei Modellbeispielen erprobter Ansatz zur Lösung der Problematik mit einer mobilen, Container-basierten Teststrategie zur Zeit der Corona Pandemie 2020 und 2021. Zunächst wird der Ansatz und das genutzte Testverfahren validiert, weitergehend wird eine ökonomische Evaluation erarbeitet, wobei als erfolgskritischer Kernaspekt die informationstechnische Architektur besondere Beachtung finden soll.

## Hypothesenentwicklung

Um zunächst die Fragen des *warum? und wie?* zu beantworten, wird vor der ökonomischen Evaluation eine Diskussion über die COVID-19-Infektionsdynamik und über verfügbare Testverfahren (*Validierung des Verfahrens*, im Anhang Seite 46 bis 52) geführt. Als Ergebnis dieser Diskussion wird die PCR-Analyse als geeignetes Verfahren zur Pandemie-Bekämpfung verstanden. Um der Notwendigkeit gerecht zu werden, die PCR-Analyse in der Breite anzuwenden, müssen Kosten reduziert und Testkapazitäten erhöht werden. Ziel dieser Arbeit ist es, allgemeine Kosten- und Nutzenzusammenhänge der PCR-Analyse im Kontext des Projektes MCA herauszustellen und im Rahmen von Digitalisierungsmaßnahmen zu optimieren.

Zum Erzeugen einer Datengrundlage wird zunächst eine Kostenanalyse besonderem Blick auf Kosten pro Test und möglichen Testvolumina erarbeitet. Für ein genaues Verständnis der Positionen in der Kalkulation sei auf das Kapitel *Validierung des Verfahrens* im Anhang verwiesen. Weitergehend wird ein Konzept zur elektronischen Voranmeldung entworfen und im Sinne der Nutzenanalyse überprüft, inwieweit sich durch zusätzliche Investitionen in die informationstechnische Architektur Kosten und Effizienz verbessern lassen.

Hypothese: Durch die richtige Infrastruktur und Maßnahmen der Digitalisierung lassen sich die Kosten für PCR-Tests dauerhaft reduzieren. Dabei sollen die geringen Meldezeiten und die Flexibilität von MCA erhalten bleiben.

## Fazit

### Ergebnis/praktischer Beitrag

Im Ergebnis wird zunächst festgestellt, dass die Verkürzung der Zeit zwischen Infektion und Isolation einer akut infizierten Person kritisch für den Erfolg in der Pandemie-Bekämpfung ist. Ein Kernbaustein in diesem Ablauf ist schnelles und effizientes Testen. Um auch bei niedrigen Inzidenzen und insbesondere bei großem Probenumfang und damit einhergehend niedriger Prävalenz auf sichere Entscheidungsparameter zurückgreifen zu können, ist das Anwenden von PCR-Tests im Vergleich zu Antigen-Schnelltests zuträglich. Damit PCR-Tests in der Breite zugänglich gemacht werden können, müssen die Kosten reduziert und das Testangebot ausgebaut werden.

In der ökonomischen Analyse lassen sich insbesondere variable Laborkosten mit rund 44% Kostenanteil pro Test als Kostentreiber herausstellen. Weiterhin verursacht das Container-System ebenfalls erhebliche Kosten und die ökonomische Analyse zeigt, dass für die Durchführung von PCR-Tests abseits von Laboren grundsätzlich mit erheblichem infrastrukturellem Aufwand verbunden ist. Die Mobilität des Ansatzes ist jedoch eher als zu bedenkender Kostenfaktor zu verstehen, aber nicht als Kostentreiber, denn die entfernungsabhängigen Kosten steigen bei zunehmender Entfernung zwischen Labor und Container moderat, aber nicht überproportional. Dafür sind eindeutige Sicherheitsvorteile in der Mobilität und der resultierenden Isoliertheit des Ansatzes identifizierbar.

Die Fixkosten dagegen lassen sich durch zusätzliche Investitionen entscheidend reduzieren. Es kann festgehalten werden, dass Investitionskosten zur schrittweisen Kapazitätserhöhung von rund 100 auf bis zu 480 tägliche Tests pro Container jeweils einen sehr kleinen Kostensprung im einstelligen Prozentbereich in den Kosten pro Test erzeugen. Skalierung, etwa durch die Erhöhung der Testkadenz durch Einführen einer App zur Voranmeldung, kann als entscheidender Nutzentreiber verstanden werden. Neben der Kostenreduktion ist die Erhöhung der möglichen Testfrequenz als sehr vorteilhaft im Sinne der Pandemiebekämpfung herauszuheben.

Da die Nutzung einer mobilen App zur Voranmeldung mit zunehmendem Nutzeranteil ein überproportionales Verhältnis zwischen Nutzungsgrad und Effizienzgewinn (in der Testfrequenz) liefert, ist es von entscheidender Wichtigkeit den Nutzungsgrad der App zu maximieren. Für die Maximierung der Akzeptanz muss der Nutzer die Kernfunktion, also das schnellere Testen, als vorteilhaft wahrnehmen. In Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Labor und mobilem Testcontainer und dem App-Nutzungsgrad lassen sich die Kosten pro Test maximal um einen Faktor von 28,9%, verglichen mit einem Szenario ohne App (160 Tests pro Tag) und 100km Entfernung zwischen Labor und Container, reduzieren.

Es ist erneut herauszuheben, dass die Informationsverarbeitung in diesem Kontext ein Nutzentreiber sein kann. Sie ist Kernbaustein bei der Kapazitätsausweitung und ist die Lösung einmal entwickelt, kann sie fast gänzlich ohne zusätzliche variable Kosten verwendet werden, auch wenn die Anzahl der Tests steigt.

Zusätzliche Investitionen in die Informationsverarbeitung zeigen sich auch im Kontext des Infektionsschutzes als Vorteil. Solange jeder Proband seine persönlichen Informationen und weiteres mündlich an das Test-Personal weitergibt, besteht ein Infektionsrisiko. Insbesondere, wenn der Proband Symptome zeigt. Die vorgestellte Methodik mit einer App zur Voranmeldung sorgt dafür, dass sich der Proband nahezu gar nicht mehr mit dem Personal

verständigen muss und bedeutet somit im Sinne des Infektionsschutzes einen deutlichen Vorteil. Außerdem erlaubt die Voranmeldung eine kürzere Aufenthaltsdauer des Probanden im Bereich des Containers. So reduziert sich auch die Zeit, die mehrere wartende Probanden zusammen vor dem Container verbringen und das Infektionsrisiko wird weiter verringert.

### Kritische Diskussion

Es sei kritisch bemerkt, dass die Kostenanalyse entlang dem Vorgehen beim Testen angelegt ist, sie spiegelt jedoch nur die bekannten Positionen wieder, die einen wirtschaftlichen Aufwand bedeuten. In der Regel ergeben sich im Testbetrieb weitere Faktoren, die Aufwand erzeugen können. Ebenso kann die Anzahl der Tests, die täglich durchgeführt werden durch den Einfluss zahlreicher Umweltfaktoren variieren.

Es wurde angenommen, dass der Aufwand für die Entwicklung der App vom kalkulierten Personal (1x FTE Entwicklung) getragen werden kann. Langfristig zu bedenken sind an dieser Stelle in erster Linie Kosten für Support und Wartung. Diese Kosten sind in der Regel höher, wenn eingangs weniger Entwicklungsaufwand betrieben wird. Daher könnte weitergehend untersucht werden, ob und inwiefern es sich lohnt einen größeren Entwicklungsaufwand zu betreiben, um später geringere Aufwendungen für die Wartung der App zu haben.

Insbesondere zu erörtern ist weiterhin, inwiefern im Container die RNA-Aufreinigung optimiert werden kann. Ein deutliches Verschanken des Prozesses der Datenaufnahme erzeugt eine höhere Kapazität am Container. Bis hierhin wurde unter der Annahme kalkuliert, dass die Aufreinigung auch mit dieser zusätzlichen Kapazität weiterhin gelingt. Ob und inwiefern die Aufreinigung bei Kapazitätserhöhung ein Engpass ist, kann weitergehend evaluiert werden.

### Ausblick

Abschließend ist festzustellen, dass infektionsbiologisch bedingte Krisen mit dem Zusammenrücken von Mensch und Tier in der globalisierten Welt zu einem zunehmenden Risikofaktor werden. Modellrechnungen führen zu dem Ergebnis, dass in den kommenden Jahrzehnten 584 weitere Viren von einem Wirt oder Zwischenwirt auf den Menschen übertragen werden könnten (2). Die Verfolgung von Ansätzen der effektiven Begegnung der damit verbundenen Risiken sollte auch zwischen Pandemien von zentraler Wichtigkeit für Forschung, Politik und Privatwirtschaft sein. Mittelfristig sollte eine so skalierbare Methodik verfügbar sein, dass bei der nächsten Pandemie niemand mehr zum Testen in eine Hausarztpraxis muss und jedes betroffene Unternehmen, jede betroffene Entität oder jedes betroffene Gewerbegebiet sich kurzfristig einen Testcontainer auf dem Gelände platzieren kann, um Schließungen und wirtschaftliche sowie gesellschaftliche Schäden zu minimieren. Als nutzentreibendes Kernelement sollte eine leistungsfähige digitale Infrastruktur bei der Entwicklung besondere Beachtung finden.