

**Diplomarbeit**

**Telemedizinische Lösungen der  
Diabetesversorgung in Zeiten von COVID-19**

eingereicht von

**Maro Antonius Burth**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie**

unter der Anleitung von

**Priv.-Doz. Dr.med.univ., Dr.scient.med. Felix Aberer**

und

**Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Julia Mader**

Graz, 23.03.2022

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 23.03.2022*

*Maro Antonius Burth eh.*

---

## Danksagungen

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die mich in den letzten sechs Jahren in allen möglichen Situationen und Belangen unermüdlich unterstützt und gefördert haben. Ganz besonders gilt dieser Dank meinem Diplomarbeitsbetreuer, Herrn Priv.-Doz. Dr. med. univ., Dr. scient. med. Felix Aberer, der mir während der Entstehung dieser Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite stand, sowie meiner Zweitbetreuerin, Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Julia Mader.

Nicht unerwähnt bleiben dürfen Fiona und meine gesamte Familie, meine Eltern Sandra und Ansgar sowie meine Geschwister Franziska, Theresa und Max, welche mir in den Jahren meines Studiums immer zur Seite gestanden haben und damit das Entstehen dieser Arbeit erst möglich gemacht haben. Ein großes Dankeschön gebührt auch all meinen Freundinnen und Freunden für die schöne gemeinsame Zeit und die gegenseitigen Ratschläge und Hilfestellungen während des Studiums.

# Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNGEN .....</b>	<b>II</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>V</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 EINLEITUNG IN DIE TELEMEDIZIN .....	1
1.2 TELEMEDIZIN UND DIE COVID-19-PANDEMIE.....	2
1.3 PATIENT*INNEN MIT DIABETES MELLITUS UND COVID-19 .....	3
<b>2 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>3 METHODEN .....</b>	<b>6</b>
<b>4 TECHNOLOGISCHE ANWENDUNGEN IN DER DIABETISCHEN TELEMEDIZIN .....</b>	<b>7</b>
4.1 TELEFONIE & VIDEOANRUF .....	7
4.2 KONTINUIERLICHES GLUKOSEMONITORING .....	9
4.2.1 DEFINITION .....	9
4.2.2 BEDIENUNG & ANWENDUNG.....	9
4.2.3 GENAUIGKEIT .....	10
4.2.4 VORTEILE UND GRENZEN DER ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN.....	11
4.3 KONTINUIERLICHE SUBKUTANE INSULININFUSION.....	12
4.3.1 DEFINITION & FUNKTIONSWEISE.....	12
4.3.2 VORTEILE UND GRENZEN DER ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN.....	13
4.4 SMART INSULIN PENS.....	14
4.4.1 ANWENDUNG & FUNKTION.....	14
4.4.2 STUDIENLAGE & AUSBLICK .....	15
4.5 MOBILE APPLIKATIONEN.....	16
4.5.1 ÜBERBLICK.....	16
4.5.2 STUDIENLAGE & AUSBLICK .....	17
<b>5 PRÄVENTION UND SCREENINGMETHODEN IN DER TELEDIABETOLOGIE .....</b>	<b>19</b>
5.1 DIABETES-SCREENING VIA ONLINE-RISK-SCORES.....	19
5.2 SCREENING AUF DIABETISCHE RETINOPATHIE.....	20
5.3 SELBSTÜBERWACHUNG BEI DIABETISCHEM FUßSYNDROM.....	21
<b>6 INTERNET DER DINGE UND CLOUDSYSTEME .....</b>	<b>23</b>
6.1 INTERNET DER DINGE UND INTERNET DER MEDIZINISCHEN DINGE.....	23

6.2	CLOUDSYSTEM .....	24
6.3	FALLBEISPIEL SHANGHAI.....	24
6.4	CHANCEN UND PROBLEME.....	26
<b>7</b>	<b><u>ERGEBNISSE.....</u></b>	<b><u>28</u></b>
<b>8</b>	<b><u>DISKUSSION .....</u></b>	<b><u>32</u></b>
<b>9</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>34</u></b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	-	Abbildung
ACE-2	-	Angiotensin converting enzyme 2
ADA	-	American Diabetes Association
ATTD	-	American Diabetes Association and Advanced Technologies and Treatments for Diabetes
ca.	-	circa
CGM	-	Continuous Glucose Monitoring
CI	-	Confidence Interval
Covid-19	-	Corona virus disease 2019
CSII	-	Continous Subcutaneous Insulin Injection
DM	-	Diabetes Mellitus
DRP	-	Diabetische Retinopathie
EASD	-	European Association for the Study of Diabetes
Et al.	-	et alii
IoT	-	Internet of Things
IoMT	-	Internet of Medical Things
HbA1c	-	Hämoglobin A1c
MARD	-	Mean absolute relative difference
MDI	-	Multiple daily injections
QALY	-	Quality-adjusted life year
RCT	-	Randomized controlled trial
rt-CGM	-	real time Continuous Glukose Monitoring
SARS-COV-2	-	Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2
SIP	-	Smart Insulin Pens

s.o. - siehe oben  
TIR - Time in Range  
z.B. - zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CGM-System zeigt den aktuellen Glukosewert, den Gradienten der Glukosekonzentration, die Alarmschwelle und die Änderungsgeschwindigkeit. [1] .....	20
Abbildung 2: Internet of Medical Things.....	33
Abbildung 3: Anwendungen in der Telediabetologie.....	39

## Zusammenfassung

Während der ersten Welle der Corona-Pandemie sind alle gesundheitlichen Institutionen dazu angehalten worden, die Patient\*innenkontakte zu reduzieren, um die Verbreitung von COVID-19 zu stoppen. Gerade Personen mit Diabetes mellitus haben eine erhöhte Mortalitätsrate bei einer SARS COV-2 Erkrankung, sind aber gleichzeitig darauf angewiesen, eine dauerhafte Kontrolle und Therapie zu erhalten, um Komplikationen wie das diabetische Fußsyndrom oder die diabetische Retinopathie zu vermeiden. Dieses Problem kann nicht auf konventionelle Art und Weise gelöst werden. Die Corona-Pandemie hat uns daher vor die Herausforderung gestellt, kreative Lösungen zu finden, die eine adäquate Behandlung der Patient\*innen trotz Kontaktreduzierung ermöglichen. Telemedizinische Anwendungen rücken vor diesem Hintergrund immer mehr in den Fokus der behandelnden Ärzt\*innen. Sie ermöglichen eine erhebliche Reduzierung der ambulanten Behandlungstermine bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der medizinischen Versorgung. Auch aus Sicht von Patient\*innen können aufwändige und zeitkonsumierende Ärzt\*innenbesuche vermieden und durch digital durchführbare Kontrollen ersetzt werden. Die Telediabetologie bietet eine Vielzahl von Anwendungsbereichen. Sie umfasst die Früherkennung von Diabetes und unterstützt die Patient\*innen bei Lifestyle-Änderungen. Darüber hinaus hilft sie bei der Überwachung und bei der Therapie von Personen mit Diabetes mellitus. Insbesondere durch die Implementierung diabetestechnologischer Anwendungen konnten im Bereich der „Telediabetologie“ in den letzten Jahren große Fortschritte in der „Remote“- Patientenversorgung erreicht werden. Es gibt jedoch noch eine Reihe von ungelösten Herausforderungen, die vor einem breitflächigen Einsatz der telemedizinischen Anwendungen zu bewerkstelligen sind. Die Hauptprobleme sind das Fehlen von strukturierten, großflächigen, klinisch randomisiert kontrollierten Studien und die meist ungelösten Fragen der Datensicherheit und Privatsphäre. Nichtsdestotrotz sollte künftig ein Einsatz von telemedizinischen Anwendungen nicht nur während der Corona-Pandemie stattfinden. Telemedizinische Anwendungen können vielmehr auch eine kostengünstige und durchaus gleichwertige Alternative zur konventionellen Behandlung darstellen. Es ist die Zeit

für ein Umdenken in der medizinischen Versorgung gekommen, hin zu einer fortschrittlicheren, auf die Patienten\*innen fokussierte Medizin.

## Abstract

During the first wave of the corona virus pandemic in Austria, national health institutions were urged to reduce patient contacts in order to stop the spread of COVID-19. In particular people living with diabetes have an increased mortality rate from SARS COV-2 disease thus need to be prevented from overcrowded waiting rooms of hospitals. At the same time they need to receive permanent control and therapy in order to avoid complications such as diabetic foot syndrome or diabetic retinopathy. There is no conventional way to solve this problem. The corona virus pandemic has therefore given us the challenge of finding creative solutions that enable patients to be treated adequately despite the reduction in face to face contacts. Telemedical applications are moving increasingly in the focus of health professionals. They enable a significant reduction in the number of in-person appointments while at the same time maintaining a high quality level of health care. Annoying and time-consuming visits to the physician can be avoided and replaced by controls that can be potentially carried out virtually. "Telediabetology" offers a multitude of areas of application. It includes the early detection of diabetes and supports patients with lifestyle changes. In addition, it helps with the monitoring and therapy of people living with diabetes. However, there are still a number of unsolved challenges that must be overcome before the widespread use of telemedical applications. The main barriers of a broad use of telemedicine in diabetes are the lack of structured, large-scale, randomized controlled trials. Additionally, there are still a number of unsolved questions concerning data security and privacy. Nonetheless, it turned out that telemedical applications should not only be used during the corona pandemic, but might be able to partly represent a cost-effective and entirely equivalent alternative to conventional treatment options. The time has come to rethink medical care towards more effective, patient-focused medicine.

# 1 Einleitung

## 1.1 Einleitung in die Telemedizin

Der Begriff „Telemedizin“ ist nicht einheitlich definiert und wird im allgemeinen Sprachgebrauch meist sehr unscharf eingesetzt. Die deutsche Bundesärztekammer hat mithilfe der Arbeitsgruppe „Telemedizin“ folgende Definition vorgeschlagen:

*„Telemedizin ist ein Sammelbegriff für verschiedenartige ärztliche Versorgungskonzepte, die als Gemeinsamkeit den prinzipiellen Ansatz aufweisen, dass medizinische Leistungen der Gesundheitsversorgung der Bevölkerung in den Bereichen Diagnostik, Therapie und Rehabilitation sowie bei der ärztlichen Entscheidungsberatung über räumliche Entfernungen (oder zeitlichen Versatz) hinweg erbracht werden. Hierbei werden Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt“.* [2]

Der Begriff der Telemedizin wird auch in dieser Arbeit im Rahmen der Definition der deutschen Ärztekammer angewandt.

Die Telemedizin beschreibt somit ein enorm breites Feld an Anwendungsmöglichkeiten an unterschiedlichsten Einsatzorten: sie reicht von einfachen Telefonanrufen und E-Mails bis hin zu komplexen Machine-Learning Algorithmen, die den Ärzt\*innen bei der Diagnosefindung und Therapiesteuerung helfen sollen.

Es umfasst das Telemonitoring, die Teletherapie, das Telekonsil und die Telekonferenz. Bei dem Telemonitoring werden Vitalparameter wie Körpergewicht, Blutdruck und Herzfrequenz durch Geräte aufgezeichnet, ohne dass die Ärzt\*innen diese selbst erheben müssen. Dadurch ist es den Patient\*innen möglich, ihren Gesundheitszustand von Zuhause aus zu dokumentieren. Die Teletherapie ermöglicht eine Steuerung therapeutischer Abläufe aus der Entfernung. Das Telekonsil beinhaltet beispielsweise das Fernbefunden von Röntgenbildern in der Radiologie. Die Telekonferenz besteht aus der Zusammenarbeit von betreuenden Ärzt\*innen aus der Ferne.

## 1.2 Telemedizin und die COVID-19-Pandemie

Die Corona-Pandemie hat maßgeblichen Einfluss auf unser Gesundheitssystem, unsere Wirtschaft und unser gesamtes Zusammenleben auf der Welt genommen. [3] Um die Ausbreitung des Virus zu verhindern, ergreifen die Regierungen verschiedenste Maßnahmen. So wird die Bevölkerung dazu aufgerufen, ihre sozialen Kontakte zu minimieren und sich bei Kontakt mit infizierten Personen in Quarantäne zu begeben. Darüber hinaus ist das Übertragungsrisiko der Corona-Viren in medizinischen Einrichtungen mit Corona-Patient\*innen stark erhöht. Dies beinhaltet eine große Gefahr, da gerade in Krankenhausambulanzen vulnerable Personen aufeinandertreffen und eine Infektion mit COVID-19 schwerwiegende Folgen auslösen kann. [4]

Die Suche und der Drang nach neuen Möglichkeiten zur Eindämmung der Pandemie ist immer größer geworden. Um die Pandemie effektiv bekämpfen zu können, wird es von Nöten sein, an mehreren Punkten anzusetzen. Das SARS-COV-2 wird überwiegend durch Aerosole und Tröpfcheninfektion übertragen. Daher ist es notwendig, die Anzahl der Kontakte zwischen Menschen zu reduzieren, um die weitere Ausbreitung des Virus zu verhindern. Eine Option zur Kontaktreduzierung, welche aber noch in ihren Anfängen steckt, ist die telemedizinische Kommunikation. Patient\*innen, die sich nicht auf den Weg zum Krankenhaus, in die Ambulanzen oder Praxen machen müssen, sparen so nicht nur Zeit, sondern auch Infektionsrisiken. Zudem ist die Telemedizin eine Möglichkeit, die Patient\*innen trotz Quarantäne und Lock-down zu erreichen. Telemedizin scheint, gerade für besonders schutzbedürftige Bevölkerungsgruppen, eine effektive Komponente zur Bekämpfung des Virus zu sein.

Die Verwendung von telemedizinischen Anwendungen haben in der Pandemiezeit enorm zugenommen. Gerade Videokonsultationen von Ordinationen wurden in Zeiten des Lockdowns möglich gemacht und waren für viele Menschen in Quarantäne die einzige Möglichkeit, Ärzt\*innen zu erreichen. Dass die Telemedizin mittlerweile große Akzeptanz und Stellenwert in der österreichischen Gesundheitsversorgung besitzt, zeigt eine Umfrage der AERZTE Steiermark, in der fast 80 % der Ärzt\*innen es begrüßen, dass weiterhin telemedizinische

Krankenbehandlungen in der Ordination durchgeführt und abgerechnet werden können. [5]

### **1.3 Patient\*innen mit Diabetes mellitus und COVID-19**

Patient\*innen mit COVID-19 haben eine erhöhte Mortalität und Vulnerabilität, sobald eine oder mehrere Komorbiditäten vorhanden sind. Bluthochdruck ist der wohl prävalenteste Risikofaktor, gefolgt von Übergewicht, kardiovaskulären Erkrankungen und Diabetes mellitus. [6] Eine Metaanalyse aus China mit 1527 Patient\*innen konnte zeigen, dass Patient\*innen mit Hypertension oder Diabetes mellitus ein 2-fach erhöhtes Risiko haben, ernsthafte Komplikationen im Rahmen einer COVID-19 Infektion zu entwickeln bzw. auf Intensivstation eingeliefert zu werden. [7]

Diabetes mellitus (DM) ist eine Erkrankung mit einer chronisch erhöhten Blutzuckerkonzentration im Blut. Die weltweite Prävalenz von diagnostiziertem DM ist mit 463 Millionen Menschen im Jahr 2019 in den letzten Jahren stark angestiegen. Darunter sind über 95% an Diabetes mellitus Typ 2 erkrankt. Ein großes Problem ist hier die große Dunkelziffer an nicht diagnostizierten Patient\*innen weltweit, die keine suffiziente Therapie erhalten. [8]

Ein unkontrollierter Blutzuckerspiegel ist ein anerkannter Risikofaktor bei einer respiratorischen Viruserkrankung bezüglich der Schwere des Verlaufs sowie der Mortalität. [9] Infolgedessen haben Patient\*innen mit Diabetes mellitus eine erhöhte Mortalität, wenn sie an SARS-COV-2 erkrankt sind. Eine große Lancet Studie aus England konnte feststellen, dass unter 23,804 tödlichen COVID-19 Verläufen 32% Patient\*innen mit Typ 2 Diabetes und 1,5% Patient\*innen mit Typ 1 Diabetes waren. Dies entspricht einem 2,03-fachen und 3,5-fachen Mortalitätsrisiko verglichen mit Patient\*innen ohne Diabetes mellitus. [10] Darüber hinaus zeigte sich der HbA1c-Wert bei COVID-19 Patient\*innen als guter Prädiktor für die Mortalität bei Patient\*innen im Krankenhaus [11]

Die genauen pathophysiologischen Mechanismen, inwiefern Diabetes mellitus den COVID-19 Verlauf beeinflusst, sind noch weitgehend unklar. Der ACE2-Rezeptor

gilt als Eintrittspforte für das SARS-CoV-2. Eine Überexpression von ACE-2 Rezeptoren konnte bei Rattenmodellen mit Diabetes mellitus in Lungen, Herz, Niere und Pankreas gefunden werden. [12] Auch sind bei Patient\*innen mit Diabetes mellitus erhöhte Furinspiegel im Blut festgestellt worden. Furin ist eine Protease, die das Spikeprotein des Virus durch das Spalten der S1 und S2 Domäne so verändert, dass das Virus leichter in die Zelle des Wirtes eintreten kann. [13] Darüber hinaus wird vermutet, dass DM auf vielen weiteren Wegen wie zum Beispiel der Glykosylierung von Endprodukten, Organschädigungen und Endothelitis den Krankheitsverlauf verschlechtert. [14]

Alles in allem wird deutlich, dass gerade Patient\*innen mit Diabetes mellitus ein besonders vulnerabler Teil unserer Bevölkerung sind. Entscheidend für ein besseres Outcome scheint eine frühzeitige Diagnose und eine darauffolgende konsequente Blutzuckertherapie zu sein. Ein weiterer Schritt zur Risikominimierung ist das Einhalten von Abständen und die Reduzierung von unnötigen sozialen Kontakten. Darunter fallen auch vermeidbare Besuche in Ambulanzen, Ordinationen oder Krankenhäusern. Inwiefern die aktuellen telemedizinischen Anwendungen während und auch nach der Pandemie zum Einsatz kommen können, soll in dieser Arbeit diskutiert werden.

## 2 Fragestellung und Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, die aktuellen Möglichkeiten der Telemedizin zur Versorgung von Patient\*innen mit Diabetes mellitus zu erarbeiten und zu erörtern.

Aufgrund der von der COVID-19 Pandemie ausgehenden hohen Ansteckungsgefahr war es geboten, Kontakte zu vermeiden und Risikogruppen zu schützen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Menschen mit Diabetes mellitus Alternativen zum üblichen Ambulanzbesuch anzubieten.

Telemedizinische Lösungen in der Diabetologie waren in der Vergangenheit vor allem in Ländern mit intakten Gesundheitssystemen nicht von hoher Priorität. Aufgrund der akuten Notwendigkeit des Fernhaltens der Patient\*innen von Ambulanzen im Rahmen von COVID-19, wurden jedoch auch in diesen Ländern einige Methoden angewendet, die möglicherweise nachhaltig eine Alternative, gar eine Verbesserung der Diabetesversorgung darstellen könnten. Dies hätte den Vorteil, dass die Anzahl der Ambulanzbesuche sowie medizinischer bzw. finanzieller Aufwand eingespart werden könnten.

Diese Arbeit hat den Anspruch, telemedizinische Lösungen in der Diabetesversorgung zu beschreiben und vor allem den Nutzen, sowie die Vor- und Nachteile der Anwendung im klinischen Alltag für die Patient\*innen zu erörtern.

### 3 Methoden

Die vorliegende Arbeit beruht auf einem Literaturreview bestehend aus einer Literaturrecherche mit Zusammenfassung und Konklusion, gemäß der Richtlinie für die Erstellung einer Diplomarbeit an der Medizinischen Universität Graz. [15]

Für die Aufarbeitung der Grundlagen wurden Fachbücher und Leitlinien herangezogen. Für die Erarbeitung der Ergebnisse wurden Studien, wissenschaftliche Artikel, Leitlinien, Internetportale, Datenbanken und Suchmaschinen verwendet. Für die Recherche von Studien und wissenschaftlichen Artikeln wurden die Datenbank PubMed und die Suchmaschine Google Scholar benutzt. Die Recherche in PubMed und Google Scholar erfolgte mit Hilfe folgender Schlagwörtern: „Diabetes“, „Telemedicine“, „Covid-19“, „Internet of Medical Things“, „Cloudsystem“, „CGM“, „Insulin Pen“, „Mobile Applications“, „Diabetic Retinopathy“, „Diabetic foot Syndrome“, „Screening“ und „Videocall“. Im Anschluss wurden die Ergebnisse nach ihrer Relevanz und Aktualität ausgewählt. Als Literaturverwaltungsprogramm wurde Endnote verwendet.

## 4 Technologische Anwendungen in der diabetischen Telemedizin

### 4.1 Telefonie & Videoanrufe

Regelmäßige Anrufe und Videoanrufe von medizinischem Fachpersonal führen zu einer gesteigerten Compliance, einer verbesserten metabolischen Kontrolle und einer Erhöhung der Lebensqualität bei Menschen mit Diabetes mellitus Typ 1 und 2. [16] Anrufe bieten die Möglichkeit, auf Rückfragen von Patient\*innen flexibel zu reagieren. Auch bietet sie, zusammen mit einem CGM- System (Continuous Glucose Monitoring), eine Kontrollmöglichkeit für Ärzt\*innen und Diabetesberater\*innen darüber, inwieweit die Therapiemaßnahmen und primären Therapiemaßnahmen wie Ernährung und Bewegung von den Patient\*innen umgesetzt werden. Die Ärzt\*innen können auf die Daten des CGM-Systemen von einer Cloud aus zugreifen und diese telefonisch mit den Patient\*innen besprechen. Beispielsweise können mögliche metabolische Entgleisungen wie hypo- oder hyperglykämische Phasen angesprochen werden und bei den Patient\*innen hinterfragt werden. Darüber hinaus kann durch Anrufe auf Therapiefragen und Ängste der Patient\*innen eingegangen werden. So ist es möglich eine individuelle und engmaschige Betreuung zu gewährleisten. Die Häufigkeit der Anrufe kann an die Bedürfnisse der Patient\*innen angepasst werden. Eine Telefonhotline kann darüber hinaus dabei helfen, auf Notfälle schnell und gezielt zu reagieren. Zudem gibt es den Patient\*innen eine Form von Sicherheit, jederzeit Hilfe erhalten zu können. In diesem Zusammenhang konnte in einer Studie von Nobis et al. gezeigt werden, dass eine psychologische Unterstützung durch Telefonanrufe zu einer Verbesserung der depressiven Symptomatik bei Personen mit Diabetes mellitus Typ 1 und 2 führte. [17]

Neben Telefongesprächen werden aufgrund der flächendeckenden Versorgung mit stabiler Internetverbindung und dem immer leichter werdenden Umgang mit Smartphones auch Videoanrufe vermehrt eingesetzt. [18] Der direkte Blickkontakt zwischen Patient\*in und Ärzt\*in vereinfacht den Aufbau eines Vertrauensverhältnisses und kann das Selbstbewusstsein der Patient\*innen

stärken. Auch bieten immer mehr Kliniken virtuelle Schulungen an, die den Umgang mit den technischen Geräten wie z.B. mit CGM-Systemen und Insulinpumpen erleichtern.

Digitale Schulungen für die Änderung des Lebensstils und der Ernährungsgewohnheiten werden immer häufiger eingesetzt. So nutzt beispielsweise das International Diabetes Center des Health Partners Institute mit Erfolg Videoanrufe für solche Schulungen und nutzt auch Erklär-Videos, die auf Plattformen wie YouTube angesehen werden können. [19]

Videokonsultationen können dazu eingesetzt werden, um einerseits unnötige Hausbesuche zu vermeiden und andererseits eine dringend nötige Abklärung zu erkennen. Eine Studie von Rasmussen et al. ergab zwischen üblichen Hausbesuchen und Video-Kommunikation keinen signifikanten Unterschied in der Wundheilungsrate von Fußulcera bei Patient\*innen mit diabetischem Fußsyndrom. [20]

In einer aktuellen Umfrage von Scott et al. wurden weltweit 7477 Menschen mit Typ 1 Diabetes aus 89 Ländern zu der Umstellung von persönlichen auf virtuelle Konsultationen während der Corona-Pandemie befragt. Scott et al. konnten zeigen, dass sowohl Video- als auch Telefonkonsultationen zum Großteil als positiv gewertet worden sind. Gleichzeitig konnte jedoch gerade bei Männern mit erhöhten HbA1c-Werten eine erhöhte Unzufriedenheit festgestellt werden, welche unabhängig von Bildung und Alter aufzutreten scheint. [21] Hier ist es besonders wichtig, die Ursache der Unzufriedenheit ausfindig zu machen und gerade Patient\*innen mit niedriger Compliance engherziger zu kontaktieren, motivieren und kontrollieren.

Zusammenfassend kann man Telefonie und Videotelefonie als Basis der telemedizinischen Versorgung sehen. Erst zusammen mit den nachfolgend erklärten Methoden und Geräten wird das volle Potential der Technologie ausgenutzt. Trotz dieser vielversprechenden Ergebnisse und der Möglichkeit, eine kosteneffektive Behandlungsform zu bieten, ist es essenziell das medizinische Personal zu schulen und im Zweifelsfall gerade Patient\*innen mit niedriger Compliance und schlechter Blutzuckerkontrolle eine klassische Konsultation anzubieten, um schwere Komplikationen zu vermeiden und die bestmögliche Versorgung für die Patient\*in zu gewährleisten.

## 4.2 Kontinuierliches Glukosemonitoring

### 4.2.1 *Definition*

Das kontinuierliche Glukosemonitoring (CGM) ist eine Messmethode, mit der die Glukosekonzentration aus der Interstitialflüssigkeit in regelmäßigen Intervallen von meist 1 bis 15 Minuten gemessen wird. Man unterscheidet zwischen „real time CGM“ (rt-CGM), intermittierendem Glukosemonitoring und „professionell CGM“. Bei dem rt-CGM wird der Glukosewert permanent aufgezeichnet. Bei dem intermittierenden Glukosemonitoring wird lediglich der Glukosewert sichtbar, wenn die Nutzer\*innen den Sensor mittels Smartphone oder Messgerät abfragen. Ein „professionell CGM“ wird über einen bestimmten Zeitraum getragen, wobei die Patient\*innen keinen primären Zugang zu den Daten besitzen. Die Daten des CGM werden im Anschluss von Ärzt\*innen zusammen mit den Patient\*innen retrospektiv ausgewertet und analysiert. [22]

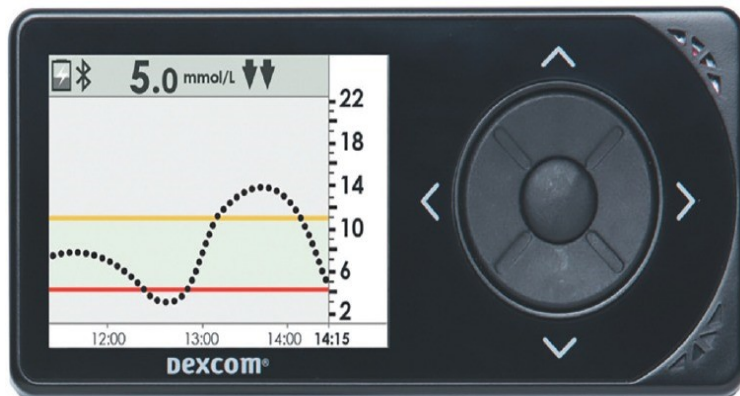
### 4.2.2 *Bedienung & Anwendung*

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl unterschiedlicher Geräte mit unterschiedlichen Eigenschaften. Sensoren wie der rt-CGM Guardian 3 müssen noch zweimal täglich mittels einer blutigen Messung kalibriert werden. Andere Geräte, wie der Freestyle Libre Flash oder Dexcom G6, benötigen keine Kalibrierung. [23]

Die Daten können mithilfe der Software des Gerätes ausgelesen werden. So kann man die Zeit in den Blutzucker-Zielbereichen (z.B.  $<70\text{mg/dl}$ ,  $70\text{-}180\text{mg/dl}$ ,  $>180\text{mg/dl}$ ) beurteilen. Darüber hinaus werden die Schwankungen der Glukose über den Tag angezeigt. Dies ermöglicht den geschulten Patient\*innen, den Diabetes optimal einzustellen und den Glukosespiegel zu kontrollieren. Ferner zeigen rtCGM-Systeme auch den aktuellen Änderungstrend der Glukose mittels Trendpfeilen an und haben zum Teil eine Alarmfunktion, falls der Blutzucker eine bestimmte Schwelle über- oder unterschreitet. (Abb.1)

Durch das Auslesen der Daten der CGM-Systeme können auch Ärzt\*innen in der Ambulanz zielgerichtet therapeutische Maßnahmen ergreifen. Die Empfehlungen

der Ärzt\*innen können so genauer auf den individuellen Tagesverlauf und der Verhaltensweisen der Menschen mit Diabetes mellitus angepasst werden. Dies ist auf einem rein telemedizinischen Weg möglich, falls die Anwender\*innen die Daten in einer Cloud hochgeladen und freigegeben haben.



**Abb.1: Das CGM-System zeigt den aktuellen Glukosewert, den Gradienten der Glukosekonzentration, die Alarmschwellen und die Änderungsgeschwindigkeit [1]**

#### 4.2.3 **Genauigkeit**

Die Genauigkeit des CGM-Systems wird mithilfe des MARD-Wertes (Mean Absolute Relative Difference) beurteilt. Der MARD-Wert gibt die durchschnittliche prozentuale Abweichung des Glukosewertes gegenüber einer Referenzmessung an. Moderne CGM-Systeme erreichen MARD-Werte von 10%. Dies entspricht der für den klinischen Einsatz erforderlichen Genauigkeit. [22, 24] Gerade in hypo- und hyperglykämischen Bereichen zeigen die Geräte jedoch noch deutliche Abweichungen auf. [25] Zudem ist bei akuten Glukoseänderungen zu beachten, dass durch das Messen im Intersitium mit einer Verzögerung von ca. 10-15 Minuten zu rechnen ist. [23] Obwohl CGM-Systeme genauer geworden sind, ist somit stets zu bedenken, dass die Überprüfung der Genauigkeit ausschließlich durch den

MARD-Wert kritisch gesehen werden muss und sie den kapillären Blutzuckermessungen noch unterlegen sind. [26]

#### 4.2.4 ***Vorteile und Grenzen der Anwendungsmöglichkeiten***

CGM-Systeme ermöglichen eine signifikant verbesserte Glukosekontrolle, eine erhöhte Patient\*innen-Zufriedenheit und eine Verbesserung der Lebensqualität im Umgang mit der Erkrankung. [24, 27] Das Teilen der Aufzeichnungen des CGM-Systems macht es möglich, dass die Patien\*innen den Ärzt\*innen diese per E-Mail zuschicken oder über eine digitale Plattform freigeben können. Gerade Daten wie TIR (Time in Range) sollen laut der ADA (American Diabetes Association) vermehrt in die Evaluation und Anpassung der Diabetestherapie mit eingebunden werden und komplementär zum HbA1c betrachtet werden. [28]

Voraussetzung für einen Therapieerfolg ist aber ein gutes Diabeteswissen und -management, eine hohe Compliance der Patient\*innen und eine ausführliche Aufklärung über die Aussagekraft der gemessenen Werte. [29]

Auch bei Kindern ist die Verwendung eines CGM-Systems mit verminderten hypo- und hyperglykämischen Episoden und einem verbessertem HbA1c verbunden. [30] Das Teilen der Daten erleichtert den Eltern die Handhabung der Erkrankung im Alltag. [31]

Gerade in Schwellenländern wie Brasilien, wo eine flächendeckende medizinische Versorgung für Menschen mit Diabetes mellitus nicht gegeben ist, ist der telemedizinische Einsatz von CGM-Systemen sehr vorteilhaft. Jedoch sind die Kosten eines CGM-Systems noch sehr hoch und die Vertrautheit mit den Geräten ist bei den Ärzt\*innen noch sehr gering. Der flächendeckende Einsatz von CGM-Systemen bleibt somit eine Herausforderung. [32]

Auch im Krankenhaus selbst und auf Intensivstationen könnten CGM-Systeme eingesetzt werden, jedoch gibt es gerade für einen sicheren und flächendeckenden Einsatz in diesem Bereich noch nicht zu wenig Evidenz aus randomisierten Studien. [25]

## 4.3 Kontinuierliche subkutane Insulininfusion

### 4.3.1 *Definition & Funktionsweise*

Insulin-Pumpen, auch Continuous Subcutaneous Insulin Infusion (CSII) genannt, sind ein erster Schritt hin zu einem „artificialen Pankreas“. Dabei wird schnell wirkendes Insulin über 24 Stunden am Tag nach einer vordefinierten Basalrate dem Körper zugeführt. Demnach simuliert die programmierte Pumpe die physiologische Insulin-Sekretion im Körper. [33]

Die Kombination von CGM, Insulinpumpe und einem Algorithmus für eine automatische Insulinabgabe wird als „Closed Loop System“ bezeichnet. Das Medtronic MiniMed 670G System in Kombination mit dem Guardian Sensor 3 ist hier das erste System, welches von der FDA genehmigt worden ist. [34]

Neue hybride Closed-Loop-Systeme arbeiten über einen komplexen Algorithmus, der alle 5 Minuten die Basalrate des Insulins in Abhängigkeit der Glukosewerte und -trends des CGM-Systems anpasst, um einen gewünschten Zielwert (im Fall des 670G Systems großteils 120mg/dl) adaptiert.

Viele dieser Systeme sind in der Lage, auch personalisierte Insulin-Boli zu verabreichen, die optimalerweise an den Kohlenhydratanteil der letzten Mahlzeiten angepasst sind und vorher durch ein Programm kalkuliert wurden. Zusätzlich errechnen die Systeme einen personalisierten Insulin-Bolus, der erforderlich ist, um einen hyperglykämischen Zustand zu normalisieren. Eine solche Bolus Gabe erfordert immer eine manuelle Zustimmung und gegebenenfalls einer Adaptierung der Dosen durch die Patient\*innen. [35]

Weitere hybride Closed-Loop-Systeme basieren auf Open-Source Algorithmen. Sie werden auf eigene Verantwortung unter Haftungsausschluss der Anbieter mit Erfolg von einigen Menschen mit Typ 1 Diabetes, die sich auch „Looper“ nennen, verwendet. Die Vorteile gegenüber kommerziell erhältlichen hybriden Closed-Loop-Systemen ist ein transparenterer und flexibel programmierbarer Open Source Algorithmus. Darüber hinaus macht dessen Anwendung eine einfachere Verknüpfung von weiteren Geräten und Applikationen außerhalb des Geräteherstellers möglich. Es gibt einige Patient\*innen, die Benachrichtigungen für eine Bolusgabe oder die Bolusgabe selbst nach Mahlzeiten auszusetzen und dabei

immernoch im Vergleich besser Abschneiden als bei einer manuellen Diabetes Therapie. Natürlich ist ein solches Therapiekonzept nur für einzelne Patient\*innengruppen zielführend und aus Sicherheitsgründen nicht auf die allgemeine Patient\*innen übertragbar. Voll automatische Closed Loop Systeme, wie in diesem besonderen Fall sind derzeit noch nicht kommerziell erhältlich. [36]

#### **4.3.2 Vorteile und Grenzen der Anwendungsmöglichkeiten**

Durch den Einsatz von Insulinpumpen und gerade in Kombination mit anderen Telemedizinischen Anwendungen können Menschen mit Diabetes vermehrt Eigenverantwortung übernehmen und Ambulanzbesuche reduzieren. So können bei Bedarf Ärzt\*innen durch den Einsatz von der CSII-Therapie und durch telemedizinische Visiten (Telefonat, Videocall) Insulindosisempfehlungen basierend auf den Sensorwerten und bisherigen Insulinpumpeneinstellungen und Insulintherapie (Bolusfaktor, Korrekturfaktor, Spritz-Essabstand, Insulinwirkdauer) aussprechen. Die Anwender\*innen können diese dann in die Insulinpumpe eingeben bzw. umsetzen sowie mögliche Rückfragen an die Ärzt\*innen stellen. Voraussetzung hierfür ist aber eine schnelle Verfügbarkeit der Daten der Anwender\*innen und adäquate Schulung des ärztlichen Personals. In einer Metaanalyse von 23 randomisierten kontrollierten Studien (RCT) mit unterschiedlichen Beobachtungszeiträumen stellte sich heraus, dass Nutzer\*innen von CSII-Therapie verglichen mit dem klassischen Therapieschema aus multiplen täglichen Insulin-Injektionen (MDI) einen im Schnitt 0,3% (95% CI 0,1-0,5) niedrigeren HbA1c-Wert hatten. [37] Während bei Menschen mit bereits zuvor gut eingestelltem Typ 1 Diabetes keine signifikante Verbesserung des HbA1c-Wertes nachgewiesen werden konnte, zeigte sich, dass vor allem Menschen mit langer Diabetesdauer und hohem HbA1c-Wert hiervon profitieren. [38] Das Risiko von Hypoglykämien, vor allem in der Nacht, ist deutlich niedriger. [39] Unter CSII-Therapie ist neben dem verbesserten HbA1c-Wert vor allem die verbesserte Lebensqualität bemerkenswert. Die Nutzer\*innen hatten weniger Angst vor Hypoglykämien, einen höheren Freiheitsgrad im Essverhalten und sie konnten leichter an sozialen oder sportlichen Aktivitäten teilnehmen. [40] Das Risiko einer

diabetischen Ketoazidose aufgrund einer Pumpfunktionsstörung ist durch den technischen Fortschritt deutlich reduziert worden, sodass mittlerweile weniger Menschen mit diabetischer Ketoazidose unter CSII-Therapie eingeliefert werden als unter MDI-Therapie. [41] Nichtsdestotrotz kommt es bei ca. 50% aller Nutzer\*innen während des Gebrauchs eines CSII mindestens einmal zu einer Funktionsstörung. Umso wichtiger ist eine korrekte Schulung der Nutzer\*innen. Denn nur so können sie diese Dysfunktionen erkennen, entsprechend darauf reagieren und Komplikationen wie die diabetische Ketoazidose vermeiden. [41]

Bei Menschen mit Typ 2 Diabetes konnte nur teilweise ein signifikant vorteilhafter Effekt der Pumpentherapie gegenüber der MDI-Therapie gezeigt werden. In der OpT2mise Studie, welche 331 Teilnehmer\*innen umfasste, zeigte sich, dass der HbA1c Wert unter CSII-Therapie um 1,1% reduziert wurde gegenüber 0,4% bei MDI-Therapie ( $p < 0,0001$ ). Gerade Menschen mit schlecht eingestelltem Typ 2 Diabetes profitierten von einer CSII-Therapie. [42]

Es gibt noch einige Hürden für den breitflächigen Einsatz von CSII. So ist nach wie vor eine hohe Motivation und Patient\*innenschulung von Nöten, um den Einsatz von CSII sicher zu gestalten. Zudem sind die Anschaffungs- und Erhaltungskosten noch zu hoch und nicht lohnend für den Großteil der Menschen mit Typ 1 Diabetes. [43] Alles in allem ist die CSII-Therapie und gerade die hybriden Closed-Loop-Systeme ein wichtiger technologischer Fortschritt. Sie beinhalten ein enormes Potential, welches einen einfacheren automatischeren Umgang mit der Krankheit möglich machen.

## **4.4 Smart Insulin Pens**

### **4.4.1 Anwendung & Funktion**

Insulin wird im Alltag in den Industrienationen am häufigsten über einen Insulin-Pen verabreicht. Dabei ist oft ein Problem, dass die Dokumentationseinträge über Dosis und Timing ungemein zeitaufwändig für die Patient\*innen sind und realistisch gesehen nur sehr schwer in den Alltag zu integrieren sind. Eine Optimierung der

Insulindosierung durch die Betroffenen selbst oder durch die Ärzt\*innen fällt aufgrund der mangelnden Daten daher oft schwer. Smart Insulin Pens (SIP) speichern automatisch Datum und Uhrzeit sowie die verabreichte Insulindosis. SIPs haben so die Möglichkeit die Einträge über Bluetooth an eine mHealth-App zu schicken oder direkt auf einen Cloud-Server hochzuladen. Die Applikation wiederum dokumentiert dann diese Daten und kann anhand der Informationen Empfehlungen für die Dosierung z.B. zu Mahlzeiten für die Patient\*innen geben und Berichte für Ärzt\*innen oder Diabetesberater\*innen erstellen. [44] Ähnlich wie bei der CSII-Therapie ist es so Ärzt\*innen möglich, gezielt telemedizinisch Empfehlungen für die Insulintherapie der Anwender\*innen auszusprechen.

#### 4.4.2 **Studienlage & Ausblick**

Für den Einsatz von SIPs mit einer Verknüpfung an eine App gibt es noch eine recht dürftige klinische Datenlage. Gerade zu dem Einfluss von Smartpens auf klinische Parameter wie HbA1c und hypoglykämischen Phasen gibt es noch kaum robuste Datensätze. [45] Eine Studie von Adolfsson et al. mit Personen mit Typ 1 Diabetes mit einem NovoPen® 6 Smart Pen und einem CGM zeigte eine erhöhte TIR (70-180mg/dl) (+1,9 [0,8; 3,0] 95% CI h/Tag; P < 0,001), weniger Hyperglykämien (>180mg/dl) (-1,8 [-3,0; -0,6] 95% CI h/Tag; P = 0,003) und weniger akute hypoglykämische Phasen (<54mg/dl) (-0,3 [-0,6; -0,1] 95% CI h/Tag; P = 0,005). Darüber hinaus traten verpasste Insulin-Dosen in Zusammenhang mit einer Mahlzeit um 43% seltener auf verglichen mit einer Behandlung ohne Smartpen. [46] Eine schwedische Studie von Jendle et al. zeigte einen QALY (Quality-adjusted life year) von +1,15 im Vergleich zu einer Standardbehandlung. Hochgerechnet auf das Patienten\*innenleben würde man so ca. 12.000 Euro pro Patient\*in sparen. [47] In Kombination mit einem CGM kann der Smartpen eine sehr hilfreiche und effektive Möglichkeit sein, den individuellen Umgang mit Diabetes zu erleichtern. Gerade sehr junge und alte Patient\*innen oder Patienten\*innen mit niedriger Compliance können von den automatisch erhobenen Daten stark profitieren. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine gute Aufklärung der Patient\*innen bezüglich deren Datensicherheit und auch der Schulung des medizinischen Personals im Umgang

mit den auf der Basis von Algorithmen erstellten Berichten und einem regelkonformen Umgang mit sensiblen Patient\*innendaten. [44]

## **4.5 Mobile Applikationen**

### **4.5.1 Überblick**

Mit der Verbreitung von Smartphones und mobilen Applikationen kommt es auch im medizinischen Sektor zu einer zunehmenden Anzahl von Anwendungen auf dem Smartphone. Alleine 2017 gab es über 1.500 Diabetes-assoziierte mobile Applikationen. [48]

Es gibt ein sehr heterogenes Feld an mHealth Apps für Menschen mit Diabetes mellitus. Ernährungs-Apps errechnen den Gehalt von Kohlenhydraten, Fett und Proteinen in der Nahrung. Sie helfen bei der Planung und Gestaltung von Mahlzeiten und geben zudem Vorschläge für die Höhe der Insulindosierung ab. Bewegungsapplikationen zeigen den Energieverbrauch der sportlichen Einheiten an, motivieren die Patient\*innen und sollen zudem bei Gewichtsreduktion helfen.

Applikationen zur Kontrolle des Glukosespiegels werden vor allem in Kombination mit einem CGM genutzt. Sie speichern die Dateien des CGMs meist in einer Cloud und stellen diese graphisch und einfach lesbar für die Patient\*innen dar. Zudem können sie in Kombination mit Applikationen, die den Nutzer\*innen eine Insulindosis zu einer Mahlzeit oder Hinweise für eine geeignete Korrekturdosis geben, genutzt werden. Applikationen, die mit der Insulinpumpe oder dem Smart Pen verbunden werden können, zeichnen die Dosierung der abgegebenen Insulinboli automatisch auf und können verknüpft mit einem CGM-System zusätzlich auch Empfehlungen für gegebenenfalls notwendige Insulinboli abgeben. [34]

Unter den vielen mobilen Applikationen sind „mySugr“ und mit CGMs verbundene Applikationen wie „Dexcom“, „Freestyle Libre“, und „Xdrip+“, die mit am meisten benutzten Programme. [49]

#### 4.5.2 Studienlage & Ausblick

Obwohl es eine große Nachfrage nach mobilen Applikationen für Menschen mit Diabetes gibt, existieren leider nur für einen Bruchteil der Applikationen klinisch evaluierte Daten für die Wirksamkeit und deren Sicherheit. Aufgrund dieses Mangels und den unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Applikationen ist es schwierig, die Wirksamkeit untereinander zu vergleichen. Für Applikationen, in denen die Wirksamkeit überprüft worden ist, konnte jedoch meist ein positiver Effekt hinsichtlich HbA1c-Werten und hypoglykämischen Phasen gezeigt werden. [48] Gerade mHealth Applikationen, die nicht mit einem Medizinprodukt wie z.B. einem Glukosemesssystem verbunden sind, sind bis heute weitestgehend unreguliert. Dementsprechend schwankt die Qualität und die Funktionalität der mHealth Applikationen enorm. Eine Studie in der die Nutzer\*innen der bekanntesten Apps befragt wurden hat gezeigt, dass die Nutzung mit erhöhtem Wissen und Selbstvertrauen bei den Nutzer\*innen assoziiert ist. Dies kann zu einer verbesserten Selbstmanagement hinsichtlich Ernährung, Bewegung, Glukose-Monitoring und Diabetestherapie führen. [49] Auf der anderen Seite könnten Diskrepanzen zwischen den Empfehlungen von Applikationen und die der Ärzt\*innen zu einem erhöhten Stress- und Konfliktpotential bei dem Patienten\*innen führen. [50] Dementsprechend liegt es in der Verantwortung der Ärzt\*innen, sich über die verfügbaren Applikationen bewusst zu sein, um die Patient\*innen bei einem eigenverantwortlichen Umgang mit der Krankheit zu unterstützen. Es können z.B. die Dokumentationsdaten der Applikation meist sehr einfach mit der Ärzt\*in geteilt werden, um so das Diabetesmanagement zu vereinfachen. Bei Fragen und Anliegen der Patient\*innen sollten die Ärzt\*innen offen für Anmerkungen und Fragen sein, um Konflikte vorzubeugen.

Diabetes-Apps werden in Zukunft eine immer zentralere Rolle einnehmen. Aufgrund der Vielzahl der Applikationen und des geringen Evidenzgrades empfiehlt die European Association for the Study of Diabetes (EASD) und American Diabetes Association (ADA) eine strukturiertere und systematischere Entwicklung und Bewertung. Denn es gibt noch einige Probleme in der Anwendung hinsichtlich Datensicherheit, Interoperabilität und Standardisierung. Daher sollte das Ziel eine Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Akteuren sein, um eine

zielgerichtete und evidenzbasierte Behandlung für die Patient\*innen zu ermöglichen. [34]

## **5 Prävention und Screeningmethoden in der Telediabetologie**

### **5.1 Diabetes-Screening via online-Risk-Scores**

Ein Screening auf Diabetes oder Prädiabetes und damit eine frühzeitige Behandlung ist essenziell für die Prävention von Langzeitfolgen wie die der diabetischen Retinopathie oder Herz-Kreislaufkrankungen. Weltweit gesehen wird angenommen, dass ca. 50% aller Menschen mit Diabetes mellitus keine Diabetesdiagnose gestellt bekommen haben. [51] Es gibt einige validierte Screening-Scores, die zum Teil auch schon als Online-Fragebogen verfügbar sind. So empfiehlt die ADA ein Screening, um zu entscheiden, ob ein diagnostischer Test zur Diabetesdiagnosestellung von Nöten ist. Hierbei werden anhand von Risikofaktoren (>44a, Geschlecht, Hautfarbe, Body-Mass-Index, Familiengeschichte, Bewegung, Bluthochdruck) errechnet, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, an Diabetes oder Prädiabetes erkrankt zu sein. Der einfache Onlinetest kann unter [diabetes.org/socrisktest](https://diabetes.org/socrisktest) abgerufen werden und dauert etwa 60 Sekunden. Im Anschluss erhält man Empfehlungen und auch ein Suchangebot für eine nahegelegene Praxis. Zusätzlich sind auf der Website Ernährungstipps und Lifestyleempfehlungen abrufbar. [52]

Klinische Studien bezüglich der Effektivität von Screening-Methoden wurden und werden laut ADA wahrscheinlich auch nicht durchgeführt. [28] Jedoch zeigen Computeranalysen, dass gerade ein Screening bei einer jungen, asymptomatischen Population mit nachfolgender früherer Behandlung essenziell ist, und dass eine frühe Behandlung der Intensität der Behandlung überlegen ist was die Entstehung von diabetischen Spätkomplikationen betrifft. [53]

## 5.2 Screening auf diabetische Retinopathie

Die diabetische Retinopathie ist bis heute der Hauptgrund für die vermeidbare Blindheit im Alter zwischen 20-74 Jahren. [54] Sie präsentiert sich zunächst asymptomatisch bei jeglichen Formen von Diabetes. Die größten Therapieerfolge erzielt man jedoch, wenn man die Erkrankung möglichst früh zum Beispiel via Photokoagulation behandelt. Daher ist ein regelmäßiges Screening auf Diabetische Retinopathie (DRP) grundlegend. [55] Die Zahl der DRP ist weltweit insbesondere in den Entwicklungs- und Schwellenländern steigend. Auch in Europa soll die Zahl der therapiebedürftigen DRP von 6,4 Millionen im Jahr 2019 auf 8,6 Millionen im Jahr 2050 ansteigen. [7] Mit den herkömmlichen Screening-Methoden durch den Ophthalmologen ist dies in der Zukunft nicht mehr kosteneffizient möglich, grenzt auch an die Kapazitätsgrenze von verfügbaren Ophthalmolog\*innen und erfordert neue Ideen. Die Möglichkeit eines mobilen, von Zuhause aus durchführbaren Screenings gewinnt im Kontext von COVID-19 besondere Relevanz.

Durch den technologischen Fortschritt existieren eine Vielzahl von einfachen Netzhautkameras, wie z.B. die eines Mobiltelefons, die auch von einem nicht trainierten Ophthalmologen bzw. diplomiertem Pflegepersonal benutzt werden können. Erste Studien zeigen das Potential als kosteneffiziente Screening-Methode in Entwicklungs- und Schwellenländern, wobei die Bildqualität je nach Gerät sehr schwankend war. [56] In einer weiteren Studie in Brasilien war es zuvor untrainiertem medizinischem Personal möglich, in 80% aller Fälle anhand von dem mobilen mit der Hand gehaltenen Geräten eine Arbeitsdiagnose zu stellen. [57]

Darüber hinaus werden durch künstliche Intelligenz trainierte neuronale Netze dazu eingesetzt, die Bilder zu interpretieren und zu diagnostizieren. Diese Technologie hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht und Großkonzerne wie IBM und Google investieren stark in die Entwicklung neuer Algorithmen. [58] Die Akzeptanz bei Ärzt\*innen und Patient\*innen ist jedoch noch sehr niedrig und die noch ungeklärten medizinrechtlichen Fragen limitieren den Einsatz diesen neuen telemedizinischen Einsatz. [59] Nichtsdestotrotz hat diese Screeningtechnologie enormes Potential Konsultationen bei Ophthalmolog\*innen einzusparen und in Zukunft eine Testung auf diabetische Retinopathie von Zuhause aus zu ermöglichen.

### 5.3 Selbstüberwachung bei diabetischem Fußsyndrom

Das diabetische Fußsyndrom ist der Hauptgrund für nicht-traumatische Amputationen der unteren Extremität. Laut Schätzungen von Amstrong et al. treten bei Menschen mit Diabetes weltweit im Laufe des Lebens in 19-34% der Fälle Fußulcerationen auf. [60] Diese und weitere Komplikationen des diabetischen Fußsyndroms machen ungefähr ein Drittel der Kosten für die Behandlung von Diabetes aus. [61] Eine effektive, telemedizinisch durchführbare Selbstüberwachung würde enorme Kosten einsparen und hätte positive Auswirkungen auf die Morbidität, Mortalität und das Wohlbefinden der betroffenen Patient\*innen. Darüber hinaus könnten auch eine Reihe von Ambulanzbesuchen eingespart werden.

Laut bisheriger Guidelines ist für eine effektive Prävention für das Auftreten von diabetischen Fußulcera angemessene Schuhe, Patient\*innenaufklärung, Selbstmanagement und regelmäßige Fußpflege empfohlen. [62]

Es existieren eine Reihe von telemedizinischen Möglichkeiten für die Prävention von diabetischen Fußulcera. Darunter Temperaturmessgeräte wie z.B. Infrarot-Thermographie, Flüssigkristall-Thermographie und Thermistoren. Sie sollen mögliche Temperaturveränderungen messen, um so frühzeitig auf ein entstehendes Fußulkus hinzuweisen. Ein RCT von Skafjeld et al. zeigte jedoch keinen verbesserten Ausgang für die Patient\*innen gegenüber der üblichen visuellen Kontrolle. [63]

Die hyperspektrale Bildgebung nutzt Nahinfrarotlicht, um die Oxygenierung des Gewebes zu erfassen. Die Technologie wurde überwiegend im klinischen Umfeld getestet. Bisherige Studien waren sehr uneinheitlich definiert und kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Daher besteht noch ein hoher Bedarf an einer Weiterentwicklung der Technologie und Studien bezüglich der klinischen Effektivität bevor an eine häusliche Anwendung gedacht werden kann. [64]

Photographische Bildgebung für die Beurteilung eines diabetischen Fußulkus zeigen in ersten Studien vielversprechende Ergebnisse. Aber auch hier besteht noch ein hoher Bedarf weiterer Studien, wobei das Potential durch die Einfachheit und Kosteneffizienz für die häusliche Anwendung enorm hoch ist. [48]

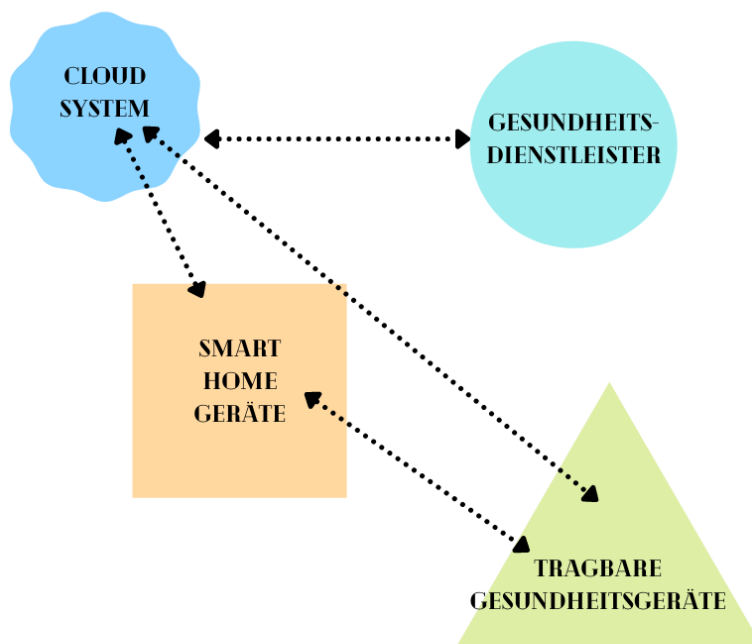
Online-Kommunikationssysteme, wie zum Beispiel Videokonsultationen, können dazu eingesetzt werden, zu erkennen, ob es einer dringend nötigen ambulanten bzw. stationären Versorgung bedarf oder eine telefonische Konsultation ausreicht. Eine Studie von Rasmussen et al. konnte feststellen, dass zwischen den üblichen Hausbesuchen und Video-Kommunikation keinen signifikanten Unterschied in der Wundheilungsrate von Fußulcera gekommen ist. Jedoch kam es in der Studie zu einer nicht von dem Autor erklärbaren Steigerung der Mortalität. [20] Zudem geben Autoren wie Muller et al. zu bedenken, dass Telemedizin zwar einen hohen Stellenwert in der Versorgung des diabetischen Fußsyndroms hat, jedoch für eine risikoarme Umsetzung eine möglichst einfache und schnelle Handhabung des technologischen Systems gewährleistet werden muss. [65]

Alles in allem existieren schon eine Reihe von effektiven und vielversprechenden telemedizinischen Anwendungen in der Behandlung und Prävention des diabetischen Fußsyndroms. Diese bauen jedoch auf ein technisches Verständnis und Vertrauen in die Technologie von Seiten der Gesundheitsdienstleister\*innen und der Patient\*innen. [64]

## 6 Internet der Dinge und Cloudsysteme

### 6.1 Internet der Dinge und Internet der medizinischen Dinge

Das Internet der Dinge (engl.: Internet of Things (IoT)) ist eine Zusammensetzung aus Technologien, die eine Verknüpfung zwischen physischen und virtuellen Systemen möglich machen und zusammenarbeiten lassen, ohne dass Menschen in dieses System auf irgendeiner Ebene eingreifen müssen. Ein prominentes und schon etabliertes Beispiel ist die Nutzung von Smart Homes. In Smart Homes werden Haushaltsgeräte miteinander verknüpft und können untereinander kommunizieren. [66] Das Internet der medizinischen Dinge (engl.: Internet of Medical Things (IoMT)) baut auf dem gleichen Konzept auf. Es besteht aus Verknüpfungen von medizinischen Geräten, wie in Kapitel 4 und Kapitel 5 dargestellt. Sie sollen ein gesamtheitliches Netzwerk zwischen den Nutzungsgeräten der Patient\*innen und denen der Gesundheitsdienstleister\*innen aufbauen. [67] (siehe Abb.2)



**Abb.2 Internet of Medical Things**

## 6.2 Cloudsystem

Cloudsysteme sind ein wesentlicher Bestandteil des Internet der Medizinischen Dinge und gehören mittlerweile zu den großen Erneuerungen in der Telemedizin (siehe Abb.2). Daten von Patient\*innen werden mithilfe von großen Datenspeichern extern auf einem Server gespeichert und können über das Internet abgerufen werden. Die Vorteile dieser Technologie sind vielfältig. So kann man durch die individuellen Daten der Patient\*innen eine individualisierte Medizin anbieten. Zudem kann der einfache Zugriff und das Teilen der Daten unter Gesundheitsexpert\*innen von jedem Ort mit Internetzugang eine echte telemedizinische Versorgung ermöglichen.

## 6.3 Fallbeispiel Shanghai

In Shanghai wurde zwischen 2012 und 2017 großflächig ein auf einer Cloud-Plattform basierendes Diabetes-Programm gestartet. Die Teilnehmer\*innen konnten unabhängig von ihren Vorerkrankungen daran teilnehmen, wurden aber im Vorhinein in Kategorien „Gesund“, „Prädiabetes“, „Diabetes“ und „Hochrisiko Diabetes“ eingeteilt. Das Programm bestand im Wesentlichen aus 3 Teilen: (a) einer Gesundheitsstation mit Equipment zur Blutzuckermessung, (b) einer Gesundheits-Cloud-Applikation, die auf einem mobilen Gerät installiert werden kann und (c) einer Identifikationskarte oder Versicherungskarte, welche als individuelle Identifikationsnummer dienen.

Die Patient\*innen können in den Gesundheitsstationen ihren Nüchtern-Blutzuckerwert selbst messen und wenn dieser Wert zu hoch ist, wird automatisch eine Nachricht an die Patient\*innen selbst, die Betreuer\*in und die Ärzt\*in geschickt. Daraufhin kann die Patient\*in bzw. die Ärzt\*in entscheiden, ob es nötig ist weitere Risikofaktoren abzuklären und/oder eine erweiterte Diabetesdiagnostik durchzuführen. Die Daten werden automatisch gespeichert und können im Verlauf von der betreuenden Ärzt\*in eingesehen werden. Durch dieses direkte Feedback wird einerseits ein effektives Screening durchgeführt und gleichzeitig die

betreffenden Patient\*innen mit Diabetes mellitus effektiv behandelt und aufgeklärt. Wenn die elektronische Akte angelegt ist, erhält die Nutzer\*in zusätzlich 4 Funktionen für das Diabetes-Selbstmanagement: (a) eine Bewegungserinnerung und Aufzeichnung, (b) eine Dokumentation der Mahlzeiten und einen Kalorienzähler, (c) eine Erinnerung zur Einnahme der oralen Antidiabetiker und ggf. des Insulins, (d) einen Plan zur regelmäßigen Messung der Glukose.

Durch dieses umfangreiche Selbstmanagementprogramm über die Cloudapplikation ist es in Shanghai gelungen, über den Zeitraum von 2012 bis 2017 eine vollständige medizinische Versorgung sicherzustellen. In den Vororten von Shanghai wurde eine Abdeckung von 95% erreicht. Die Anzahl der Teilnehmer\*innen, die die Cloud-Plattform nutzten, stieg von 260 631 (2012) auf 805 582 (2017). Der Anteil der therapierten Menschen mit Diabetes mellitus stieg von 42,9% (2012) auf 78% (2017). Gleichzeitig ist der Anteil der Menschen mit gut eingestelltem Diabetes mellitus, die das Selbstmanagement-Programm benutzen, von 63% auf 72% gestiegen. „Gut eingestellt“ bedeutet in dem Zusammenhang, dass der letzte gemessene Nüchtern-Glukosewert des Jahres im Normbereich lag. [68]

Die Fallstudie ist ein gutes Beispiel dafür, dass durch den Einsatz von Cloudplattformen eine flächendeckende Diabetesversorgung effektiv möglich ist, welche durchaus vergleichbar mit der Diabetesversorgung von High-Income-Staaten wie Portugal ist. In Portugal liegt die Behandlungsrate bei 79,7% und die Kontrollrate bei 63,2%. [69] Gerade in Ländern mit einer noch nicht ausreichend entwickelten Diabetesinfrastruktur stellt der Einsatz von Cloudplattformen eine effektive Methode dar. Aber auch in hochentwickelten Staaten wie Österreich oder Deutschland kann man erwarten, dass Selbstmanagement-Programme die medizinische Betreuung von Menschen mit Diabetes mellitus effektiver gestalten und damit ein kosteneffizientes Alternativprogramm anbieten können. Doch sollte man Bedenken, dass der Umstieg auf ein solches Selbstmanagement-Programm mit starken Einschnitten der Privatsphäre verbunden ist. In westlichen Ländern ist eine flächendeckende Diabetesversorgung über Cloudplattformen aus datenschutzrechtlichen Gründen wohl aktuell nur sehr schwer und nur unter hohem bürokratischem Aufwand umsetzbar.

## 6.4 Chancen und Probleme

Das Internet of Medical Things und diverse Cloudanwendungen haben enormes Potential in ihren Anwendungen und können, wenn wie in Shanghai konsequent umgesetzt auch jetzt schon integraler Bestandteil in der medizinischen Versorgung sein. Durch die Verwendung von digitalen Datensätzen der einzelnen Benutzer\*innen, ist eine individuelle Medizin möglich, die von überall in der Welt durchgeführt werden kann. Auch können diese Daten anonymisiert und in Big Data Studien mit Hilfe künstlicher Intelligenz schnell und effizient ausgewertet werden. Die mögliche Nutzung durch die Verknüpfung mit anderen Smart-Home Geräten garantiert eine immer einfacher werdende Handhabung der telemedizinischen Geräte und eine simple und effiziente Integration in den Alltag.

Es gibt jedoch auch noch große Hürden zu überwinden, damit eine breitflächige Umsetzung in Europa möglich wird. Ein wesentliches Problem ist die Datensicherheit zu garantieren. Da es sich hier um sehr private und medizinische Daten handelt, sollte hier höchster Standard garantiert sein. Dieser kann aber oft nicht gewährleistet werden, da die verbundenen Geräte wie z.B. Smartphones keinesfalls den medizinischen Standards unterliegen und so sehr anfällig sind für kriminelle Aktivitäten oder Datendiebstahl. Eine Reihe von Gruppen haben darauf hingewiesen, dass Datensicherheit und Datenmanipulation enorme Folgen für die Gesundheit der Patient\*innen haben kann. Aus diesen Gründen sollte eine Einführung der Kennzeichnung für den gegebenen Sicherheitsstandard der einzelnen Geräte in die Wege geleitet werden, damit die Patient\*innen sich gut und einfach gegen Angriffe schützen können. [70]

Eine weitere Hürde ist die Privatsphäre der Nutzer\*innen zu garantieren. Auch hier ergibt sich ein ähnliches Problem aus der Diversität der integrierten Geräte. Durch die Nutzung von Geräten, wie die aus der Unterhaltungselektronik, ist die Privatsphäre üblicherweise nicht gewährleistet und sollte in Zukunft durch ein allgemein anerkanntes Kennzeichen für Datensicherheit und Privatsphäre gekennzeichnet werden. Es sollte garantiert werden, dass sowohl Regierungen als auch private Konzerne ohne Zustimmung des Patienten nicht auf die Daten zugreifen können oder diese manipulieren dürfen. Darüber hinaus sollten die Patient\*innen jederzeit das Recht auf das Löschen der eigenen Daten haben.

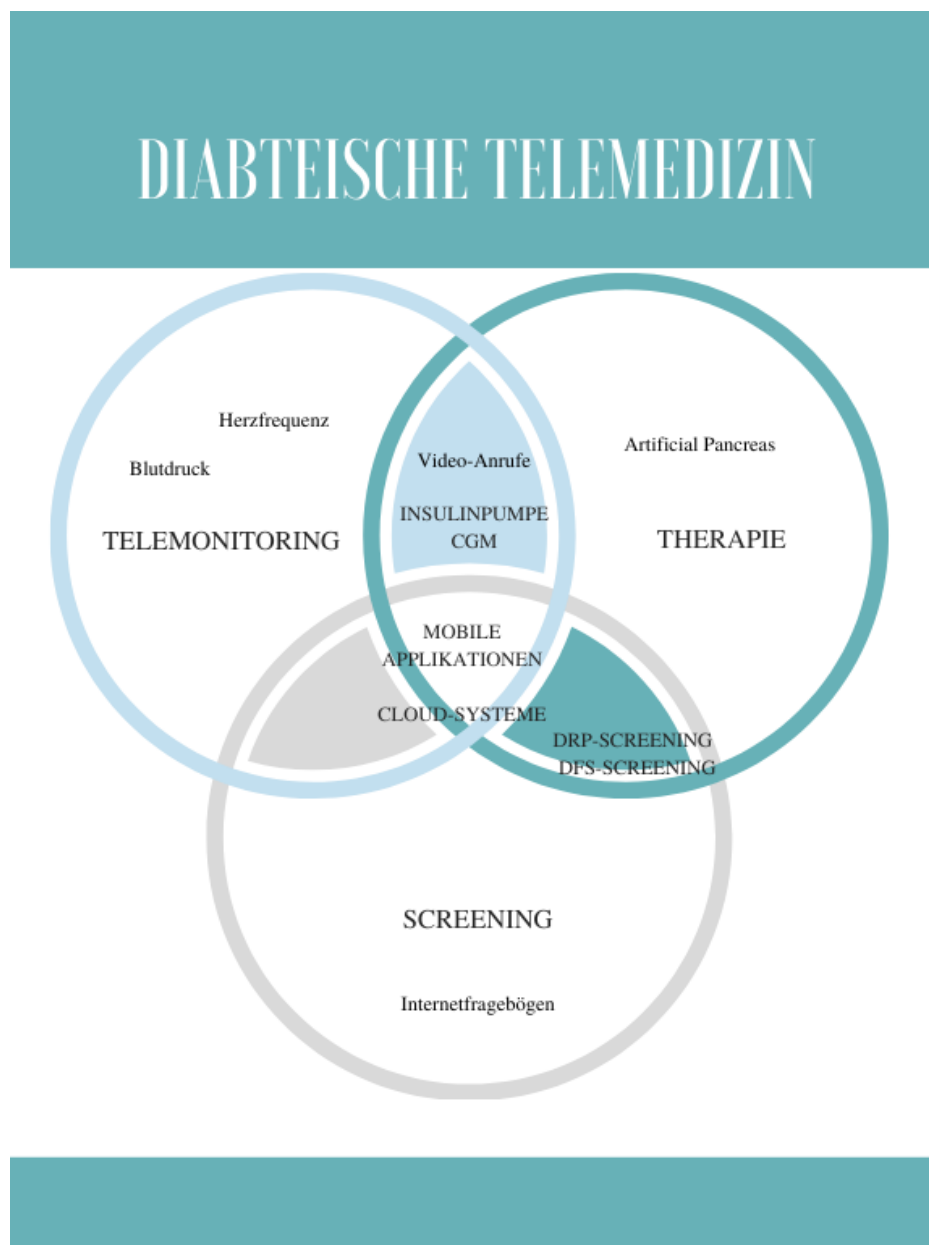
Ein Beispiel für eine Regulation von mobilen Geräten der Diabetestechnologie ist die von der Diabetes Technology Society ins Leben gerufene „Standard for Wireless Diabetes Device Security“ (DTSec). DTSec zertifizierte Geräte entsprechen nach einer unabhängigen Expert\*innenprüfung den erhobenen Sicherheitsstandard. [34]

## 7 Ergebnisse

Die Corona-Pandemie hat das gesamte Gesundheitssystem zum Umdenken gezwungen, wie man eine suffiziente Versorgung der Patient\*innen „mit Abstand“ gewährleisten kann. Gerade vulnerable Risikogruppen, wie die der Menschen mit Diabetes mellitus sind besonders zu schützen. In Kapitel 4 und 5 konnte gezeigt werden, dass eine Vielzahl von verschiedenen Anwendungen im Bereich der Telediabetologie existieren. In Kapitel 6 wurde klar wie viel Potential in der Verknüpfung dieser einzelnen telemedizinischen Methoden und Geräten steckt. Schlussendlich kann vielleicht die klassische Versorgung nicht vollständig ersetzt werden, aber durchaus gut und kosteneffizient mit telemedizinischen Anwendungskonzepten kombiniert werden. Die Telediabetologie kann so gut wie in allen Bereichen der medizinischen Versorgung von Menschen mit Diabetes mellitus eingesetzt werden (siehe Abb.3). Angefangen von effektiven Screening-Methoden über das Telemonitoring zum Gesundheitszustand der Patient\*innen, bis hin zu fast voll automatisierten Therapieverfahren, wie die der hybriden Closed-Loop-Systeme. Zudem gibt es immer mehr Anwendungen, die in mehreren überschneidenden Einsatzbereichen einen effektiven Einsatz zeigen konnten. Besonders zukunftsweisend ist hier das kontinuierliche Glukosemonitoring, welches schon jetzt in sowohl therapeutischen Ansätzen als auch im Telemonitoring eingesetzt werden kann. [24] Gerade einfache Lösungen wie die Video- und Telefonanrufe mit Patient\*innen konnten einen positiven Effekt in Behandlungsergebnis als auch in der Einsparung von unnötigen Klinik- bzw.- Praxisbesuchen zeigen. [20] Im Bereich der Screeningmethoden sind schon sehr vielversprechende Ansätze zu erkennen. Diese sind jedoch noch zum Teil sehr rudimentär oder technologisch noch nicht voll ausgereift. Ein zukunftsweisender Ansatz wäre gerade hier ein vermehrter Einsatz an Biomarkern oder Maschine-Learning-Algorithmen, um gefährdete Bevölkerungsgruppen zu identifizieren und frühzeitig präventive Maßnahmen zu ergreifen. In diesem Zusammenhang können gerade Cloudsysteme und mobile Anwendungen, die alle Bereiche der Telediabetologie umfassen, helfen. Durch die Vielseitigkeit der Anwendungsbereiche werden Sie oft als Werkzeuge zur Verknüpfung mit anderen digitalen Geräten eingesetzt und können zusammen in das Netzwerk des Internet of Medical Things eingebunden werden. Zudem können

sie die nötigen Benutzerdaten zu Verfügung stellen, welche essenziell für eine durchdachte, auf die einzelnen Patient\*innen fokussierte telemedizinische Versorgung sind.

Jede technologische Anwendung zeigt individuelle Stärken und Schwächen auf. Jedoch gibt es durch deren Interkonnektivität eine Vielzahl von ähnlichen Vor- und Nachteilen untereinander, die noch in Zukunft gelöst werden müssen.



**Abb.3 Anwendungen in der Telediabetologie**

Der Zugang zur Telediabetologie ist deutlich einfacher geworden. Durch den enormen technologischen Fortschritt ist es mittlerweile möglich, dass fast jeder Mensch Zugang zum Internet, Smartphone-Applikationen und Cloudsystemen haben kann. Nichtsdestotrotz sind viele Geräte wie CGM-Systeme und Insulinpumpen noch mit anfänglich hohen Investitionen verbunden, die nicht immer von den Sozialversicherungsträgern gedeckt werden, obwohl der Großteil der Studien eine Kosteneffizienz in der Langzeitanwendung zeigen konnte. [40, 43]

Ein großer Fortschritt ist die Verknüpfung von physiologischen Variablen wie Herzfrequenz, Blutdruck und Blutzucker mit den automatisch dokumentierten Verhaltensweisen wie Bewegungszeit, Ernährung und Schlafqualität. Dieses Zusammenführen der Verhaltensweisen der Patient\*innen macht eine effiziente, zielgerichtete und vor allem individualisierte Medizin möglich. Die Genauigkeit der Messgeräte ist zwar noch nicht ganz auf dem Niveau von den klassischen Messmethoden können aber durchaus in vielen Studien ein verbessertes Outcome und optimierte Lebensqualität für die Patient\*innen nachweisen. [30,42,48]

Doch es existieren noch eine Vielzahl von Hürden, welche die Zurückhaltung der breitflächigen Umsetzung der telemedizinischen Lösungen erklären. Die Probleme, gerade bei Menschen mit Diabetes mellitus Typ 2, werden von Alvarado et al. in einem systematischen Review aus ausgewählten Studien von 2010 bis 2015 passend zusammengefasst. Sie umfassen den Zweifel an der Transparenz, dem Umgang mit der Sicherheit der erhobenen Daten, den anfänglich gesteigerten Arbeitsaufwand bei dem medizinischen Personal, die Motivation und das benötigte technologische Fachwissen der Patient\*innen und nicht zuletzt das Wegfallen der direkten körperlichen Interaktion. [71] All dies sind auch heute, sechs Jahre später, trotz vielfältiger Verbesserungen noch zu großen Teilen ungelöste Problemfelder. Nichtsdestotrotz ist der gesteigerte Einsatz von Telediabetologie während der Corona-Pandemie von dem Großteil der Menschen mit Diabetes mellitus als positiv aufgefasst worden. Es sollten jedoch gerade Patient\*innen mit niedriger Compliance und wenig technischem Wissen nicht vergessen werden, und engmaschiger und häufiger kontaktiert werden, um diabetische Komplikationen effektiv zu vermeiden. [21]

Die Arbeit konnte zeigen, dass die telemedizinischen Anwendungen durchaus zum jetzigen Zeitpunkt schon vielversprechende Innovationen in das Feld der

Diabetologie gebracht haben. Weiteres hat die Anzahl der Anwendungen in den letzten Jahren enorm zugenommen. Aber gerade in der Verknüpfung der einzelnen Technologien gibt es noch zu wenig Interaktion. Hier sind politische, rechtliche, wirtschaftliche, technologische, behördliche und medizinische Institutionen gefragt, um eine Basis für eine breite und benutzerfreundliche sowie sichere Anwendung zu gewährleisten. Denn nur so kann das volle Potential ausgeschöpft werden und sowohl den Verbrauchern als auch den Hersteller\*innen eine Sicherheit geben langfristig in die Technologie zu investieren. Auch bedarf es noch an vielen Stellen an größeren und besser strukturierten randomisiert kontrollierten Studien, um fundierter Aussagen über den Effekt der getesteten telemedizinischen Lösungen zu treffen. Dies alles erfordert ein hohes Maß an Motivation, Mut und Innovationsfreude. Doch die Zeit ist mit der Corona-Pandemie gekommen, die Digitalisierung auch in der Telediabetologie voranzutreiben, um nicht nur während der Pandemie, sondern auch darüber hinaus langfristig den Patient\*innen die bestmögliche Versorgung zukommen zu lassen und eine gesamtheitliche Medizin effektiv anbieten zu können.

## 8 Diskussion

In dieser Arbeit wurde eine Vielzahl von verschiedenen Studien und Metaanalysen erörtert und diskutiert. Der Großteil dieser Studien konnten einen positiven Effekt bei der Anwendung telemedizinischer Lösungen in der Diabetesversorgung zeigen. Jedoch hatten viele Studien noch einige Schwächen, die auch von den Autor\*innen selbst teilweise beschrieben worden sind. [24, 34, 49, 72] So kam es nicht immer zu einer eindeutigen Unterscheidung zwischen Menschen mit Diabetes mellitus Typ 1 und Typ 2. Der Großteil der publizierten Studien in der Telediabetologie bezieht sich auf Menschen mit Diabetes mellitus Typ 1. Die unterschiedliche Pathophysiologie der beiden Krankheitsbilder und das unterschiedliche Gesundheitsverhalten der Betroffenen machen eine direkte Vergleichbarkeit des klinischen Effektes schwierig, wenn nicht unbrauchbar.

Zudem beklagten Autor\*innen, vor allem im Sektor der mobilen Diabetes-Applikationen, dass es noch zu wenige, zu kleine oder gar keine klinischen Studien in diesem Feld existieren. [34, 48] Die meisten Studien haben den Fokus auf die technologische Funktionsfähigkeit gehabt, anstatt klinische Ergebnisse als Endpunkt der Studien zu definieren, sodass die klinische Aussagekraft der einzelnen Studien teilweise nur sehr limitiert und kaum vergleichbar ist.

Ungeachtet davon ist es bemerkenswert, dass der Großteil der klinischen Studien einen positiven Behandlungseffekt zeigen konnten und auch meist die Kosteneffizienz der einzelnen Anwendungen belegen. Aufgrund dessen kann man davon ausgehen, dass es gerade in der aktuellen Pandemie-Lage an der Zeit ist, den Einsatz von telemedizinischen Anwendungen breitflächig auszubauen und auch in den klinischen Alltag zu integrieren. Dies ist eine große Herausforderung für Gesundheitsdienstleister\*innen und Patient\*innen. Gerade Patient\*innen, welche noch unerfahren mit den verschiedenen digitalen Anwendungen sind, sollten engmaschiger betreut werden und es sollte gegebenenfalls auf simplere Verfahren wie Telefonanrufe ausgewichen werden.

In der heutigen Zeit sollte der zunehmende Einsatz der Telediabetologie auch einhergehen mit großen klinischen randomisiert kontrollierten Studien. Diese sollten möglichst mit standardisierten Testprotokollen der jeweiligen Geräteklassen stattfinden. Die erhobenen Daten sollten anonymisiert und frei mit der Allgemeinheit

geteilt werden. Darüber hinaus sollten vermehrt klinisch erhobene Daten, mit den passiv erworbenen Daten verglichen und analysiert werden, um die Vergleichbarkeit der Studien gewährleisten zu können.

Ziel der Telediabetologie sollte es sein, ein großes standardisiertes Netzwerk aufzubauen, in der es zu einer variablen Integration von zertifizierten Geräten und Anwendungen kommen kann. Datenschutz, Datensicherheit und Privatsphäre sollte für Patient\*innen gewährleistet werden können. Des Weiteren sollten Ärzt\*innen schnell und einfach auf die Daten zugreifen und Empfehlungen direkt an die Patient\*innen versenden können. Diese Herausforderungen sind nur durch den Aufbau von unabhängigen Institutionen zu bewerkstelligen, welche eng mit den Herstellern der Geräte, den Gesundheitsdienstleister\*innen aber primär auch mit Patient\*innen zusammenarbeiten.

## 9 Literaturverzeichnis

1. Price, D. and T. Walker, *The Rationale for Continuous Glucose Monitoring-based Diabetes Treatment Decisions and Non-adjunctive Continuous Glucose Monitoring Use*. European endocrinology, 2016. **12**(1): p. 24-30.
2. AG-Telemedizin, *Telemedizinische Methoden in der Patientenversorgung – Begriffliche Verortung*. 2015. Status as of: 22.11.21; Available from: [https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf\\_Ordner/Telemedizin\\_Telematik/Telemedizin/Telemedizinische\\_Methoden\\_in\\_der\\_Patientenversorgung\\_Begriffliche\\_Verortung.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf_Ordner/Telemedizin_Telematik/Telemedizin/Telemedizinische_Methoden_in_der_Patientenversorgung_Begriffliche_Verortung.pdf).
3. Adil, M.T., et al., *SARS-CoV-2 and the pandemic of COVID-19*. Postgrad Med J, 2021. **97**(1144): p. 110-116.
4. Shah, A.S.V., et al., *Risk of hospital admission with coronavirus disease 2019 in healthcare workers and their households: nationwide linkage cohort study*. BMJ, 2020. **371**: p. m3582.
5. Novak, M., „Digitaler Dambruch“. 2020. Status as of: 22.11.2021; Available from: <https://www.aekstmk.or.at/507?articleId=9403>.
6. Richardson, S., et al., *Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area*. Jama, 2020. **323**(20): p. 2052-2059.
7. Li, J.Q., et al., *Prevalence, incidence and future projection of diabetic eye disease in Europe: a systematic review and meta-analysis*. Eur J Epidemiol, 2020. **35**(1): p. 11-23.
8. Chan, J.C.N., et al., *The Lancet Commission on diabetes: using data to transform diabetes care and patient lives*. Lancet, 2021. **396**(10267): p. 2019-2082.
9. McDonald, H.I., et al., *New estimates of the burden of acute community-acquired infections among older people with diabetes mellitus: a retrospective cohort study using linked electronic health records*. Diabet Med, 2014. **31**(5): p. 606-14.
10. Barron, E., et al., *Associations of type 1 and type 2 diabetes with COVID-19-related mortality in England: a whole-population study*. Lancet Diabetes Endocrinol, 2020. **8**(10): p. 813-822.
11. Zhu, Z., Y. Mao, and G. Chen, *Predictive value of HbA1c for in-hospital adverse prognosis in COVID-19: A systematic review and meta-analysis*. Primary Care Diabetes, 2021.
12. Wysocki, J., et al., *ACE and ACE2 activity in diabetic mice*. Diabetes, 2006. **55**(7): p. 2132-9.

13. Fernandez, C., et al., *Plasma levels of the proprotein convertase furin and incidence of diabetes and mortality*. J Intern Med, 2018. **284**(4): p. 377-387.
14. Sur, J., J. Sharma, and D. Sharma, *Diabetes Might Augment the Severity of COVID-19: A Current Prospects*. Front Cardiovasc Med, 2020. **7**: p. 613255.
15. Medizinische Universität Graz, *Richtlinie für die Erstellung einer Masterarbeit/Diplomarbeit*. Oktober 2011, Status as of: 4.11.2021; Available from:  
[https://www.medunigraz.at/fileadmin/testinhalte/training/pdfs/DiplomMasterarbeit\\_Richtlinien.pdf](https://www.medunigraz.at/fileadmin/testinhalte/training/pdfs/DiplomMasterarbeit_Richtlinien.pdf).
16. Kaur, R., et al., *Telephonic Consultation and follow-up in Diabetics: Impact on Metabolic Profile, Quality of Life, and Patient Compliance*. North American journal of medical sciences, 2015. **7**(5): p. 199-207.
17. Nobis, S., et al., *Efficacy of a web-based intervention with mobile phone support in treating depressive symptoms in adults with type 1 and type 2 diabetes: a randomized controlled trial*. Diabetes Care, 2015. **38**(5): p. 776-83.
18. Klonoff, D.C., *Telemedicine for Diabetes After the COVID-19 Pandemic: We Can't Put the Toothpaste Back in the Tube or Turn Back the Clock*. Journal of diabetes science and technology, 2020. **14**(4): p. 741-742.
19. Davidson, J.L., et al., *International Diabetes Center: COVID-19 Won't Stop Us From Fulfilling Our Mission*. Journal of diabetes science and technology, 2020. **14**(4): p. 725-726.
20. Rasmussen, B.S., et al., *A Randomized Controlled Trial Comparing Telemedical and Standard Outpatient Monitoring of Diabetic Foot Ulcers*. Diabetes Care, 2015. **38**(9): p. 1723-9.
21. Scott, S.N., et al., *Use and perception of telemedicine in people with type 1 diabetes during the COVID-19 pandemic-Results of a global survey*. Endocrinol Diabetes Metab, 2021. **4**(1): p. e00180.
22. Rodbard, D., *Continuous Glucose Monitoring: A Review of Recent Studies Demonstrating Improved Glycemic Outcomes*. Diabetes technology & therapeutics, 2017. **19**(S3): p. S25-S37.
23. Mian, Z., K.L. Hermayer, and A. Jenkins, *Continuous Glucose Monitoring: Review of an Innovation in Diabetes Management*. Am J Med Sci, 2019. **358**(5): p. 332-339.
24. Rodbard, D., *Continuous Glucose Monitoring: A Review of Successes, Challenges, and Opportunities*. Diabetes technology & therapeutics, 2016. **18 Suppl 2**(Suppl 2): p. S3-S13.
25. Ehrhardt, N. and I.B. Hirsch, *The Impact of COVID-19 on CGM Use in the Hospital*. Diabetes Care, 2020. **43**(11): p. 2628.

26. Reiterer, F., et al., *Significance and Reliability of MARD for the Accuracy of CGM Systems*. J Diabetes Sci Technol, 2017. **11**(1): p. 59-67.
27. Polonsky, W.H., et al., *The Impact of Continuous Glucose Monitoring on Markers of Quality of Life in Adults With Type 1 Diabetes: Further Findings From the DIAMOND Randomized Clinical Trial*. Diabetes Care, 2017. **40**(6): p. 736-741.
28. *7. Diabetes Technology: Standards of Medical Care in Diabetes—2021*. Diabetes Care, 2021. **44**(Supplement 1): p. S85-S99.
29. Battelino, T., et al., *Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range*. Diabetes Care, 2019. **42**(8): p. 1593-1603.
30. Foster, N.C., et al., *State of Type 1 Diabetes Management and Outcomes from the T1D Exchange in 2016–2018*. Diabetes Technology & Therapeutics, 2019. **21**(2): p. 66-72.
31. Burckhardt, M.-A., et al., *Use of remote monitoring with continuous glucose monitoring in young children with Type 1 diabetes: the parents' perspective*. Diabetic Medicine, 2019. **36**(11): p. 1453-1459.
32. Gabbay, M.A.L., et al., *Time in range: a new parameter to evaluate blood glucose control in patients with diabetes*. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2020. **12**(1).
33. Bekiari, E., et al., *Artificial pancreas treatment for outpatients with type 1 diabetes: systematic review and meta-analysis*. Bmj, 2018. **361**: p. k1310.
34. Fleming, G.A., et al., *Diabetes digital app technology: benefits, challenges, and recommendations. A consensus report by the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and the American Diabetes Association (ADA) Diabetes Technology Working Group*. Diabetologia, 2020. **63**(2): p. 229-241.
35. Sora, N.D., et al., *Insulin Pumps: Review of Technological Advancement in Diabetes Management*. Am J Med Sci, 2019. **358**(5): p. 326-331.
36. Lewis, D., *History and Perspective on DIY Closed Looping*. J Diabetes Sci Technol, 2019. **13**(4): p. 790-793.
37. Misso, M.L., et al., *Continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) versus multiple insulin injections for type 1 diabetes mellitus*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2010(1).
38. Marchand, L., et al., *Long-Term Effects of Continuous Subcutaneous Insulin Infusion on Glucose Control and Microvascular Complications in Patients With Type 1 Diabetes*. J Diabetes Sci Technol, 2017. **11**(5): p. 924-929.
39. Ruan, Y., et al., *Hypoglycaemia incidence and recovery during home use of hybrid closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes*. Diabetes Obes Metab, 2018. **20**(8): p. 2004-2008.

40. Cummins, E., et al., *Clinical effectiveness and cost-effectiveness of continuous subcutaneous insulin infusion for diabetes: systematic review and economic evaluation*. Health Technol Assess, 2010. **14**(11): p. iii-iv, xi-xvi, 1-181.
41. Ross, P.L., et al., *Clinical review: insulin pump-associated adverse events in adults and children*. Acta Diabetologica, 2015. **52**(6): p. 1017-1024.
42. Reznik, Y., et al., *Insulin pump treatment compared with multiple daily injections for treatment of type 2 diabetes (OpT2mise): a randomised open-label controlled trial*. The Lancet, 2014. **384**(9950): p. 1265-1272.
43. Pollard, D.J., et al., *Cost-effectiveness of insulin pumps compared with multiple daily injections both provided with structured education for adults with type 1 diabetes: a health economic analysis of the Relative Effectiveness of Pumps over Structured Education (REPOSE) randomised controlled trial*. BMJ Open, 2018. **8**(4): p. e016766.
44. Klonoff, D.C. and D. Kerr, *Smart Pens Will Improve Insulin Therapy*. Journal of Diabetes Science and Technology, 2018. **12**(3): p. 551-553.
45. Heinemann, L., et al., *Digital Diabetes Management: A Literature Review of Smart Insulin Pens*. J Diabetes Sci Technol, 2021: p. 1932296820983863.
46. Adolfsson, P., et al., *Increased Time in Range and Fewer Missed Bolus Injections After Introduction of a Smart Connected Insulin Pen*. Diabetes Technol Ther, 2020. **22**(10): p. 709-718.
47. Jendle, J., et al., *Smart Insulin Pens are Associated with Improved Clinical Outcomes at Lower Cost Versus Standard-of-Care Treatment of Type 1 Diabetes in Sweden: A Cost-Effectiveness Analysis*. Diabetes Therapy, 2021. **12**(1): p. 373-388.
48. Doupis, J., et al., *Smartphone-Based Technology in Diabetes Management*. Diabetes Ther, 2020. **11**(3): p. 607-619.
49. Kebede, M.M. and C.R. Pischke, *Popular Diabetes Apps and the Impact of Diabetes App Use on Self-Care Behaviour: A Survey Among the Digital Community of Persons With Diabetes on Social Media*. Front Endocrinol (Lausanne), 2019. **10**: p. 135.
50. Hogan, N.M. and M.J. Kerin, *Smart phone apps: smart patients, steer clear*. Patient Educ Couns, 2012. **89**(2): p. 360-1.
51. Cho, N.H., et al., *IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045*. Diabetes Res Clin Pract, 2018. **138**: p. 271-281.
52. American Diabetes Association: *ADA RISC TEST*. Status as of: 01.09.2021; Available from: <https://www.diabetes.org/risk-test>.
53. Herman, W.H., et al., *Early Detection and Treatment of Type 2 Diabetes Reduce Cardiovascular Morbidity and Mortality: A Simulation of the Results*

- of the Anglo-Danish-Dutch Study of Intensive Treatment in People With Screen-Detected Diabetes in Primary Care (ADDITION-Europe). *Diabetes Care*, 2015. **38**(8): p. 1449-55.
54. Cheung, N., P. Mitchell, and T.Y. Wong, *Diabetic retinopathy*. *The Lancet*, 2010. **376**(9735): p. 124-136.
  55. *Photocoagulation for diabetic macular edema. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study report number 1. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study research group*. *Arch Ophthalmol*, 1985. **103**(12): p. 1796-806.
  56. Wintergerst, M.W.M., et al., *Diabetic Retinopathy Screening Using Smartphone-Based Fundus Imaging in India*. *Ophthalmology*, 2020. **127**(11): p. 1529-1538.
  57. Queiroz, M.S., et al., *Diabetic retinopathy screening in urban primary care setting with a handheld smartphone-based retinal camera*. *Acta Diabetol*, 2020. **57**(12): p. 1493-1499.
  58. Vujosevic, S., et al., *Screening for diabetic retinopathy: new perspectives and challenges*. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2020. **8**(4): p. 337-347.
  59. Ting, D.S.W., A.Y. Lee, and T.Y. Wong, *An Ophthalmologist's Guide to Deciphering Studies in Artificial Intelligence*. *Ophthalmology*, 2019. **126**(11): p. 1475-1479.
  60. Armstrong, D.G., A.J.M. Boulton, and S.A. Bus, *Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence*. *N Engl J Med*, 2017. **376**(24): p. 2367-2375.
  61. Driver, V.R., et al., *The costs of diabetic foot: the economic case for the limb salvage team*. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2010. **100**(5): p. 335-41.
  62. Bus, S.A., et al., *IWGDF guidance on the prevention of foot ulcers in at-risk patients with diabetes*. *Diabetes Metab Res Rev*, 2016. **32 Suppl 1**: p. 16-24.
  63. Skafjeld, A., et al., *A pilot study testing the feasibility of skin temperature monitoring to reduce recurrent foot ulcers in patients with diabetes – a randomized controlled trial*. *BMC Endocrine Disorders*, 2015. **15**(1): p. 55.
  64. Hazenberg, C., et al., *Telehealth and telemedicine applications for the diabetic foot: A systematic review*. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020. **36**(3): p. e3247.
  65. Muller, M., et al., *Comment on Rasmussen et al. A Randomized Controlled Trial Comparing Telemedical and Standard Outpatient Monitoring of Diabetic Foot Ulcers*. *Diabetes Care* 2015;38:1723-1729. *Diabetes Care*, 2016. **39**(1): p. e9-10.
  66. Singh, R.P., et al., *Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic*. *Diabetes Metab Syndr*, 2020. **14**(4): p. 521-524.

67. Basatneh, R., B. Najafi, and D.G. Armstrong, *Health Sensors, Smart Home Devices, and the Internet of Medical Things: An Opportunity for Dramatic Improvement in Care for the Lower Extremity Complications of Diabetes*. J Diabetes Sci Technol, 2018. **12**(3): p. 577-586.
68. Cheng, C., et al., *Evaluation of the implementation and effect of the healthcare cloud information platform for diabetes self-management: A case study in Shanghai*. The International Journal of Health Planning and Management, 2019. **34**(3): p. 986-997.
69. Barreto, M., et al., *Prevalence, awareness, treatment and control of diabetes in Portugal: Results from the first National Health examination Survey (INSEF 2015)*. Diabetes Res Clin Pract, 2018. **140**: p. 271-278.
70. Al Ameen, M., J. Liu, and K. Kwak, *Security and privacy issues in wireless sensor networks for healthcare applications*. J Med Syst, 2012. **36**(1): p. 93-101.
71. Alvarado, M.M., et al., *Barriers to Remote Health Interventions for Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Proposed Classification Scheme*. J Med Internet Res, 2017. **19**(2): p. e28.
72. Laursen, S., et al., *Effectiveness of Telemedicine Solutions for the Management of Patients With Diabetes: Protocol for a Systematic Review and Meta-Analysis*. JMIR Res Protoc, 2020. **9**(11): p. e22062.