

Nervenarzt 2021 · 92:95–106

<https://doi.org/10.1007/s00115-020-01031-7>

Angenommen: 27. Oktober 2020

Online publiziert: 27. November 2020

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Johann Philipp Zöllner^{1,2} · Stefan Wolking³ · Yvonne Weber³ · Felix Rosenow^{1,2}¹ Epilepsiezentrum Frankfurt Rhein-Main, Zentrum der Neurologie und Neurochirurgie, Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland² LOEWE Center for Personalized Translational Epilepsy Research (CePTER), Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland³ Epileptologie Aachen, Neurologische Uniklinik, Aachen, Deutschland

Decision-support-Systeme, Assistenzsysteme und Telemedizin in der Epileptologie

Hintergrund

In Analogie zu anderen Feldern der Neurologie erlebt die Epileptologie aufgrund der intensiven Forschung einen enormen Wissenszuwachs, welcher sich auch in einer zunehmenden Individualisierung der Behandlung widerspiegeln wird. Hierunter fallen z. B. neue Erkenntnisse in der Genetik, welche zu personalisierten Therapieoptionen führen [42], die zunehmende Anzahl von Antikonvulsiva und die damit einhergehenden Kombinationsmöglichkeiten [31], die wachsende Anzahl autoimmunvermittelter Epilepsiesyndrome [7], ein besseres Verständnis über die prognostische Wertigkeit histopathologischer Befunde [22] oder die Möglichkeit, das Risiko beim Absetzen der Antikonvulsiva besser einzuschätzen [23]. Hierbei den Überblick zu bewahren, fällt Nichtexperten zwangsläufig zunehmend schwer. Hier setzen Clinical-decision-support-Systeme (CDSS) an. In letzter Zeit wurden zudem Medizin-Apps, Assistenzsysteme und telemedizinische Verfahren entwickelt, welche u. a. Onlinedatentransfer, telemedizinische Beratung, Diagnostik und Therapie ermöglichen.

Der Gesetzgeber hat kürzlich den Einsatz solcher digitaler Versorgungsansätze erleichtert [1] und durch die Bundesregierung wurde eine E-Health-Initiative zur Förderung der Digitalisierung im Gesundheitswesen aufgesetzt [8]. Auch durch die SARS-CoV-2 („severe acute respiratory syndrome coronavirus 2“)-

Pandemie ist zu erwarten, dass die Bedeutung telemedizinischer Verfahren in der Zukunft rasch zunehmen wird [43]. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über epilepsiespezifische digitale Versorgungsansätze.

Clinical-decision-support-Systeme

Definition und Bedarf

Unter Clinical-decision-support-Systemen (CDSS) versteht man Programme, die basierend auf individuellen Patientendaten eine Entscheidungshilfe für Mediziner bieten und Informationen bündeln. Sie können klinisch tätigen Personen des Gesundheitswesens individualisierte Standards zur Diagnosestellung, Therapieentscheidungen und Sozialberatung wie auch die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse für den spezifischen Fall zur Verfügung stellen. CDSS verwenden dabei Formen der Informationstechnologie und künstlichen Intelligenz zur fallbezogenen, kontextangepassten Aufarbeitung klinischer Daten, von Leitlinien sowie evidenz- und expertenbasierten Wissens. CDSS können mit anderen Tools verknüpft werden wie z. B. der automatisierten Nachbearbeitung von Rohdaten verschiedenster Zusatzdiagnostiken (zur Übersicht siehe [25, 30]; vgl. auch **Abb. 1**).

Die Notwendigkeit solcher Systeme ergibt sich aus dem rasanten Wissenszuwachs über einzelne Erkrankungen, des-

sen Erfassung und klinische Einordnung für Nichtexperten eine zunehmende Herausforderung darstellen kann. Die hierdurch zunehmende Entwicklung eines ärztlichen Expertenwesens führt dazu, dass Patienten häufig nicht mehr als Gesamtindividuum behandelt werden und die Gefahr besteht, dass Information zwischen den behandelnden Ärzten verloren gehen. Darüber hinaus braucht die Ausbildung von Experten viel Zeit und es wäre wünschenswert, das Wissen auch Anfängern und Nichtexperten frühzeitig zur Verfügung zu stellen. Insbesondere bei chronischen Erkrankungen basieren zudem Leitlinien auf Erkenntnissen mit zum Teil nur geringer Evidenz, sodass diese meist nur die ersten Behandlungsschritte abdecken. In der Betreuung von Patienten wäre daher oftmals frühzeitig Expertenwissen gefragt, welches häufig jedoch nur verzögert übermittelt wird. Entwicklungen, wie z. B. die langen Wartezeiten bis zur ersten prächirurgischen Evaluation [6] bei Patienten mit pharmakoresistenter Epilepsie oder die vermutlich relevante Zahl an falsch-positiv diagnostizierten Patienten [45], könnte somit entgegengewirkt werden.

In den letzten 10 bis 20 Jahren findet sich eine steigende Anzahl an Veröffentlichungen zur Entwicklung von CDSS für verschiedenste Erkrankungen. Die entwickelten Systeme beschränken sich in der einfachen Form auf die systematische Erfassung klinischer Informationen und reichen bis zu Systemen zur ausgedehnten, fallbezogenen Hilfestellung bei Dia-

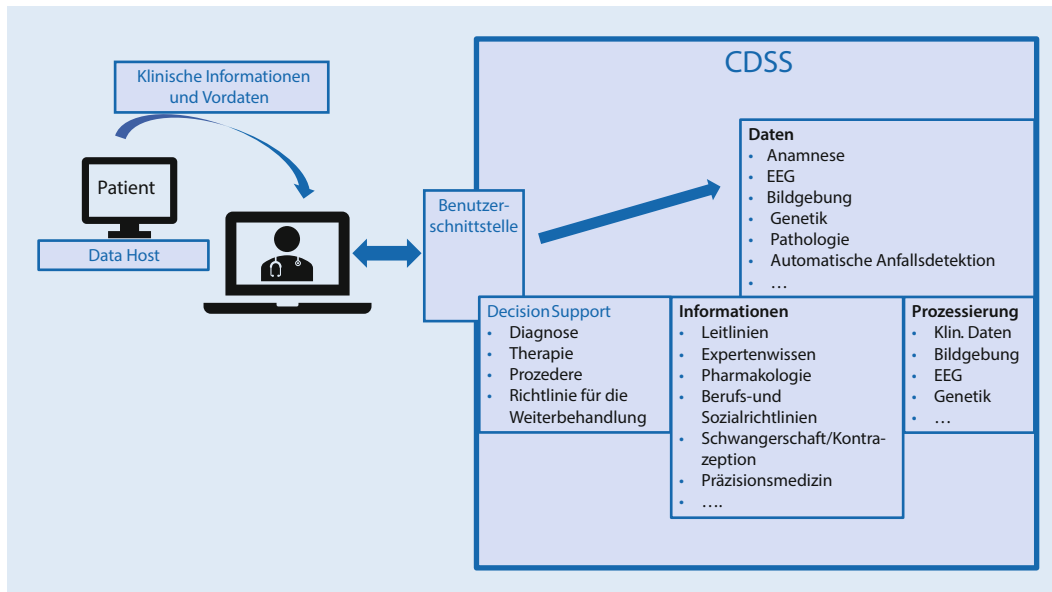


Abb. 1 ◀ Darstellung der Einzelbereiche eines Clinical-decision-support-Systems (CDSS) am Beispiel der Epilepsie. EEG Elektroenzephalographie

gnose, medikamentösen (Indikation, Interaktion, Monitoring, Beendigung) sowie prozeduralen Therapieentscheidungen, Erkrankungsedukation und Sozialberatung. Eine Übersicht findet sich bei [30].

Ob ein solches System breite Anwendung findet, wird durch die Nutzbarkeit und Bedienfreundlichkeit im Alltag („usability“: z. B. selbsterklärend/übersichtlich/schnell) sowie die Akzeptanz der Nutzer für technische Hilfestellung bestimmt. Kritikpunkte umfassen zum einen die Sorge, dass Experten ihre Expertenrolle genommen wird, zum anderen Bedenken hinsichtlich Fehlentscheidungen, Autonomieverlust sowie Abhängigkeit von Technik und ihren möglichen Fehlfunktionen.

Alltagstauglichkeit und klinischer Nutzen

In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass CDSS alltagstauglich sein können, Therapiemonitoring verbessert wird, medikamentöse Nebenwirkungen vermieden werden können und edukativer Mehrerfolg für den Benutzer besteht ([30, 38] sowie eigene, nicht veröffentlichte Daten). Der Mehrwert des Systems hängt aber auch von den Grundkenntnissen der Benutzer ab, d. h. Experten mit entsprechendem Vorwissen werden weniger von dem System profitieren als Allgemeinmediziner. Dementsprechend

neigen Experten dazu, die Empfehlungen als aufdrängend zu empfinden und ihnen nicht zu folgen [25].

Gerade Personen mit Epilepsie profitieren aufgrund des chronischen Verlaufs von einer engmaschigen Dokumentation und leitliniengerechtem Handeln [28]. Aufgrund der Komplexität der Erkrankung und der psychosozialen Folgen erfordert häufig die Diagnosestellung bereits Spezialwissen [34]. Die Leitlinien umfassen aufgrund der mangelnden Studienlage mit hohem Evidenzcharakter maximal die Medikation/die Prozedur der 1. und 2. Wahl [15, 38]. Hinzu kommen bspw. die Empfehlungen zur genetischen Diagnostik, Beratung und Präzisionsmedizin [41, 44], Beachtung von Richtlinien zur Schwangerschaft und Kontrazeption [40], epilepsiechirurgische Optionen sowie die Beratung hinsichtlich der beruflichen Tätigkeit [13], Fahrtauglichkeit und weitere soziale Aspekte.

» Ein CDSS sollte eine Benutzeroberfläche für Behandelnde und Patienten bieten

Die Studienlage für epilepsiespezifische CDSS ist bisher übersichtlich [29, 32]. Diese Systeme sind zudem nicht allumfassend, sondern beschränken sich z. B.

nur auf Diagnosestellung oder Therapiefindung für bestimmte Indikationen. Wünschenswert wäre für die Epileptologie ein CDSS, das eine Benutzeroberfläche sowohl für die Behandelnden als auch Patienten bietet (▣ Abb. 1). Die Patienten könnten so vor der ärztlichen Vorstellung anamnestische Informationen eingeben. Datenschutzrechtlich wäre in Analogie zur elektronischen Gesundheitskarte anzustreben, dass die Daten prinzipiell den Patienten gehören und diese den Behandelnden durch ausdrückliche Zustimmung Zugriffsrechte gewähren können [11]. Letztere können nachfolgend weitere Daten eingeben wie z. B. den Anfallsbeginn, Anfallstypen etc. Diese Informationen würden mit Ergebnissen von Zusatzuntersuchungen wie Befunden aus der Elektroenzephalographie (EEG) und kraniellen Magnetresonanztomographie (cMRT) verknüpft, aber auch mit genetischen oder neuropathologischen Befunden. Diese Daten können auch mit automatisierten Nachbearbeitungsprogrammen verknüpft werden, z. B. für cMRT-Daten [10]. Auf der Basis von künstlicher Intelligenz, vorgegebenen Leitlinien und Expertenwissen wird daraus eine Diagnose gestellt, weitere Diagnostiken empfohlen und eine Therapieempfehlung vorgeschlagen. Ärzte bleiben dabei die letzte entscheidende Instanz darüber, welchen Empfehlungen in Absprache mit dem Patienten gefolgt wird.

Hier steht eine Anzeige.



Decision-support-Systeme, Assistenzsysteme und Telemedizin in der Epileptologie

Zusammenfassung

Hintergrund. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über Epilepsien und deren klinische Implikationen nehmen rasant zu. Für Nichtexperten stellt sich die zunehmende Herausforderung, den Überblick hierüber zu bewahren. Hier setzen Clinical-decision-support-Systeme (CDSS) an, indem sie standard- und expertengetriggertes Wissen zur Diagnostik und Therapie individualisiert und automatisiert liefern. Zudem sind Medizin-Apps und telemedizinische Verfahren zur Diagnostik und Therapie sowie Assistenzsysteme zur Anfallsdetektion bei Epilepsien verfügbar.

Ziel der Arbeit. Es soll ein Überblick über die aktuellen Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten verfügbarer

tele-epileptologischer Methoden gegeben werden.

Material und Methoden. Auf der Basis persönlicher Kenntnis und eines Literaturreviews werden epilepsiespezifische CDSS, Medizin-Apps, Assistenzsysteme sowie telemedizinische Anwendungen charakterisiert und deren klinische Einsatzmöglichkeiten dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion. Personen mit Epilepsie könnten aufgrund des chronischen Verlaufs und der Komplexität der Erkrankung und ihrer Folgen von CDSS profitieren. Es erscheint wünschenswert, dass epilepsiespezifische CDSS sowohl für die Behandelnden als auch für Patienten nutzbar werden. Apps für Menschen mit Epilepsie dienen derzeit meist der Verlaufsdocumentation von

Anfallsfrequenz, Medikamentencompliance und Nebenwirkungen. Gegenwärtige Anfallsdetektionssysteme erkennen vor allem generalisiert tonisch-klonische Anfälle (GTKA). Ein klinischer Nutzen ist noch nicht hinreichend belegt, erscheint aber wahrscheinlich, insbesondere da GTKA mit dem Risiko eines plötzlichen Todes von Epilepsiepatienten assoziiert sind und Interventionen als wirksam gelten.

Schlüsselwörter

Klinischer Nutzen · Klinische Entscheidungsfindung · Leitlinienwissen · Gesundheits-Apps · Anfallsdetektion

Decision support systems, assistance systems and telemedicine in epileptology

Abstract

Background. Scientific knowledge about epilepsies and their clinical ramifications is rapidly expanding. This becomes an even greater challenge for non-specialists to process. Clinical decision support systems (CDSS) can play an important role as an expert-driven diagnostic and therapeutic tool which gives automated and individualized advice. In addition, medical apps and telemedical procedures for diagnostics and treatment and assistance systems for seizure detection in epilepsy patients have become available.

Objective. This article provides an overview on current tele-epileptological developments and the available telemedical applications.

Material and methods. Based on personal experience and a review of the literature, current epilepsy-specific CDSS, medical apps and assistance systems as well as telemedical applications are characterized and the clinical fields of application are presented.

Results and conclusion. Due to the chronic course and the complexity of the epilepsies and their sequelae, persons with epilepsy could profit from CDSS. Epilepsy-specific CDSS should be usable by medical professionals and patients themselves. Currently, medical apps for people with epilepsy are mostly used to document the clinical course, seizure frequency, medication compliance and

side effects. Available seizure detection systems mainly detect generalized tonic-clonic seizures (GTCS). A clinical benefit of such devices is not yet sufficiently confirmed but appears to be likely, because these seizures are specifically associated with sudden unexpected death in epilepsy patients (SUDEP) and interventions are considered to be effective.

Keywords

Clinical benefits · Clinical decision making · Guideline knowledge · Health apps · Seizure detection

Langfristig können sich allerdings die prinzipiell sehr hilfreichen CDSS nur dann in unserem Alltag etablieren, wenn die Arbeitsweise der Programme entmystifiziert wird, diese somit als Medizinprodukt sicher entwickelt werden und Vertrauen für deren Routineeinsatz generiert wird. Eine Legitimierung dieser Systeme und breite Anwendung funktioniert nur, wenn einheitliche CDSS von unserem Gesundheitswesen akzeptiert und umgesetzt werden. CDSS können breit implementiert für die Patienten und ärztlichen Anwender einen erheblichen Nutzen bieten.

Apps und Assistenzsysteme für Menschen mit Epilepsie

App-Typen und deren Regulation

Unter einer „App“ – kurz für Applikation – versteht man üblicherweise eine Software, die auf mobilen Geräten eingesetzt wird [46]. Im Bereich gesundheitsbezogener Applikationen finden sich einerseits wenig regulierte Gesundheits-Apps („health apps“), die sich mit dem Ziel der Förderung von Wohlbefinden und allgemeiner Leistungsfähigkeit an die breite Bevölkerung richten [36].

Zum anderen existieren Medizin-Apps („medical apps“), die bei bestimmten Krankheiten eingesetzt werden können (Tab. 1). Insofern diese Medizin-Apps unter anderem auch diagnostische, überwachende oder therapeutische Funktionen beinhalten, fallen sie unter das Medizinproduktegesetz (MPG; [9, 46]). Seit Dezember 2019 sind als Medizinprodukte eingestufte und vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) als „Digitale Gesundheitsanwendungen“ (DiGa) eingestufte Medizin-Apps unter bestimmten Voraussetzungen erstattungsfähig. Vor

Tab. 1 Apps und Devices für Personen mit Epilepsie (beispielhaft). (Mod. nach [46])

Name	Version	Sprachen	Entwickler	Separate Hardware notwendig	Anfallstagebuch	Medikamentenerinnerung	Anfallsdetektion	In klinischer Studie geprüft	Angebene Sensitivität/Spezifität für BTCS	Klassifikation als Medizinprodukt	Weitergabe von Daten an Dritte ^a
Alert/Mate App for Embrace	iOS: 2.2.3, Android: 2.1.1 (Mate App)	Deutsch	Kommerziell (Empatica S.r.l.)	Ja (Sensor-Armband)	Ja	Ja	Ja	Ja (VEME-kontrolliert; [21])	Sensitivität 100% (n = 40 von 40), FAR 0,43/Tag	Ja, Klasse IIa	Nein
Epi-Care mobile	Keine Angabe	Deutsch	Kommerziell (Danish Care Technology)	Ja (Sensor-Armband)	Nein	Nein	Ja	Ja (Feldstudie; [27])	Sensitivität MW 85% (0–100%), FAR MW 1,4/Tag	Ja, Klasse I	Nein
NightWatch	Keine eigene App	Englisch	Kommerziell (LivAssured B.V.)	Ja (Sensor-Armband)	Nein	Nein	Ja, Information einer lokalen Basisstation oder Rufsystem	Ja (Feldstudie; [4])	Sensitivität Median 86% (95%-KI 77–93%); FAR MW 0,03/Nacht (95%-KI 0,01–0,05)	Ja	Nein
SeizAlarm	iOS: 4.5	Englisch	Kommerziell (SeizAlarm LLC)	Optional: Apple Watch	Ja (aufgezeichnete Episoden)	Nein	Ja	Nein	Keine Angabe	Nein	Ja (anonymisierte Daten)
Seizario	Android: 3.4.2	Englisch	Kommerziell (Health Appy Tech)	Nein	Ja (aufgezeichnete Episoden)	Ja	Ja	Nein	Keine Angabe	Nein	Nein
SPEAC System	Keine begleitende App	Englisch, Deutsch	Kommerziell (Brain Sentinel, Inc)	Ja (aufklebbare EMG-Box)	Ja (aufgezeichnete Episoden)	Nein	Ja, Information einer lokalen Basisstation oder Rufsystem/SMS	Ja (VEME-kontrolliert; [19])	Sensitivität 76% (95%-KI 0,61–0,87), FAR 2,52/Tag	Nein	Nein
Seizure Sync Epilepsy Log	Android: 6.6.0, iOS: 8.0.0	Englisch	Kommerziell (Neutun Labs)	Ja (nur für Anfallsdetektion: Pebble Armband)	Ja	Ja	Ja	Nein	Keine Angabe	Nein	Ja (anonymisierte Daten)
Smart Monitor Inspyre	Android: 3.3.1	Englisch	Kommerziell (Smart Monitor)	Ja (Smartwatch, Samsung oder Apple)	Ja (aufgezeichnete Episoden)	Ja	Ja	Ja (VEME-kontrolliert; [26])	Sensitivität 90% (n = 7 von 8 BTCS), FAR nicht angegeben	Nein	Ja (anonymisierte Daten)

Tab. 1 (Fortsetzung)

Name	Version	Sprachen	Entwickler	Separate Hardware notwendig	Anfallstagebuch	Medikamentenerinnerung	Anfallsdetektion	In klinischer Studie geprüft	Angegebene Sensitivität/Spezifität für BTCS	Klassifikation als Medizinprodukt	Weitergabe von Daten an Dritte ^a
Helpilepsy	iOS: 1.7.1, Android: 1.7.1	Deutsch, Englisch, Spanisch, Französisch, Niederländisch, Dänisch, Ungarisch, Italienisch	Kommerziell (Epione BVBA)	Ja, optional (Nightwatch, s. oben)	Ja	Ja	Ja (nur in Verbindung mit NightWatch)	Siehe NightWatch	Siehe NightWatch	Nein	Ja (anonymisiert, kann nach EU-DSGVO widerrufen werden: privacy@helpilepsy.com.)
Epi-Manager	iOS: 2.2.1	Deutsch	Kommerziell (APPSfactory, UCB Pharma SA)	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	-	Nein	Ja (anonymisierte Nutzungsdaten der App)
EPI-Vista	n.z.	Deutsch	Non-profit-Organisation (DRK Schleswig-Holstein), finanzielle Unterstützung durch Firma Desitin Arzneimittel	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	-	Nein	Nein
My Seizure Diary	Android: 4.0, iOS: 4.0	Englisch	Non-profit-Organisation (Epilepsy Foundation of America)	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	-	Nein	Nein
EpiDiary	Android: 5.37, iOS: 4.92	Englisch	Kommerziell (Irody Inc.)	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	-	Nein	Ja (anonymisierte Daten)
SeizureTracker Seizure Log	Android: 1.2, iOS: 2.4	Englisch	Kommerziell (Seizure Tracker LLC)	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein (mehrere auf SeizureTracker basierende Studien [17, 20])	-	Nein	Ja (anonymisierte Daten)
Epilepsy Ireland Epilepsy Manager	Android: 4.16, iOS: 1.0.1	Englisch	Non-profit-Organisation (Epilepsy Ireland)	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	-	Nein	Nein
EpApp	Android: 1.0.1, iOS: 1.1.0	Englisch	Non-profit-Organisation (Sydney Children's Hospitals Network)	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja („case study“) [24]	-	Nein	Keine Angabe (keine Datenschutzerklärung abrufbar)

^a BTCS bilateral tonisch-klonischer Anfall, EMG Elektromyogramm, FAR Falschalartrate, MW Mittelwert, VEME Videoelektroenzephalographie monitoring, 95 %-KI 95 %-Konfidenzintervall
^aLaut Herstellerangabe

Hier steht eine Anzeige.



Erteilung der Erstattungsfähigkeit prüfen das BfARM und das Paul-Ehrlich-Institut Versorgungseffekte, Qualität und Datenschutz der potenziellen DiGa; im Mai 2020 reichten die ersten Firmen entsprechende Anträge ein.

Gesundheits-Apps für Menschen mit Epilepsie

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Apps für Menschen mit Epilepsie lassen sich zwei Gruppen zuordnen [46]. Die Mehrzahl der Apps sind hier den wenig regulierten Gesundheits-Apps zuzurechnen, insofern ihre Anwendung weder unmittelbare diagnostische noch therapeutische Konsequenzen haben muss. Dieser App-Typ soll vor allem die persönliche Bewältigung der Epilepsie unterstützen und bietet zu diesem Zweck Medikamentenerinnerungsalarne, Anfallskalender und teils die Möglichkeit, Anfallsvideos aufzunehmen. Als Beispiele solcher Apps seien „SeizureTracker“ (www.seizuretracker.com) und „Helpilepsy“ (www.helpilepsy.com) genannt. Viele dieser Gesundheits-Apps gleichen sich in ihrer Funktionalität. Leider fehlen Apps, die häufige neuropsychologische Probleme von Menschen mit Epilepsie angehen. Ebenso wird das Thema individueller Krankheitsverarbeitung oft ausgeklammert [16, 46].

» Datenschutzbestimmungen und App-Einstellungen sollten genau geprüft werden

Es sollte zudem das Finanzierungsmodell der jeweiligen App beachtet werden: Hinter den meisten Gesundheits-Apps zum Thema Epilepsie stehen kommerzielle Anbieter oder pharmazeutische Unternehmen. Wer solche Apps empfiehlt oder anwendet sollte deshalb die Datenschutzbestimmung und App-Einstellungen genau prüfen, um z. B. die Weitergabe sensibler persönlicher Informationen zu vermeiden. Auf der anderen Seite kann das Preisgeben medizinischer Informationen in Gesundheits-Apps zu neuen Erkenntnissen über den natürlichen Verlauf der Epilepsien führen [5, 20]. Gütesiegel für Apps sind gegenwärtig wenig etabliert

und in ihre Zuverlässigkeit ist oft intransparent [35], als Orientierung kann z. B. die industrieunabhängig entwickelte Bewertungsskala für medical apps „mobile app rating scale“ (MARS; [39]) eingesetzt werden.

Apps zur Anfallsdetektion?

In der zweiten Gruppe der eigentlichen „health apps“ findet sich eine weit geringere Zahl an Apps. Diese sind Medizinprodukte (als solche mit CE-Kennzeichen) und versprechen meist eine Detektion von Bewegungsmustern oder Muskelkontraktionen, wie sie bei bestimmten epileptischen Anfällen auftreten; insofern können diese Apps derzeit nahezu ausschließlich Korrelate bilateral (generalisiert) tonisch-klonischer Anfälle erkennen. Folgerichtig sind diese Apps nicht als reine mobile Software funktionsfähig, sondern auf separate (meist externe) Sensoren angewiesen.

» Jeder Anfallsdetektor ist immer nur eine Ergänzung zur direkten Überwachung

Zwei solche Systeme sind in Deutschland als Medizinprodukt zugelassen (Embrace; Empatica Inc., Cambridge, MA, USA [www.empatica.com] und Epi-Care mobile; Danish Care Technology ApS, Soro, Dänemark [www.danishcaretechnology.de/epicare-mobile]). Beide benutzen externe Sensoren für Bewegungen in Form von Armbändern, um bilateral tonisch-klonische Anfälle zu detektieren [27]. Ein weiteres System (EpiHunter; epihunter, Hasselt, Belgien [www.epihunter.com]) verspricht die Detektion typischer dialeptischer Anfälle bei genetisch generalisierten Epilepsien mittels eines als Kopfband getragenen EEGs mit limitierter Elektrodenanzahl (ausschließlich Montage Fp1-F7 nach 10-20-System). Die Sensitivität dieser Systeme ist nicht absolut, worauf Patienten und Angehörige hinzuweisen sind. Zudem besteht eine gewisse Falschalarmrate. Nichtmotorische Anfälle werden von Nicht-EEG-Systemen wie Embrace und Epi-Care

mobile grundsätzlich nicht erkannt. Von nicht in klinischen Studien geprüften Anfallsdetektoren, die teils nur die Bewegungssensoren des Smartphones oder die einer Smartwatch nutzen, ist grundsätzlich abzuraten, da die Sicherheit, Sensitivität und Spezifität dieser Apps nicht geprüft wurde. Aber auch bei den nach MPG zugelassenen Systemen sind Patient und Angehörige darauf hinzuweisen, dass jeglicher Anfallsdetektor immer nur eine Ergänzung zur direkten Überwachung sein kann. In Einzelfällen kann solch ein System jedoch eine gewisse psychologische Absicherung bieten, wenn es mit der richtigen Zielsetzung und unter Kenntnis der medizinischen Limitationen eingesetzt wird.

Eine Übersicht aktueller Apps findet sich bei Zöllner und Strzelczyk [46], eine Liste von Systemen zur Anfallserkennung – teils in Entwicklung – findet sich unter <https://www.epilepsy.com/devicepedia-listing-page>. Zu beachten ist, dass die Darstellung notwendigerweise unvollständig ist. Insbesondere bei kommerziellen Anbietern unterliegt die Entwicklung von Apps und Devices einer enormen Dynamik, dabei kann die Entwicklung jederzeit eingestellt werden; auch können sich der Name oder das Finanzierungs-konzept jederzeit ändern.

Telemedizinische Ansätze in der Epileptologie

Definition Telemedizin und rezente Entwicklungen

Telemedizin bedeutet die Erbringung einer medizinischen Leistung unter Zuhilfenahme digitaler Informations- und Kommunikationstechnologien, bei der sich die Beteiligten nicht am gleichen Ort befinden [3]. Telemedizin im Sinne der Definition der Bundesärztekammer [3] umfasst Kontakte zwischen Patient und Behandler, kann jedoch auch den Kontakt zwischen verschiedenen professionellen Behandlern (Ärzten, Pflegenden) bezeichnen [33]. Datenschutzrechtliche Aspekte der Telemedizin werden in Deutschland unter anderem sowohl in der EU-Datenschutzgrundverordnung als auch im E-Health-Gesetz sowie der

Tab. 2 Aktuell in Deutschland durchgeführte epileptologische Telemedizinprojekte

Name	Leitende Einrichtung	Modalität	Kooperationspartner	Kontakt
EpilepsieNetz Hessen	Epilepsiezentrum Frankfurt Rhein-Main, Klinikum der Goethe Universität Frankfurt, Epilepsiezentrum Hessen, Philipps-Universität Marburg	Interprofessionell	Niedergelassene Neurologen und Neuropädiater, Kliniken mit neurologischer Fachabteilung	https://portal.epilepsienetz-hessen.de www.kgu.de/einrichtungen/kliniken/zentrum-der-neurologie-und-neurochirurgie/epilepsiezentrum-frankfurt-rhein-main/
Tele-Epileptologie Ruhr	Epilepsiezentrum Universitätsklinikum Bochum	Interprofessionell	Kliniken im Verbund der Knappschaftskrankenhäuser	https://idp.ruhr-epileptologie.de www.ruhr-epileptologie.de/tele-epileptologie/
Telemedizinisches Netzwerk für Epilepsie in Bayern (TelEp)	Epilepsiezentrum Universitätsklinikum Erlangen	Interprofessionell	Krankenhäuser und neurologische Praxen mit einer häufigen Zuweisung von Epilepsiepatienten	www.telep.org/
Akutneurologische Versorgung in Nordostdeutschland mit telemedizinischer Unterstützung (ANNOTeM)	ANNOTeM-Konsortium	Interprofessionell	Kliniken mit und ohne neurologische Fachabteilungen im ANNOTeM-Verbund	www.annotem.de

Musterberufsordnung abgebildet (für eine Übersicht siehe [14]).

Die Entwicklungen im Bereich der Telemedizin unterliegen einem dynamischen Wandel. Mit der Lockerung des Fernbehandlungsverbotes durch den Deutschen Ärztetag im Jahr 2018 wurde die Entwicklung der Telemedizin deutlich erleichtert und mit der Verabschiedung des Digitale-Versorgung-Gesetzes (DVG) im November 2019 hat der Gesetzgeber die Rahmenbedingungen für die telemedizinische Behandlung von Patienten deutlich vereinfacht.

So ist durch das DVG auch eine initiale telemedizinische Kontaktaufnahme möglich geworden; auch die Abrechnung telemedizinisch erbrachter Arztleistungen ist infolge des E-Health-Gesetzes von 2015 nun einfacher möglich [2]. Infolgedessen hat eine Vielzahl kommerzieller Anbieter Lösungen entworfen, meist im Bereich der sog. „Videosprechstunden“. Teils bieten diese Lösungen auch die Möglichkeit der Übermittlung schriftlicher Befunde. Durch die Kontaktbeschränkungen im Rahmen der SARS-CoV-2-Epidemie seit Anfang des Jahres 2020 hat sich die Dynamik, mit der neue telemedizinische Anwendungen auf den Markt kommen, noch einmal deutlich beschleunigt. Ein Einblick in die Nutzung von Telemedizin kann somit notwendigerweise nur ein „Schnappschuss“ sein.

Tele-Epileptologie in Deutschland

Die Anzahl an Projekten in Deutschland, die sich mit telemedizinischen Angeboten ausdrücklich für Menschen mit Epilepsie befassen, ist derzeit noch limitiert und beschränkt sich auf die interprofessionelle Kontaktebene (► Tab. 2). Inwieweit die direkte Versorgung von Menschen mit Epilepsie über nicht spezifisch epileptologische Telemedizinanwendungen (z. B. als Teil hausärztlicher Videosprechstunden) erfolgen kann, ist noch nicht erforscht. Die Deutsche Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie und funktionelle Bildgebung (DGKN) hat im Jahr 2019 Empfehlungen für telemedizinische EEG-Untersuchungen herausgegeben [12], die Qualitätsanforderungen hinsichtlich technischer und medizinischer Aspekte von Tele-EEG-Übertragungen formulieren.

EpilepsieNetz Hessen

Seit dem Jahr 2018 besteht das von den Hessischen Ministerien für Soziales und Integration und für Wissenschaft und Kunst geförderte Telemedizinprojekt „EpilepsieNetz Hessen“ (<https://portal.epilepsienetz-hessen.de>), das niedergelassenen Neurologen und neurologischen Kliniken konsiliarische Unterstützung bei epileptologischen

Fragestellungen anbietet. Innerhalb des EpilepsieNetz Hessen können EEGs und jegliche Bildgebungsmodalität (MRT, Computertomographie [CT], Positronenemissionstomographie [PET]) im Originalformat überspielt werden und dann durch das Epilepsiezentrum Frankfurt Rhein-Main oder das Epilepsiezentrum Hessen in Marburg begutachtet werden, welche das EpilepsieNetz Hessen (ENH) gemeinsam organisieren. Die Übermittlung schriftlicher Befunde und der abschließenden Konsilmeinnung erfolgt ebenfalls vollständig digital im Rahmen des Netzwerkes.

» Das EpilepsieNetz Hessen beurteilt explizit pädiatrische Epilepsiepatienten

Eine Besonderheit des EpilepsieNetz Hessen ist, dass darin explizit auch die Beurteilung pädiatrischer Epilepsiepatienten integriert ist. In Zusammenarbeit mit der neuropädiatrischen Abteilung der Universitätskinderklinik in Frankfurt erfolgt ein Austausch mit anderen neuropädiatrischen und sozialpädiatrischen Zentren. In dem im Aufbau befindlichen System befinden sich bisher insgesamt sechs Kliniken und neurologische Praxen, der Anschluss weiterer acht Kliniken und Praxen erfolgt derzeit.

Tele-Epileptologie Ruhr

Im Rahmen der „Tele-Epileptologie Ruhr“ (<https://idp.ruhr-epileptologie.de>) implementierte das Epilepsiezentrum des Ruhr-Klinikums Bochum die Möglichkeit zum interprofessionellen Austausch von Daten innerhalb mehrerer Kliniken des Verbundes der Knappschaftskrankenhäuser in Nordrhein-Westfalen. Die Tele-Epileptologie Ruhr erlaubt das Übermitteln von EEG-Daten und jeglicher Bildgebungsmodalität zum Zwecke der konsiliarischen Befundung. Gleichzeitig ist der Austausch über therapie- und diagnoserelevante Fakten per Onlinepatientenakte und integriertem Chatprogramm möglich.

TelEp Erlangen

Ein weiteres Pilotprojekt des Epilepsiezentrums in Erlangen, „TelEp“ (www.tel.ep.org), versorgt bereits seit dem Jahr 2016 nordbayerische Kliniken mit spezialisierter epileptologischer Expertise im Rahmen von Tele-Konsilen, bei denen auch eine direkte Auswertung beim Konsilsteller lokal abgeleiteter EEGs möglich ist. Die Auswertung von über 100 Patienten erbrachte eine über 98 %ige Zufriedenheit mit der Beratung über das TelEp-System [18, 33].

ANNOteM

Das Konsortium „Akutneurologische Versorgung in Nordostdeutschland mit telemedizinischer Unterstützung“ (ANNOteM) hat zum Ziel, die akutneurologische Versorgung in den beiden Flächenländern Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern durch ein integratives, telemedizinisch unterstütztes Behandlungskonzept zu verbessern [33, 37]. Das Konsortium besteht aus den klinischen Zentren Charité Universitätsmedizin Berlin, Epilepsieklinik Tabor Bernau, Unfallklinik Berlin, Universitätsmedizin Greifswald sowie regionalen Kooperationskliniken und wird unterstützt von Krankenkassen (AOK Nordost, Barmer, TK) sowie einem Telemedizinunternehmen. Durch ANNOteM können Kliniken ohne eigene neurologische Fachabteilung ein

teleneurologisches Konsil anfordern. Teil der teleneurologischen Beratung sind auch Akutkonsile in Fällen akuter unklarer Bewusstseinsstörungen und Epilepsien [33].

» Drahtlos datenübertragende EEG-Systeme können in der Notfalldiagnostik eingesetzt werden

Darüber hinaus wird im Teilprojekt ANNOteM-EPI der Effekt einer telemedizinisch unterstützten Differenzialdiagnose und -therapie epileptischer Anfälle auf Krankheitsverlauf und Lebensqualität untersucht. Die Klinik für Neurologie der Universität Magdeburg entwickelt und testet ein über spezielle Trockenelektroden ableitendes EEG-System, das drahtlos funktioniert und im Rahmen von ANNOteM für die Notfalldiagnostik eingesetzt wird. Außerdem ist es für das ambulante Monitoring neurologischer Risikopatienten außerhalb ärztlicher Praxen oder Kliniken gedacht [33]. Ziel ist es, auch in dünn besiedelten Gegenden vor Ort ein EEG-Monitoring etwa durch Pflegepersonal, Angehörige oder durch die Patienten zu ermöglichen [33].

Fazit für die Praxis

- Gerade Personen mit Epilepsie könnten aufgrund des chronischen Verlaufs und der Komplexität der Erkrankung und ihrer Folgen von Clinical-decision-support-Systemen (CDSS) profitieren.
- Epilepsiespezifische CDSS sollten für Behandelnde und für Patienten nutzbar sein. CDSS werden sich im Alltag durchsetzen, wenn ihre Arbeitsweise entmystifiziert wird und sie als sichere Medizinprodukte entwickelt werden.
- Apps für Menschen mit Epilepsie dienen derzeit meist der Verlaufsdokumentation von Anfallsfrequenz, Medikamentencompliance und Nebenwirkungen.
- Aktuelle Anfallsdetektionssysteme erkennen meist motorische Anfalls-

korrelate. Ihr klinischer Nutzen ist gegenwärtig nicht hinreichend belegt, erscheint aber wahrscheinlich, da generalisierte tonisch-klonische Anfälle mit einem SUDEP („sudden unexpected death in epilepsy“)-Risiko assoziiert sind und Interventionen als wirksam gelten.

- Vor dem Hintergrund des Digitale-Versorgung-Gesetzes und der SARS-CoV-2 („severe acute respiratory syndrome coronavirus 2“)-Pandemie ist zu erwarten, dass die Bedeutung tele-epileptologischer Anwendungen zunehmen wird.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. Felix Rosenow, MHBA
Epilepsiezentrum Frankfurt Rhein-Main, Zentrum der Neurologie und Neurochirurgie, Goethe-Universität Frankfurt Schleusenweg 2–16, 60528 Frankfurt am Main, Deutschland
rosenow@med.uni-frankfurt.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J.P. Zöllner erhielt Honorare für Vorträge von Desitin Arzneimittel und Eisai. S. Wolking erhielt Honorare als Redner oder Berater von den Firmen Eisai und Novartis. Y. Weber erhielt Mittel vom Ministerium für Soziales und Integration Baden-Württemberg für die Entwicklung eines Epilepsie-CDSS sowie Honorare für Vorträge und Konferenzen von Desitin, UCB, Eisai, Nutricia Metabolics und Bial. F. Rosenow erhielt Beratungs- und Referentenhonorare von Arvelle Therapeutics, Desitin Arzneimittel, Eisai, GW Pharmaceuticals, Medtronic, Novartis, UCB Pharma und Unterstützung für Forschungsvorhaben der Europäischen Union, des Landes Hessen im Rahmen des LOEWE-Programmes, des Hessischen Ministeriums für Soziales und Integration und des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst für das EpilepsieNetz Hessen-Evaluation(ENHE)-Projekt, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen des ERA-PerMed-Programmes, des Detlev-Wrobel-Fonds für Epilepsieforschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Hier steht eine Anzeige.



Literatur

1. http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl119s2562.pdf. Zugriffen: 17. Okt. 2020
2. http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl115s2408.pdf. Zugriffen: 17. Okt. 2020
3. https://www.bundesaeztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Telemedizin_Telematik/Telemedizin/Telemedizinische_Methoden_in_der_Patientenversorgung_Begriffliche_Verortung.pdf. Zugriffen: 23. Juli 2020
4. Arends J, Thijs RD, Gutter T et al (2018) Multimodal nocturnal seizure detection in a residential care setting: a long-term prospective trial. *Neurology* 91:e2010–e2019
5. Ayub N, Chiang S, Moss Retal (2020) Natural history of generalized motor seizures: a retrospective analysis. *Seizure* 80:109–112
6. Berg AT (2004) Understanding the delay before epilepsy surgery: who develops intractable focal epilepsy and when? *CNS Spectr* 9:136–144
7. Bien CG, Holtkamp M (2017) "Autoimmune Epilepsy": encephalitis with autoantibodies for epileptologists. *Epilepsy Curr* 17:134–141
8. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/e-health-initiative.html>. Zugriffen: 17. Okt. 2020
9. https://www.bfarm.de/DE/Medizinprodukte/Abgrenzung/MedicalApps/_node.html. Zugriffen: 23. Juli 2020
10. Demerath T, Rubensdorfer L, Schwarzwald R et al (2020) Morphometric MRI analysis: improved detection of focal cortical dysplasia using the MP2RAGE sequence. *AJNR Am J Neuroradiol* 41:1009–1014
11. https://www.bfdi.bund.de/DE/Datenschutz/Themen/Gesundheit_Soziales/Gesundheitskarte/Artikel/eGK_allgemeineInformationen.html. Zugriffen: 17. Okt. 2020
12. https://dgkn.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Richtlinien/EEG/Tele-EEG-DGKN_Richtlinie.pdf. Zugriffen: 18. Aug. 2020
13. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) (2019) DGUV Information 250-001: Berufliche Beurteilung bei Epilepsie und nach erstem epileptischen Anfall. In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) (Hrsg) DGUV Informationen. DGUV, Berlin
14. Eickmeier F (2018) Der rechtliche Rahmen für Datenschutz bei E-Health. In: Bauer C, Eickmeier F, Eckard M (Hrsg) E-Health: Datenschutz und Datensicherheit. Springer Gabler, Wiesbaden, S 45–52
15. Elger CE, Berkenfeld R, Beyenburg S et al (2017) S1-Leitlinie Erster epileptischer Anfall und Epilepsien im Erwachsenenalter. In: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg) Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Thieme, Stuttgart, New York
16. Escoffery C, Mcgee R, Bidwell J et al (2018) A review of mobile apps for epilepsy self-management. *Epilepsy Behav* 81:62–69
17. Goldenholz DM, Rakesh K, Kapur K et al (2018) Different as night and day: Patterns of isolated seizures, clusters, and status epilepticus. *Epilepsia* 59:e73–e77
18. Graf W, Karampatzi F, Scibor M et al (2016) Telemedizinisches Netzwerk für Epilepsie in Bayern (TelEp). DGN-Kongress, Mannheim
19. Halford JJ, Sperling MR, Nair DR et al (2017) Detection of generalized tonic-clonic seizures using surface electromyographic monitoring. *Epilepsia* 58:1861–1869
20. Karoly PJ, Goldenholz DM, Freestone DR et al (2018) Circadian and circaseptan rhythms in human epilepsy: a retrospective cohort study. *Lancet Neurol* 17:977–985
21. Lai M, Regalia G, Carboni C et al (2018) Performance assessment of Embrace, the first FDA approved smartwatch for convulsive seizure detection. Partners Against Mortality in Epilepsy (PAME), Alexandria
22. Lamberink HJ, Otte WM, Blumcke I et al (2020) Seizure outcome and use of antiepileptic drugs after epilepsy surgery according to histopathological diagnosis: a retrospective multicentre cohort study. *Lancet Neurol* 19:748–757
23. Lamberink HJ, Otte WM, Geerts AT et al (2017) Individualised prediction model of seizure recurrence and long-term outcomes after withdrawal of antiepileptic drugs in seizure-free patients: a systematic review and individual participant data meta-analysis. *Lancet Neurol* 16:523–531
24. Le Marne FA, Butler S, Beavis E et al (2018) EpApp: Development and evaluation of a smartphone/tablet app for adolescents with epilepsy. *J Clin Neurosci* 50:214–220
25. Liberati EG, Ruggiero F, Galuppo L et al (2017) What hinders the uptake of computerized decision support systems in hospitals? A qualitative study and framework for implementation. *Implement Sci* 12:113
26. Lockman J, Fisher RS, Olson DM (2011) Detection of seizure-like movements using a wrist accelerometer. *Epilepsy Behav* 20:638–641
27. Meritam P, Ryvlin P, Beniczky S (2018) User-based evaluation of applicability and usability of a wearable accelerometer device for detecting bilateral tonic-clonic seizures: a field study. *Epilepsia* 59(Suppl 1):48–52
28. Moura LM, Mendez DY, Jesus JD et al (2015) Association of adherence to epilepsy quality standards with seizure control. *Epilepsy Res* 117:35–41
29. Okazaki EM, Yao R, Sirven JI et al (2018) Usage of EpiFinder clinical decision support in the assessment of epilepsy. *Epilepsy Behav* 82:140–143
30. Pearson SA, Moxey A, Robertson J et al (2009) Do computerised clinical decision support systems for prescribing change practice? A systematic review of the literature (1990–2007). *BMC Health Serv Res* 9:154
31. Rho JM, White HS (2018) Brief history of anti-seizure drug development. *Epilepsia Open* 3:114–119
32. Rijo R, Silva C, Pereira L et al (2014) Decision support system to diagnosis and classification of epilepsy in children. *J Univers Comput Sci* 20:907–923
33. Rosenow F, Audebert HJ, Hamer HM et al (2018) Tele-EEG: Aktuelle Anwendungen, Hindernisse und technische Lösungen. *Klin Neurophysiol* 49:208–215
34. Scheffer IE, Berkovic S, Capovilla G et al (2017) ILAE classification of the epilepsies: position paper of the ILAE Commission for Classification and Terminology. *Epilepsia* 58:512–521
35. Scherenberg V (2019) Gütesiegel für Gesundheits-Apps: Zwischen Vertrauen und Verunsicherung. *Public Health Forum* 27:225–228
36. Scherenberg V (2015) Qualitätsaspekte von Gesundheits-Apps: Wie lässt sich Qualität erkennen? *Public Health Forum* 23:144–146
37. Sotoodeh A, Weber JE (2019) Tele-EEG: Technik und Anwendung. *Neurophysiol Labor* 41:121–141
38. Standridge S, Faist R, Pestian J et al (2014) The reliability of an epilepsy treatment clinical decision support system. *J Med Syst* 38:119
39. Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ et al (2015) Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR Mhealth Uhealth* 3:e27
40. Tomson T, Battino D, Bromley R et al (2019) Executive summary: management of epilepsy in pregnancy: a report from the international league against epilepsy task force on women and pregnancy. *Epilepsia* 60:2343–2345
41. Weber YG, Biskup S, Helbig KL et al (2017) The role of genetic testing in epilepsy diagnosis and management. *Expert Rev Mol Diagn* 17:739–750
42. Weber YG, Nies AT, Schwab M et al (2014) Genetic biomarkers in epilepsy. *Neurotherapeutics* 11:324–333
43. Willems LM, Balci Y, Noda AH et al (2020) SARS-CoV-2-related rapid reorganization of an epilepsy outpatient clinic from personal appointments to telemedicine services: a German single-center experience. *Seizure* 112:107483. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2020.107483>
44. Wolking S, Schulz H, Nies AT et al (2020) Pharmacoresponse in genetic generalized epilepsy: a genome-wide association study. *Pharmacogenomics* 21:325–335
45. Xu Y, Nguyen D, Mohamed A et al (2016) Frequency of a false positive diagnosis of epilepsy: a systematic review of observational studies. *Seizure* 41:167–174
46. Zöllner JP, Strzelczyk A (2020) Nützliche Apps und Weblinks. In: Schmitt FC, Stefan H, Holtkamp M (Hrsg) Epileptische Anfälle und Epilepsien im Erwachsenenalter. Springer, Berlin