

Aus der Kinderklinik und Kinderpoliklinik im
Dr. von Haunerschen Kinderspital
Klinikum der Universität
Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. sci. nat. Christoph Klein



Pediatric Stroke

Epidemiologie, Versorgung und Awareness

Kumulative Habilitationsschrift
zur Erlangung der Venia Legendi
für das Fach Kinder- und Jugendmedizin
der medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Dr. med. Lucia Gerstl

2020

Inhaltsverzeichnis der kumulativen Habilitationsschrift

1. Einleitende Zusammenfassung	3
1.1. Thematische Einführung	3
1.2. Epidemiologie	5
1.2.1. Ischämischer Schlaganfall	5
1.2.2. Hämorrhagischer Schlaganfall	11
1.3. Versorgung und Awareness	13
1.4. Ausblick	16
1.5. Literaturnachweise der einleitenden Zusammenfassung	18
2. Verzeichnis der wissenschaftlichen Veröffentlichungen	20
2.1. Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor	20
2.2. Originalarbeiten als Co-Autor	22
2.3. Kasuistiken / Case Reports	25
2.4. Übersichtsartikel / Reviews	26
2.5. Buchkapitel / Book Chapters	27
2.6. Sonstige Veröffentlichungen	28
3. Danksagung	33

1. Einleitende Zusammenfassung

Pediatric Stroke – Epidemiologie, Versorgung und Awareness

1.1. Thematische Einführung

Die Versorgung von Kindern und Jugendlichen mit akutem Schlaganfall in Deutschland ist bis dato suboptimal und das, obwohl der „pediatric stroke“ den zeitkritischsten Notfall der „acute brain attack“ darstellt und damit einen der zeitkritischsten Notfälle der Kinder- und Jugendmedizin insgesamt repräsentiert. Fehlende Awareness für den kindlichen Schlaganfall verbunden mit einer komplexen Vielzahl möglicher Differentialdiagnosen (sog. Stroke mimics) führen zu einer relevanten Verzögerung mit häufig unstrukturierter Versorgungskette in der Akutphase. Das Motto „time is brain“ wird für die Kinder verfehlt.

Die in der Erwachsenenneurologie etablierten und im Ablauf standardisierten Therapien wie die Lysetherapie oder mechanischen Thrombektomie bleiben für Kinder zur Zeit im Gesundheitssystem „unvorbereitet“ und damit oft ungenutzt.

Es gilt, sie in der Pädiatrie als begründete „off-label Therapien“ zu etablieren, die zahlenmäßig begrenzten Erfahrungen und Evidenz zu bündeln und ihre Wirksamkeit und ihr Risiko spezifisch für Kinder und Jugendliche zu verstehen, kritisch zu reflektieren und weiter zu entwickeln.

Unter der koordinierten Leitung der Habilitandin arbeitet die Initiative Pediatric Stroke – iPEDs – am KUM seit Jahren intensiv daran, diese eigentlich nicht hinnehmbaren Charakteristika in der Versorgungsrealität von Kindern und Jugendlichen mit Schlaganfall zu ändern:

- mangelnde Awareness
- inakzeptable Versorgungslatenz
- unzureichende Zugangsgerechtigkeit für das einzelne Kind und den Jugendlichen
- nicht-etablierte Translation der Telemedizin in die Kinderneurologie (dabei als Standardelement der Neurologie seit Jahren etabliert)

- fragmentierte Care-Pathways zwischen stationärer, rehabilitativer und ambulanter Versorgung
- fehlende wissenschaftliche Aufarbeitung des kindlichen Schlaganfalls mit systematischer Erfassung der Patientendaten (conditio sine qua non einer koordinierten Behandlung in einem evidenz-basierten Behandlungs-Pfad)

iPEDs führt dabei translational Erfahrung und Kompetenz verschiedener hochspezialisierter Fachdisziplinen aus klinischer Versorgung und Forschung zusammen, wie es nur an einem großen Universitätsklinikum wie dem KUM mit seinem hohen innovativen Anspruch möglich ist; iPEDs hat hierbei über die letzten Jahre in Deutschland eine Führungsrolle übernommen.

Das folgende Habilitationsprojekt stellt zum einen die Epidemiologie des ischämischen und hämorrhagischen Schlaganfalls im Kindesalter auf der Basis der eigenen wissenschaftlichen Arbeiten dar und diskutiert zum anderen zum Teil bereits realisierte Ideen zu innovativen Versorgungsstrukturen. Damit wird, zusammen mit dem von der Habilitandin federführend konzipierten und vorbereiteten Deutschen Kinderschlaganfallregister, die Grundlage für den Dreisatz (1) Awareness (Öffentlichkeit) , (2) Versorgung (akut und chronisch) und (3) Vernetzung (Telemedizin, digitale Medizin) geschaffen, mit dem Ziel, Schritt für Schritt Zugangsgerechtigkeit zu Expertenwissen für alle Kinder und Jugendlichen mit Schlaganfall bereit zu stellen.

1.2. Epidemiologie

1.2.1. Ischämischer Schlaganfall

In einer von der Habilitandin geleiteten bundesweiten, multizentrischen Studie (2015-2017) konnten für Deutschland repräsentative epidemiologische Daten an 164 pädiatrischen Schlaganfallpatienten erhoben werden [11-13].

Der Schlaganfall im Kindes- und Jugendalter zählt mit einer Inzidenz von 1-8/100000 pro Jahr zu den seltenen Erkrankungen [4;16]. Er kann in jeder Altersstufe auftreten mit Peaks bei Säuglingen und Kleinkindern bis zum 2. Lebensjahr und in der Adoleszenz [11-13]. Aufgrund der im klinischen Alltag gelebten Praxis, Jugendliche ab dem 16. Lebensjahr auf Erwachsenen Stroke Units zu behandeln, dürfte der Peak in der Adoleszenz in Wirklichkeit noch deutlich höher ausfallen.

Während bis zur Pubertät das Geschlechterverhältnis weitgehend ausgeglichen ist, erleiden männliche Jugendliche ab dem 12. Lebensjahr signifikant häufiger einen Schlaganfall.

Insbesondere im Jugendalter sind die Leitsymptome eines akuten ischämischen Schlaganfalls vergleichbar mit denen im Erwachsenenalter: die akut auftretende Hemiparese, faziale Parese und Sprachstörung. Diese drei Symptome finden sich auch in dem insbesondere im englischsprachigen Raum bekannte Schlaganfall - „Früherkennungstest“ für Laien und Erstversorger FAST (Face Arm Speech Time), bzw. in der erweiterten, sensitiveren Version beFAST (b= balance, e= eyes). In unserer bundesweiten Studie zeigten 96% der Schulkinder und Jugendlichen mit Schlaganfall Erstsymptome, die im beFAST Test abgebildet sind.

Dennoch weist die klinische Präsentation altersspezifische Besonderheiten auf, die eine differentialdiagnostische Einordnung zu häufigeren Erkrankungen in der Pädiatrie erschweren. Dazu zählen bei Säuglingen und Kleinkindern Krampfanfälle (DD Epilepsie), bei Schulkindern und Jugendlichen unspezifische Symptome wie Übelkeit/Erbrechen und Kopfschmerzen (DD Migräne). Auch ein „stotterndes“, progredientes Auftreten ist als typisch beschrieben.

Um dem pädiatrischen Schlaganfall als „multiple risk“ Erkrankung gerecht zu werden (bei ca. 40% der Kinder sind mindestens 2 der bekannten Risikofaktoren nachweisbar), ist bei jedem Kind eine umfassende ätiologische Abklärung erforderlich, zumal das individuelle Risikoprofil das Rezidivrisiko von 6% bis über 40% bestimmt [5;21]. Trotz umfassender ätiologischer

Abklärung gelingt bei ca. 25% der Schlaganfälle im Kindesalter kein Nachweis eines der bislang bekannten Risikofaktoren (= kryptogener Schlaganfall).

Die Bandbreite der dabei abzuklärenden Risikofaktoren ist herausfordernd. Die beim Erwachsenen für einen Schlaganfall bekannten Hauptrisikofaktoren (u.a. arterielle Hypertonie, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Fettstoffwechselstörung, Vorhofflimmern) spielen im Kindesalter keine relevante Rolle. Hingegen stehen kardiale Risikofaktoren wie angeborene Herzfehler oder Kardiomyopathien, Gerinnungsstörungen und zerebrale Arteriopathien, oft als parainfektios eingeordnete Vaskulopathien, an erster Stelle.

Eine Besonderheit im Kindesalter stellt die sog. transiente fokale Arteriopathie dar. Diese Arteriopathie tritt meist einseitig auf und betrifft v.a. die distale A. carotis interna, proximale A. cerebri media und proximale A. cerebri anterior. Pathophysiologisch (noch) nicht vollständig geklärt geht man am ehesten von einer post-/parainfektiosen, inflammatorischen Veränderung der Gefäßwand aus, die zu einem Verschluss führen kann [8]. Der Verlauf ist selbstlimitierend und zeigt nach 6-12 Monaten keine weitere Progression. Als bekannteste Ursache gilt die Varizelleninfektion, die auch Wochen bis Monate später zu einer TCA mit ischämischem Infarkt führen kann [3].

In den Fokus der Schlaganfallforschung werden zunehmend auch genetische Erkrankungen / Arteriopathien rücken, die im klinischen Setting v.a. dann bedacht werden sollen, wenn beim Patienten oder familiär sowohl ischämische und hämorrhagische Schlaganfälle auftreten [18]. Auch bestimmte pathognomonische Symptomkombinationen können Hinweis auf eine genetische Prädisposition sein (z.B. ADA2-Defizienz, Mutationen in ACTA 2, Col4A1, Col4A2). Das Whole Exome Sequencing – WES bei pädiatrischen Schlaganfallpatienten ist auch Forschungsthema einer Arbeitsgruppe am Dr. von Haunerschen Kinderspital unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. Christoph Klein.

Inwieweit und wann spezifische Risikofaktoren isoliert einen Schlaganfall bedingen können, ist noch nicht geklärt: In dieses Spektrum gehören u.a. auch ein persistierendes Foramen ovale oder auch eine Migräne mit Aura.

Ein Überblick über mögliche Ursachen eines Schlaganfalls im Kindesalter zeigt Tabelle 1 [7;8].

MÖGLICHE URSACHEN UND RISIKOFAKTOREN

Koagulopathien	Protein C Mangel Protein S Mangel Prothrombin Mutation (G20210A) Faktor V Leiden Mutation (G1691A) MTHFR Polymorphismus (C677T) Antithrombin III Mangel Lipoprotein a Erhöhung Faktor VIII Erhöhung Hyperhomocysteinämie Lupus-Antikoagulans und Antiphospholipid-Antikörper
Kardiale Ursachen	Angeborene und erworbene Herzfehler Persistierendes Foramen ovale (PFO) Endokarditis Kardiomyopathie Tachykarde Herzrhythmusstörungen (v.a. paroxysmale supraventrikuläre Tachykardie, Vorhofflimmern) Kardiologischer Eingriff / Herzkatheteruntersuchung mechanische Kreislaufunterstützung (extrakorporale Membranoxygenierung ECMO, Ventricular Assist Device VAD) selten: kardiale Tumore (Vorhofmyxom)
Arteriopathien	Fokale zerebrale Arteriopathie (FCA) Dissektion der extra- und intrakraniellen Hirngefäße Moyamoyasyndrom und-erkrankung Genetische Prädisposition (s.u.) Selten: Primäre ZNS Vaskulitis (medium-large vessel, small vessel vasculitis) Fibromuskuläre Dysplasie Takayasu Arteriitis Systemischer Lupus erythematoses
Infektionen	Varizella zoster virus (post varicella vasculopathy) Borrelia burgdorferi Mycoplasma pneumoniae Enteroviren Parvoviren HSV EBV Meningitis durch Pneumokokken, Mycobacterium tuberculosis Allgemein: Sepsis, Dehydratation

MÖGLICHE URSACHEN UND RISIKOFAKTOREN

Hämato- onkologische Ursachen	Sichelzellkrankheit Selten: Hämolytische Anämie, Hämoglobinopathien Eisenmangelanämie
Genetische Prädisposition	Trisomie 21 Neurofibromatose Typ 1 PHACE Syndrom Alagille Syndrom Mutation: <i>ACTA2</i> , <i>ADA2 (CECR1-Gen)</i> , <i>SMAD3</i> , <i>FOX1</i> , <i>Col4A1</i> , <i>Col4A2</i>
Metabolische Ursachen	Mitochondriopathie CDG Syndrom Homocystinurie/ämie Harnstoffzyklusstörungen
Bindegewebserkrankungen	Ehlers-Danlos Syndrom Marfan Syndrom Osteogenesis imperfecta
Medikamente / Therapien	Kontrazeptiva L-Asparaginase Strahlentherapie
Sonstige	Cerebrovaskuläre Anomalien (Anmerkung: Hauptrisikofaktor für hämorrhagischen Schlaganfall) <ul style="list-style-type: none"> • Aneurysma • Arterio-venöse Malformation (AVM) • Kavernom Hirntumor Z.n. neurochirurgischem Eingriff Trauma / Schädel Hirn Trauma Migräne

Tabelle 1: Mögliche Ursachen und Risikofaktoren [7;8]

Unsere bundesweite Studie fand keine signifikanten Unterschiede im Risikoprofil von Säuglingen und jungen Kleinkindern und Adoleszenten, die den jeweiligen Peak in der Häufigkeitsverteilung erklären könnten [11;13]. Die Hypothese eines häufigeren Auftretens para-/postinfektiöser cerebraler Vaskulopathien bei kleinen Kindern ließ sich in unserer Studie nicht bestätigen. Bis auf ein häufigeres Auftreten maligner Erkrankungen als Stroke Ursache bei männlichen Jugendlichen fanden sich Unterschiede weder im Risikoprofil noch in der Anzahl der nachgewiesenen Risikofaktoren von weiblichen und männlichen Jugendlichen. Mit Hinblick auf das ätiologisch nicht verstandene, erhöhte Schlaganfallrisiko bei männlichen Jugendlichen scheint es sinnvoll, Forschungsaktivitäten zum Schlaganfall im Kindesalter mit denen zum Schlaganfall bei jungen Erwachsenen zu kombinieren und auch den möglichen Impact verschiedener Lifestyle-Faktoren (Konsum von Alkohol, Nikotin, Drogen; Bewegungsmangel, Übergewicht, Risiko-Sportarten, ...) zu untersuchen.

Die hyperakuten Therapieoptionen wie die i.v. Lysetherapie oder mechanische Thrombektomie gehören zum evidenzbasierten Standard in der Behandlung erwachsener Schlaganfallpatienten. Im Kindesalter fehlen auch weiterhin randomisierte Dosisfindungs- und Outcome Studien. Geringe Fallzahlen einerseits und lange Latenz zur Diagnosestellung andererseits machen die Durchführung dieser Studien schwierig bzw. in absehbarer Zeit nicht realisierbar [20]. Der Einsatz dieser beiden Therapieoptionen als off-label Therapien soll spezialisierten Zentren mit der notwendigen Expertise in der Versorgung pädiatrischer Schlaganfallpatienten vorbehalten sein. Im Rahmen der ESPED Studie wurden bei 29 Patienten (=16 %) diese beiden Therapieoptionen ohne relevante Komplikationen durchgeführt (Thrombolyse n=11, mechanische Thrombektomie n=10, Thrombolyse plus mechanische Thrombektomie n=8 [11]. Die steigende Zahl publizierter case reports zeigt ebenfalls, dass die mechanische Thrombektomie auch bei (jungen) Kindern eine machbare und erfolgreiche Therapieoption ist [10;19].

Sind diese hyperakuten Therapien keine Option, so wird in der Regel initial mit einer Antikoagulation mit unfraktioniertem/niedermolekularem Heparin begonnen und, je nach Ätiologie, im Verlauf auf ASS umgestellt.

Nach der Akutphase sind Rehabilitation und eine sorgfältig auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmte Langzeitbetreuung erforderlich, um das bestmögliche Outcome für jedes Kind

zu gewährleisten. Denn nur ca. ein Drittel aller Kinder nach Schlaganfall erholen sich vollständig [11; 22]. Als häufigste neurologische Residualsymptome sind die Hemiparese mit oder ohne Fazialparese und das Auftreten einer symptomatischen Epilepsie zu nennen. Aber gerade auch Kinder und Jugendliche, die aus der Akutklinik mit keinem oder nur einem milden neurologischen Defizit nach Hause entlassen werden können (in unserer Studie > 50%), bedürfen einer langfristigen Anbindung in einem strukturierten Setting, wie es in Deutschland z.B. Kinderneurologien in der Struktur sozialpädiatrischer Zentren mit einem multidisziplinären Team leisten können. Ein besonderes Augenmerk in der Langzeitversorgung ist neben der Motorik auf Kognition, Aufmerksamkeit, Verhalten und psychiatrische Komorbiditäten wie Depressionen zu legen – diese sind für ein gut funktionierendes schulisches, später berufliches und soziales Umfeld mitentscheidend.

1.2.2. Hämorrhagischer Schlaganfall

Der hämorrhagische Schlaganfall im Kindesalter ist selten, macht jedoch ca. 40% aller Schlaganfälle in dieser Altersgruppe aus [15]. Er ist definiert als spontane, nichttraumatische intrakranielle Blutung, die intraparenchymal, ventrikulär oder subarachnoideal liegen kann. Da sich der hämorrhagische Schlaganfall im Kindesalter vom ischämischen Schlaganfall in dieser Altersgruppe in wesentlichen Aspekten unterscheidet, lohnt es, klinische Präsentation, Risikofaktoren und Outcome im Folgenden kurz zu skizzieren (Tabelle 2).

Auch der hämorrhagische Schlaganfall im Kindesalter kann in jeder Altersstufe auftreten. Das Geschlechterverhältnis war in unserer Kohorte (monozentrische Studie über 7 Jahre) weitgehend ausgeglichen (m:f=0.8:1), in der Literatur sind bisweilen Jungen etwas häufiger betroffen [6].

Bei der klinischen Präsentation stehen Kopfschmerzen, Erbrechen und Bewusstseinsstörung im Vordergrund [6;15]. Krampfanfälle, Hirnstammsymptome oder eine akute Hemiparese kommen je nach Lokalisation ebenfalls vor. Insbesondere das Auftreten von Kopfschmerzen stellt einen häufigen Vorstellungsgrund in der pädiatrischen (Notfall) Ambulanz dar und bisweilen kann es schwierig sein zu entscheiden, bei welchem Kind umgehend weitere diagnostische Schritte eingeleitet werden müssen. Grundsätzlich gilt: Kinder, die die Kopfschmerzen als schlimmste jemals erlebte Kopfschmerzen („first and worst“) beschreiben oder in der sorgfältigen neurologischen Untersuchung weitere, ggf. nur subtile, neurologische Defizite zeigen bedürfen immer direkter bildgebender Abklärung. Säuglinge und Kleinkinder präsentieren sich v.a. mit Krampfanfällen und unspezifischen Symptomen.

Als Hauptrisikofaktoren sind vaskuläre Anomalien wie arterio-venöse Malformationen, Kavernome oder Aneurysmen zu nennen. Gerinnungsstörungen, Infektionen oder Tumorerkrankungen sind seltener blutungsverursachend, spielen aber im diagnostischen work-up insbesondere bei Säuglingen und jungen Kleinkindern eine relevante Rolle, da in dieser Altersgruppe vaskuläre Malformationen nur selten zu finden sind. Auch ein Hirntumor kann initial oder im Verlauf mit einem hämorrhagischen Schlaganfall symptomatisch werden (in unserer Kohorte bei 20%). Bei bis zu 25% bleibt die Ursache ungeklärt.

Die Therapieoptionen ergeben sich aus der zugrundeliegenden Ursache (neurochirurgisch, interventionell/neuroradiologisch oder konservativ/abwartend) und bedürfen einer sorgfältigen Abwägung im neurovaskulären Behandlungsteam.

Outcome

Als Prädiktoren für ein ungünstiges Outcome werden ein Blutungsvolumen > 2% des Gesamtblutvolumens und das Auftreten einer Bewusstseinsstörung innerhalb der ersten 6 Stunden genannt [1]. Als funktionelles Defizit steht auch beim hämorrhagischen Schlaganfall die unilaterale/bilaterale Parese im Vordergrund, gefolgt von kognitiver Beeinträchtigung und Verhaltensauffälligkeiten. Erfreulicherweise erholt sich eine relevante Anzahl der betroffenen Kinder nach einem hämorrhagischen Schlaganfall vollständig oder weisen nur ein mildes funktionelles Defizit auf (in der Literatur bis 75%) [22].

	Ischämischer Schlaganfall	Hämorrhagischer Schlaganfall
Leitsymptome	Akute Hemiparese Faziale Parese Sprachstörung	Plötzliche, heftige Kopfschmerzen Erbrechen Bewusstseinsstörung
Hauptrisikofaktoren	Arteriopathien Kardiale Ursachen Gerinnungsstörungen Infektionen	Vaskuläre Malformationen (AVM, Kavernome, Aneurysmen)
Anzahl Risikofaktoren	Multiple risk diseases	Mono risk disease

Tabelle 2: Ischämischer und hämorrhagischer Schlaganfall im Kindesalter – relevante Unterschiede

1.3. Versorgung und Awareness

Unzureichendes Bewusstsein für und geringe Kenntnisse über den kindlichen Schlaganfall in der Öffentlichkeit ebenso wie in der Ärzteschaft führen häufig zu Verzögerungen in der adäquaten klinischen Akutversorgung (Latenz bis zur Diagnosestellung im Mittel 24 Stunden) und damit zu nicht hinnehmbaren Nachteilen für die Patienten. [17].

Die von uns bayernweit durchgeführten Studie zur Awareness des kindlichen Schlaganfalls bei niedergelassenen und in der Klinik tätigen Pädiatern zeigt: Obwohl der pädiatrische Schlaganfall in der täglichen Praxis relevant (als Differentialdiagnose oder in der Akutbehandlung / Nachsorge) und Basiswissen zum pädiatrischen Schlaganfall grundsätzlich vorhanden ist, zeigen sich Wissenslücken z.B. beim etablierten und auch in der Pädiatrie (v.a. ab dem Schulalter, s.o.) einsetzbaren Früherkennungstest FAST: nur 27% der befragten Pädiater kannten die Bedeutung des Akronymes FAST [2].

Awareness steigern und den Schlaganfall bei Kindern frühzeitig, in der Notaufnahme, in die differentialdiagnostischen Überlegungen miteinzubeziehen – mit dieser Intention haben wir auch die MERCS Pocketcard (Munich Early Recognition of Childhood Stroke) entwickelt (Abb. 1). Neben dem Screening Tool beFAST (International etabliertes Tool zur Früherkennung eines Schlaganfalls; Akronym für: balance, eyes, face, arm, speech, time) bietet die Pocketcard auch wichtige anamnestische Informationen sowohl zum ischämischen als auch zum hämorrhagischen Schlaganfall im Kindesalter und führt den Pädiater in der Notaufnahme strukturiert durch die neurologische Untersuchung. Das erste Feedback der MERCS-Kitteltaschenkarte mit ihrer Awareness-Funktion ist ausgesprochen positiv. Zahlreiche von iPEDs organisierte Veranstaltungen wie z.B. der jährlich am KUM stattfindende „Deutsche Pediatric Stroke Tag“ steigern nicht nur weiter die Awareness sondern vermitteln Expertenwissen für alle Berufsgruppen, die Kinder und Jugendliche mit Schlaganfall versorgen – vom Rettungssanitäter (hyperakut) bis zum Rehabilitationsmediziner (chronisch).

be FAST Face
Balance Arm Speech
Eyes Time

	Vorherige Woche gesund
	Krampfanfall
	Kopfschmerzen

Any other medical history?

	Bewusstsein
	Sprache
	Aufforderung verstanden befolgt
	Meningismus
	Mimik faziale Parese
	Koordination
	Sehen Gesichtsfeld Eyes
	Arm Parese
	Reflexe
	Gehen Balance

Any other examination required?

MERCS Munich
Early
Recognition of
Childhood
Stroke

be FAST Face
Balance Arm Speech
Eyes Time

Consider haemorrhagic stroke

	Kopfschmerzen plötzlich heftig
	Erbrechen
	Bewusstsein beeinträchtigt gestört

Time to call

MERCS Munich
Early
Recognition of
Childhood
Stroke

Mit freundlicher Unterstützung von www.cit-sticher-piktogramme.de
© genatl | schneider | heinen

Abb. 1: Pocketcard MERCS – Munich Early Recognition of Childhood Stroke

Das Pediatric Stroke Manual, das die Habilitandin als Editorin 2019 im Kohlhammer Verlag herausgegeben hat, ermöglicht Kinder- und Jugendärzten, Kinderneurologen, Neonatologen, Intensivmedizinern, (Neuro)Radiologen, Psychologen und allen therapeutischen Fachdisziplinen im Klinikalltag Disziplinen-übergreifend eine rasche und präzise Orientierung in diesem komplexen Krankheitsbild und bietet eine konkrete Handlungsbasis [8]. Um die Versorgung flächendeckend zu verbessern, konnte das Pediatric Stroke Manual mittlerweile bayernweit an alle Kinderkliniken und Sozialpädiatrische Zentren verteilt werden.

Leitlinien und standardisierte Protokolle fehlen bislang für dieses komplexe, sich mit breiter Differentialdiagnose präsentierende Akutereignis. Zusammen mit Frau Prof. Dr. Maja Steinlin (Universitätskinderklinik Bern, Schweiz) koordiniert die Habilitandin aktuell die Erstellung einer AWMF S3-Leitlinie AWMF-Register-Nr. 022-029 und ist Delegierte der Gesellschaft für Neuropädiatrie (GNP) für die Erstellung der S2k-Leitlinie „Perinataler Hirninfarkt und Sinusthrombose beim Neugeborenen“ (AWMF-Register-Nr 024-024).

Mit Eröffnung der bundesweit ersten „Pediatric Stroke Unit“ am KUM im Mai 2014 wurde modellhaft begonnen, die Akutversorgung von Kindern und Jugendlichen mit Schlaganfall zu optimieren. Wenig später wurde im iSPZ Campus Hauner eine multidisziplinäre Schlaganfallambulanz (Ltg. Dr. Lucia Gerstl) etabliert, in der neben der Langzeitbetreuung der Kinder nach Schlaganfall auch das Risiko Monitoring von z.B. Patienten mit Sichelzellerkrankung mit farbkodierter transkranieller Duplexsonographie der hirnversorgenden Gefäße erfolgt [9].

Ausgehend von diesen lokalen Aktivitäten am KUM gründete die Habilitandin zusammen mit Herrn Prof. Dr. Florian Heinen unter Federführung der Gesellschaft für Neuropädiatrie das „Deutsche Netzwerk Pediatric Stroke“, dem sich mittlerweile Vertreter der verschiedensten Fachrichtungen aus über 25 Akut- und Rehabilitationskliniken sowie Vertreter aus Österreich, Schweiz und den Niederlanden angeschlossen haben. Damit übernimmt die Initiative Pediatric Stroke - iPEDs am KUM die thematische, inhaltliche und deutschlandweit koordinative Leitungsfunktion. Sie wird dabei unterstützt von der Gesellschaft für Neuropädiatrie, der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin, der Deutschen Schlaganfall Gesellschaft und – europäisch – der European Paediatric Neurology Society, sowie von der Aktion Kinder Schlaganfall-Hilfe (Stiftung Deutsche Schlaganfall-Hilfe).

1.4. Ausblick

- **Deutsches Kinderschlaganfall Register**

Die Sicherstellung und Weiterentwicklung einer optimalen und zeitgemäßen akuten und rehabilitativen Behandlung sowie langfristigen Entwicklungsbegleitung ist nur mit einer realen Datengrundlage zur Versorgung und Langzeitverlauf möglich. Unser Lösungsansatz ist – mit der Erfahrung der erfolgreichen Initiative Pediatric Stroke am KUM und des „Deutschen Netzwerkes Pediatric Stroke“ – der erstmalige Aufbau eines langfristig angelegten und vernetzten Registers für Kinder und Jugendlichen mit Schlaganfall. Durch Standardisierung der von uns bisher schon gemeinsam im „Deutschen Netzwerk Pediatric Stroke“ erarbeiteten Diagnostik-, Therapie- und Versorgungsprotokollen ist durch die Implementierung des Deutschen Kinderschlaganfall Registers eine Qualitätssteigerung in der Versorgung von Kindern mit Schlaganfall sowohl in der Akutphase wie auch in der Langzeitversorgung zu erwarten.

Langfristig sollen an Hand der Registerdaten evidenzbasierte Diagnostik- und Therapieempfehlungen erarbeitet werden und durch Aufbau eines Referenzzentrums am KUM (Deutsches Pediatric Stroke Center – DPSC) mit (auch) zentraler Speicherung von Bildgebungsdateien individuelle Therapieprotokolle zur Verfügung gestellt werden.

Weitere erforderliche wissenschaftliche Projekte (zu z.B. Genetik, Bildgebung, Therapieforschung und Langzeitverlauf) leiten sich aus den erhobenen Daten sowie aus den Ergebnissen internationaler Forschung ab. Unmittelbar profitiert das vom Schlaganfall betroffene Kind durch die von der Registerzentrale mit Abgleich von Registerdaten individuell organisierten Fallkonferenzen (der behandelnde Arzt diskutiert die Akuttherapie mit Kollegen, die Patienten mit einer ähnlichen Ätiologie oder ähnlichen Komplikationen bereits behandelt haben).

- **Telestroke KUM Hauner – ein Modellprojekt zur Tele- und Netzwerkmedizin in der Kinderneurologie am KUM**

Mit *Telestroke KUM Hauner* wollen wir mit Unterstützung der Politik und der Krankenkassen das in der ambulanten Pädiatrie schrittweise kommende und in der Erwachsenenneurologie etablierte Modell des „telemedizinischen Versorgungsnetzwerkes“ für die Verbesserung der

Versorgung des Schlaganfalls im Kindes- und Jugendalter modellhaft für Bayern implementieren und innovativ weiterentwickeln.

Über die Sektoren (1) Telemedizin, (2) Netzwerkmedizin, (3) Schulungen und (4) Evaluation soll schrittweise die Zugangsgerechtigkeit zu einer optimierten, spezialisierten Schlaganfallversorgung erreicht werden.

(1) Telemedizin: bayernweite telemedizinische Beratung sowohl in als auch jenseits der Akutphase (Akuttherapie? Ätiologische Abklärung? Rezidivprophylaxe? Sinnvolle Maßnahmen in der Rehabilitationsphase? Etc)

(2) Netzwerkmedizin: schrittweise Koordination der Kinder-Schlaganfälle in den Verbundkliniken der in Bayern in der Erwachsenenneurologie bestehenden Netzwerke (für das KUM: NEVAS) mit Übernahmemöglichkeit der Kinder mit akutem Schlaganfall in das nächstgelegene Zentrum

(3) Schulungen: Erhöhung von Awareness, Optimieren von Prozessabläufen, Qualitätssteigerung in der Behandlung dieser seltenen, aber zeitkritischen und schwerwiegenden Behandlung durch ein umfangreiches Fortbildungsangebot in den Kooperationskliniken, SPZ, Rehakliniken sowie dem bayerischen Rettungsdienst

(4) Laufende Evaluation der Sektoren (1)-(3)

Forschungsansätze im Bereich der „digitalen Medizin“ wie die automatisierte Strokeanalyse in der CT-Bildgebung können und werden in dieses Modellprojekt eingebettet werden.

Ein Antrag zu *Telestroke KUM Hauner* ist in seiner „ersten Bearbeitungsphase“ im Unterausschuss des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit und Pflege, Stand 07/19.

Literaturnachweise der einleitenden Zusammenfassung

1. Beslow LA, Licht DJ, Smith SE, Storm PB, Heuer GG, Zimmerman RA, Feiler AM, Kasner SE, Ichord RN, Jordan LC. *Predictors of outcome in childhood intracerebral hemorrhage: a prospective consecutive cohort study*. Stroke. 2010 Feb;41(2):313-318.
2. Bonfert MV, Badura K, Gerstl J, Borggraefe I, Heinen F, Schroeder S, Olivieri M, Weinberger R, Landgraf MN, Vill K, Tacke M, Berweck S, Reiter K, Hoffmann F, Nicolai T, **Gerstl L**. *Childhood Stroke: Awareness, Interest, and Knowledge Among the Pediatric Community*. Front Pediatr. 2018 Jun 25;6:182. doi: 10.3389/fped.2018.00182. eCollection 2018.
3. Frenz S, Bonfert M, Reiter K, Hübner J, Borggräfe I, Olivieri M, **Gerstl L**. *Akut ischämischer Schlaganfall bei einem 9-jährigen Jungen*. Monatsschr Kinderheilkd 2019, Volume 167 (2), 94-97
4. Fullerton HJ, Wu YW, Zhao S, Johnston SC. *Risk of stroke in children: ethnic and gender disparities*. Neurology. 2003 Jul 22;61(2):189-194.
5. Ganesan V, Prengler M, Wade A, Kirkham FJ. *Clinical and radiological recurrence after childhood arterial ischemic stroke*. Circulation. 2006 Nov14;114(20): 2170-2177.
6. **Gerstl L**, Badura K, Heinen F, Weinberger R, Peraud A, Dorn F, Bonfert MV, Berweck S, O'Callaghan FJ. *Childhood haemorrhagic stroke: a 7-year single-centre experience*. Arch Dis Child. 2019 Dec;104(12):1198-1202.
7. **Gerstl L**, Bonfert MV, Nicolai T, Dieterich M, Adamczyk C, Heinen F, Olivieri M, Steinlin M. *[Childhood stroke: What are the special features of childhood stroke?]*. Nervenarzt. 2017 Dec;88(12):1367-1376. Review. German
8. **Gerstl L**, Borggraefe I, Felderhoff-Müser, Heinen F, Steinlin M (Hrsg): *Pediatric Stroke Manual – Schlaganfall im Neugeborenen- und Kindesalter*. Kohlhammer 2018
9. **Gerstl L**, Heinen F, Schroeder AS, Tacke M, Olivieri M, Dorn F, Voll C, Borggraefe I. *The "seagull cry": An initial sign in a child with intracranial carotid stenosis*. Neurology. 2016 Aug 23;87(8):850-851
10. **Gerstl L**, Olivieri M, Heinen F, Borggraefe I, Schroeder AS, Tacke M, Vill K, Dalla-Pozza R, Reiter K, Lutz J, Brueckmann H, Janssen H. *Successful mechanical thrombectomy in a three-year-old boy with cardioembolic occlusion of both the basilar artery and the left middle cerebral artery*. Eur J Paediatr Neurol. 2016 Nov;20(6):962-965.
11. **Gerstl L**, Weinberger R, Heinen F, Bonfert MV, Borggraefe I, Schroeder AS, Tacke M, Landgraf MN, Vill K, Kurnik K, Sorg A-L, Olivieri M. *Arterial ischemic stroke in infants, children and adolescents: Results of a Germany-wide surveillance study 2015-2017*. J Neurol. 2019 Dec;266(12)2929-2941.

12. **Gerstl L**, Weinberger R, von Kries R, Heinen F, Schroeder AS, Bonfert MV, Borggraefe I, Tacke M, Vill K, Landgraf MN, Kurnik K, Olivieri M. *Symptom patterns in arterial ischemic stroke: Analysis of a population-based study in Germany*. *Klin Padiatr*. 2018 Oct;230(6):319-325
13. **Gerstl L**, Weinberger R, von Kries R, Heinen F, Schroeder AS, Bonfert MV, Borggraefe I, Tacke M, Vill K, Landgraf MN, Kurnik K, Olivieri M. *Risk factors in childhood arterial ischaemic stroke: Findings from a population-based study in Germany*. *Eur J Paediatr Neurol*. 2018 May;22(3):380-386.
14. Kirton A, deVeber G. *Paediatric stroke: pressing issues and promising directions*. *Lancet Neurol*. 2015 Jan;14(1):92-102
15. Lo WD. *Childhood hemorrhagic stroke: an important but understudied problem*. *J Child Neurol*. 2011 Sep;26(9):1174-1185.
16. Mallick AA, Ganesan V, Kirkham FJ, Fallon P, Hedderly T, McShane T, Parker AP, Wassmer E, Wraige E, Amin S, Edwards HB, Tilling K, O'Callaghan FJ. *Childhood arterial ischaemic stroke incidence, presenting features, and risk factors: a prospective population-based study*. *Lancet Neurol*. 2014 Jan;13(1):35-43.
17. Mallick AA, Ganesan V, Kirkham FJ, Fallon P, Hedderly T, McShane T, Parker AP, Wassmer E, Wraige E, Amin S, Edwards HB, O'Callaghan FJ. *Diagnostic delays in paediatric stroke*. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2015 Aug;86(8):917-921.
18. Munot P, Crow YJ, Ganesan V. *Paediatric stroke: genetic insights into disease mechanisms and treatment targets*. *Lancet Neurol*. 2011 Mar;10(3):264-274.
19. Pacheco JT, Siepmann T, Barlinn J, Winzer S, Penzlin AI, Puetz V, von der Hagen M, Barlinn K. *Safety and efficacy of recanalization therapy in pediatric stroke: A systematic review and meta-analysis*. *Eur J Paediatr Neurol*. 2018 Nov;22(6):1035-1041.
20. Rivkin MJ, deVeber G, Ichord RN, Kirton A, Chan AK, Hovinga CA, Gill JC, Szabo A, Hill MD, Scholz K, Amlie-Lefond C. *Thrombolysis in pediatric stroke study*. *Stroke*. 2015 Mar;46(3):880-885.
21. Sträter R, Becker S, von Eckardstein A, Heinecke A, Gutsche S, Junker R, Kurnik K, Schobess R, Nowak-Göttl U. *Prospective assessment of risk factors for recurrent stroke during childhood-a 5-year follow-up study*. *Lancet*. 2002 Nov 16;360(9345):1540-1545.
22. Yvon E, Lamotte D, Tiberghien A, Godard I, Mardaye A, Laurent-Vannier A, Agostini M, Chevignard M. *Long-term motor, functional, and academic outcome following childhood ischemic and hemorrhagic stroke: A large rehabilitation center-based retrospective study*. *Dev Neurorehabil*. 2018 Feb;21(2):83-90.

2. Verzeichnis der wissenschaftlichen Veröffentlichungen

2.1. Originalarbeiten als Erst – oder Letztautor

1. *Motor Outcome, Executive Functioning and Health-Related Quality of Life of Children, Adolescents and Young Adults after Ventricular Assist Device and Heart Transplantation*
Barron L-C, Haas N, Hagl C, Schulze-Neick I, Ulrich S, Lehner A, Heinen F, Weinberger R, Rosenthal L, **Gerstl L***, Dalla-Pozza R*
Pediatr Transplant. 2019 Dec 29:e13631. doi: 10.1111/petr.13631
*shared last authorship
Impact Faktor (IF) 1,326 (2018/2019)

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/petr.13631>
2. *Arterial ischemic stroke in infants, children, and adolescents: results of a Germany-wide surveillance study 2015-2017*
Gerstl L, Weinberger R, Heinen F, Bonfert MV, Borggraefe I, Schroeder AS, Tacke M, Landgraf MN, Vill K, Kurnik K, Sorg AL, Olivieri M
J Neurol. 2019 Dec;266(12):2929-2941. doi: 10.1007/s00415-019-09508-5.
IF 4,204 (2018/2019)

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00415-019-09508-5>
3. *Repetitive peripheral magnetic stimulation (rPMS) in subjects with migraine – setup presentation and effects on skeletal musculature*
Renner T, Sollmann N, Trepte-Freisleder F, Albers L, Mathonia NM, Bonfert MV, König H, Klose B, Krieg SM, Heinen F, **Gerstl L***, Landgraf MN*
Front. Neurol. | doi:10.3389/fneur. 2019.00738
*shared last authorship
IF 2,635 (2018/2019)

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2019.00738/full>
4. *Childhood haemorrhagic stroke: a 7-year single-centre experience*
Gerstl L, Badura K, Heinen F, Weinberger R, Peraud A, Dorn F, Bonfert MV, Berweck S, O'Callaghan FJ
Arch Dis Child. 2019 Dec;104(12):1198-1202. doi: 10.1136/archdischild-2018-316749.
IF 3,158 (2018/2019)

<https://adc.bmj.com/content/104/12/1198>
5. *Symptom patterns in arterial ischemic stroke: Analysis of a population-based study in Germany.*
Gerstl L, Weinberger R, von Kries R, Heinen F, Schroeder AS, Bonfert MV, Borggraefe I, Tacke M, Vill K, Landgraf MN, Kurnik K, Olivieri M.

Klin Padiatr. 2018 Oct;230(6):319-325. doi: 10.1055/a-0684-9794.
IF 0,800

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-0684-9794>

6. *Childhood Stroke: Awareness, Interest, and Knowledge Among the Pediatric Community.*

Bonfert MV, Badura K, Gerstl J, Borggraefe I, Heinen F, Schroeder S, Olivieri M, Weinberger R, Landgraf MN, Vill K, Tacke M, Berweck S, Reiter K, Hoffmann F, Nicolai T, **Gerstl L**.

Front Pediatr. 2018 Jun 25;6:182. doi: 10.3389/fped.2018.00182. eCollection 2018.
IF 2,349

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2018.00182/full>

7. *Risk factors in childhood arterial ischaemic stroke: Findings from a population-based study in Germany.*

Gerstl L, Weinberger R, von Kries R, Heinen F, Schroeder AS, Bonfert MV, Borggraefe I, Tacke M, Vill K, Landgraf MN, Kurnik K, Olivieri M.

Eur J Paediatr Neurol. 2018 May;22(3):380-386. doi: 10.1016/j.ejpn.2018.01.001.
IF 2,496

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(17\)31739-7/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(17)31739-7/fulltext)

8. *Pediatric idiopathic intracranial hypertension - Is the fixed threshold value of elevated LP opening pressure set too high?*

Gerstl L, Schoppe N, Albers L, Ertl-Wagner B, Alperin N, Ehrt O, Pomschar A, Landgraf MN, Heinen F.

Eur J Paediatr Neurol. 2017 Nov;21(6):833-841. doi: 10.1016/j.ejpn.2017.08.002.
IF 2,362

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(16\)30295-1/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(16)30295-1/fulltext)

9. *Neonatal Arterial Ischemic Stroke - A Hospital Based Active Surveillance Study in Germany.*

Klemme M*, **Gerstl L***, Weinberger R, Olivieri M, Flemmer A, von Kries R, Felderhoff-Müser U, Dzierko M.

Klin Padiatr. 2017 May;229(3):142-146. doi: 10.1055/s-0043-104699.

*shared first authorship

IF 0,698

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0043-104699>

2.2. Originalarbeiten als Co-Autor

1. *Impact on Clinical Decision Making on Next-Generation Sequencing in Pediatric Epilepsy in a Tertiary Epilepsy Referral Center.*
Hoelz H, Herdl C, **Gerstl L**, Tacke M, Vill K, von Stuelpnagel C, Rost I, Hoertnagel K, Abicht A, Hollizeck S, Larsen LHG, Borggraefe I.
Clin EEG Neurosci. 2020 Jan;51(1):61-69. doi: 10.1177/1550059419876518.
IF 1,822 (2018/2019)

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1550059419876518>

2. *Risk factors for perinatal arterial ischaemic stroke: a large case-control study.*
Sorg AL, von Kries R, Klemme M, **Gerstl L**, Weinberger R, Beyerlein A, Lack N, Felderhoff-Müser U, Dzierko M.
Dev Med Child Neurol. 2019 Sep 5. doi: 10.1111/dmcn.14347. [Epub ahead of print]
IF 3,532 (2018/2019)

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/dmcn.14347>

3. *Three by three weeks of robot-enhanced repetitive gait therapy within a global rehabilitation plan improves gross motor development in children with Cerebral Palsy– a retrospective cohort study.*
Weinberger R, Warken B, König H, Vill K, **Gerstl L**, Borggraefe I, Heinen F, von Kries R, Schroeder AS
Eur J Paediatr Neurol. 2019 Jul;23(4):581-588. doi: 10.1016/j.ejpn.2019.05.003.
IF 2,496 (2018/2019)

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(18\)30423-9/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(18)30423-9/fulltext)

4. *SACS variants are a relevant cause of autosomal recessive hereditary motor and sensory neuropathy.*
Vill K, Müller-Felber W, Gläser D, Kuhn M, Teusch V, Schreiber H, Weis J, Klepper J, Schirmacher A, Blaschek A, Wiessner M, Strom TM, Dräger B, Hofmeister-Kiltz K, Tacke M, **Gerstl L**, Young P, Horvath R, Senderek J.
Hum Genet. 2018 Dec;137(11-12):911-919. doi: 10.1007/s00439-018-1952-6.
IF 5,20

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00439-018-1952-6>

5. *Benign epilepsy with centrotemporal spikes: Correlating spike frequency and neuropsychology.*
Tacke M, Rupp N, **Gerstl L**, Heinen F, Vill K, Bonfert M, Neubauer BA, Bast T, Borggraefe I; Further Members of the German HEAD Study Group.
Acta Neurol Scand. 2018 Dec;138(6):475-481. doi: 10.1111/ane.13015.
IF 3,126

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ane.13015>

6. *Fetal alcohol spectrum disorders (FASD) - What we know and what we should know - The knowledge of German health professionals and parents.*
Landgraf MN, Albers L, Rahmsdorf B, Vill K, **Gerstl L**, Lippert M, Heinen F.
Eur J Paediatr Neurol. 2018 May;22(3):507-515. doi: 10.1016/j.ejpn.2018.02.010.
IF 2,496

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(17\)31812-3/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(17)31812-3/fulltext)

7. *Effects of Levetiracetam and Sulthiame on EEG in benign epilepsy with centrotemporal spikes: A randomized controlled trial.*
Tacke M, Borggraefe I, **Gerstl L**, Heinen F, Vill K, Bonfert M, Bast T; HEAD Study group
Seizure. 2018 Mar;56:115-120. doi: 10.1016/j.seizure.2018.01.015.
IF 2,765

[https://www.seizure-journal.com/article/S1059-1311\(17\)30107-3/fulltext](https://www.seizure-journal.com/article/S1059-1311(17)30107-3/fulltext)

8. *Early-Onset Myopathies: Clinical Findings, Prevalence of Subgroups and Diagnostic Approach in a Single Neuromuscular Referral Center in Germany.*
Vill K, Blaschek A, Gläser D, Kuhn M, Haack T, Alhaddad B, Wagner M, Kovacs-Nagy R, Tacke M, **Gerstl L**, Schroeder AS, Borggraefe I, Mueller C, Schlotter-Weigel B, Schoser B, Walter MC, Müller-Felber W.
J Neuromuscul Dis. 2017;4(4):315-325. doi: 10.3233/JND-170231.
IF 2,487

<https://content.iospress.com/articles/journal-of-neuromuscular-diseases/jnd170231>

9. *Vertigo and dizziness in adolescents: Risk factors and their population attributable risk.*
Filippopoulos FM, Albers L, Straube A, **Gerstl L**, Blum B, Langhagen T, Jahn K, Heinen F, von Kries R, Landgraf MN.
PLoS One. 2017 Nov 13;12(11):e0187819. doi: 10.1371/journal.pone.0187819.
eCollection 2017.
IF 2,766

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0187819>

10. *Children with migraine: Provocation of headache via pressure to myofascial trigger points in the trapezius muscle? - A prospective controlled observational study.*
Landgraf MN, Biebl JT, Langhagen T, Hannibal I, Eggert T, Vill K, **Gerstl L**, Albers L, von Kries R, Straube A, Heinen F.
Eur J Pain. 2018 Feb;22(2):385-392. doi: 10.1002/ejp.1127.
IF 2,991

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejp.1127>

11. *Jumping Mechanography as a Complementary Testing Tool for Motor Function in Children with Hereditary Motor and Sensory Neuropathy.*
Vill K, Ille L, Blaschek A, Rawer R, Landgraf MN, **Gerstl L**, Schroeder SA, Müller-Felber W.
Neuropediatrics. 2017 Dec;48(6):420-425. doi: 10.1055/s-0037-1603778.
IF 1,605

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0037-1603778>
12. *Health-Related Quality of Life of Children/Adolescents with Vertigo: Retrospective Study from the German Center of Vertigo and Balance Disorders.*
Deissler A, Albers L, von Kries R, Weinberger R, Langhagen T, **Gerstl L**, Heinen F, Jahn K, Schröder AS.
Neuropediatrics. 2017 Apr;48(2):91-97. doi: 10.1055/s-0037-1598645.
IF 1,605

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0037-1598645>
13. *Effect of anticonvulsive treatment on neuropsychological performance in children with BECTS.*
Tacke M, **Gerstl L**, Heinen F, Heukaeufer I, Bonfert M, Bast T, Cornell S, Neubauer BA, Borggraefe I; German HEAD Study group.
Eur J Paediatr Neurol. 2016 Nov;20(6):874-879. doi: 10.1016/j.ejpn.2016.07.015.
IF 2,013

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(16\)30120-9/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(16)30120-9/fulltext)
14. *The Complexity Signature: Developing a Tool to Communicate Biopsychosocial Severity of Disease for Children with Chronic Neurological Complexity.*
Krieg SM, Sonanini S, Sollmann N, Focke A, **Gerstl L**, Heinen F.
Neuropediatrics. 2016 Aug;47(4):238-44. doi: 10.1055/s-0036-1584195.
IF 1,571

<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0036-1584195>
15. *Period Prevalence of Dizziness and Vertigo in Adolescents.*
Langhagen T, Albers L, Heinen F, Straube A, Filippopoulos F, Landgraf MN, **Gerstl L**, Jahn K, von Kries R.
PLoS One. 2015 Sep 11;10(9):e0136512. doi: 10.1371/journal.pone.0136512.
eCollection 2015.
IF 3,057

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0136512>

16. *Three-dimensional analysis of positional plagiocephaly before and after molding helmet therapy in comparison to normal head growth.*
Schweitzer T, Böhm H, Linz C, Jager B, **Gerstl L**, Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Ernestus RI, Krauß J, Meyer-Marcotty P.
Childs Nerv Syst. 2013 Jul;29(7):1155-61. doi: 10.1007/s00381-013-2030-y.
IF 0,7

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00381-013-2030-y>

2.3. Kasuistiken/Case Reports

1. *Epilepsy surgery in the first months of life: a large type IIb focal cortical dysplasia causing neonatal drug-resistant epilepsy.*
Borggraefe I, Tacke M, **Gerstl L**, Leiz S, Coras R, Blümcke I, Giese A, Ertl-Wagner B, Thiel CT, Noachtar S, Peraud A.
Epileptic Disord. 2019; 21 (1): 122-127. doi: 10.1684/epd.2019.1037.
IF 2,052 (2018/2019)

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1684/epd.2019.1037>

2. *Akut ischämischer Schlaganfall bei einem 9-jährigen Jungen.*
Frenz S, Bonfert M, Reiter K, Hübner J, Borggräfe I, Olivieri M, **Gerstl L**
Monatsschr Kinderheilkd 2019, Volume 167 (2), 94-97
IF 0,353

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00112-019-0649-9>

3. *Mesial Temporal Sclerosis in SCN1A-Related Epilepsy: Two Long-Term EEG Case Studies.*
Tiefes AM, Hartlieb T, Tacke M, von Stülpnagel-Steinbeis, Larsen LHG, Hao Q, Dahl HA, Neubauer BA, **Gerstl L**, Kudernatsch M, Kluger GJ, Borggraefe I
Clin EEG Neurosci. 2019 Jul;50(4):267-272. doi: 10.1177/1550059418794347.
IF 1,822 (2018/2019)

https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1550059418794347?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub=pubmed

4. *Childhood-Onset Epileptic Encephalopathy Associated With Isolated Focal Cortical Dysplasia and a Novel TSC1 Germline Mutation.*
Hoelz H, Copenrath E, Hoertnagel K, Roser T, Tacke M, **Gerstl L**, Borggraefe I.
Clin EEG Neurosci. 2018 May;49(3):187-191. doi: 10.1177/1550059417697841.
IF 1,822

https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1550059417697841?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub=pubmed

5. *Epileptic Seizure, Postictal Hemiparesis, and Hyperleukocytosis.*
Olivieri M, Kurnik K, Heinen F, Schmid I, Hoffmann F, Reiter K, **Gerstl L**.
Glob Pediatr Health. 2016 Dec 13;3:2333794X16681934.
doi: 10.1177/2333794X16681934. eCollection 2016

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5308527/>
6. *The "seagull cry": An initial sign in a child with intracranial carotid stenosis.*
Gerstl L, Heinen F, Schroeder AS, Tacke M, Olivieri M, Dorn F, Voll C, Borggraefe I.
Neurology. 2016 Aug 23;87(8):850-1. doi: 10.1212/WNL.0000000000003012.
IF 8,320

<https://n.neurology.org/content/87/8/850.long>
7. *Successful mechanical thrombectomy in a three-year-old boy with cardioembolic occlusion of both the basilar artery and the left middle cerebral artery.*
Gerstl L*, Olivieri M*, Heinen F, Borggraefe I, Schroeder AS, Tacke M, Vill K, Dalla-Pozza R, Reiter K, Lutz J, Brueckmann H, Janssen H.
Eur J Paediatr Neurol. 2016 Nov;20(6):962-965. doi: 10.1016/j.ejpn.2016.07.014.
*shared first authorship
IF 2,013

[https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798\(16\)30119-2/fulltext](https://www.ejpn-journal.com/article/S1090-3798(16)30119-2/fulltext)
8. *Proximal muscular atrophy and weakness: An unusual adverse effect of deferasirox iron chelation therapy.*
Vill K, Müller-Felber W, Teusch V, Blaschek A, **Gerstl L**, Huetker S, Albert MH.
Neuromuscul Disord. 2016 Apr-May;26(4-5):322-5. doi: 10.1016/j.nmd.2016.02.011.
IF 2,969

[https://www.nmd-journal.com/article/S0960-8966\(16\)00030-4/fulltext](https://www.nmd-journal.com/article/S0960-8966(16)00030-4/fulltext)

2.4. Übersichtsartikel/Reviews

1. *Antiepileptic therapy approaches in KCNQ2 related epilepsy: A systematic review.*
Kuersten M, Tacke M, **Gerstl L**, Hoelz H, Stülpnagel CV, Borggraefe I.
Eur J Med Genet. 2019 Feb 14:103628. doi: 10.1016/j.ejmg.2019.02.001.
IF 2,022 (2018/2019)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1769721218306633>
2. *[Childhood stroke : What are the special features of childhood stroke?].*
Gerstl L, Bonfert MV, Nicolai T, Dieterich M, Adamczyk C, Heinen F, Olivieri M, Steinlin M.
Nervenarzt. 2017 Dec;88(12):1367-1376. doi: 10.1007/s00115-017-0435-7. Review.
German

IF 0,738

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00115-017-0435-7>

3. *[Epilepsy-new diagnostic tools, old drugs? : Therapeutic consequences of epilepsy genetics].*

Tacke M, Neubauer BA, **Gerstl L**, Roser T, Rémi J, Borggraefe I.

Nervenarzt. 2017 Dec;88(12):1385-1394. doi: 10.1007/s00115-017-0427-7.Review.

German.

IF 0,738

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00115-017-0427-7>

4. *Pädiatrischer Schlaganfall – ein kiderneurologischer Notfall.*

Gerstl L, Heinen F, Borggraefe I, Olivieri M, Kurnik K, Nicolai T, Reiter K, Berweck S, Schroeder AS. Monatsschr Kinderheilkd. 2017, Volume 165 (5), 408-415

IF 0,230

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00112-016-0119-6>

5. *Fieberkrämpfe – Diagnostik, Therapie und Beratung*

Borggraefe I, Heinen F, **Gerstl L**

Monatsschr Kinderheilkd. 2013, Volume 161, 953-962

IF 0,278

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00112-013-2991-7>

2.5. Buchkapitel/Book Chapters

- 1.- *In: Heinen F (ed.): NeuroKids. Child Neurology Workbook. Kohlhammer 2017*

12.

Erst-/Letztautorin:

A.01: Febrile Seizures, pp26-28

A.09.1: Paediatric stroke – Thromboembolic events, pp56-61

E.02: First seizure, p153

Koautorin:

A.02: Status epilepticus, pp31-31

A.09.4: Paediatric stroke – Dissection (cerebrovascular), pp74-76

A.09.5: Paediatric stroke – Arteriovenous malformations, pp77-80

E.01: Epilepsy, pp 150-151

E.03: Paroxysmal events (non-epileptic), pp154-159

E.04: West-Syndrome, p160

E.05: Benign epilepsy with centrotemporal spikes (BECTS, Rolandic epilepsy), p161

E.06: Absence epilepsy, p163

L.03: Craniosynostosis, pp262-263

13 *Pädiatrische Neurologie und Transition*

Heinen F, **Gerstl L**

Diener H-C, Gerloff C, Dieterich M (Hrsg): Therapie und Verlauf neurologischer Erkrankungen. Kohlhammer 2017, 7. Auflage , 1598-1606

14. *In: **Gerstl L**, Borggräfe I, Felderhoff-Müser, Heinen F, Steinlin M (Hrsg): Pediatric Stroke Manual – Schlaganfall im Neugeborenen- und Kindesalter. Kohlhammer 2018*
22.

Erst-/Letztautorin:

I.2.1: Epidemiologie

I.2.2.7: Ätiologie und Risikofaktoren-Übersicht in Tabellenform

I.2.3: Klinische Präsentation

I.3.1: Anamnese

I.3.2: Neurologische Untersuchung

II.3.5.2: Antikonvulsive Therapie

Koautorin:

I.4.5.4: Antiepileptische Therapie

I.5.5: Epilepsie

II.5.4: Epileptologie

2.6. Sonstige Veröffentlichungen

Veröffentlichungen ohne Impact Faktor

1. *Primärer Kopfschmerz bei Kindern und Jugendlichen – Update 2019.*
Bonfert MV, Landgraf MN, Mathonia N, **Gerstl L**, Hannibal I, Rahmsdorf B, Kainz C, Badura K, Klose B, Ruscheweyh R, von Kries R, Straube A, Heinen F
Pädiatrie up2date 2019; 14:71-85
2. *Fieberkrampf 2018 – Teil 1: Standards in Diagnostik und Therapie.*
Bonfert MV, Borggräfe I, Tacke M, Roser T, von Stülpnagel C, Heinen, F, **Gerstl L**.
Kinder- und Jugendarzt. 49.Jg. (2018) Nr.11, 694-696
3. *Schlaganfall im Kindesalter*
Gerstl L, Schroeder AS, Bonfert MV, Olivieri M, Heinen F
Heilberufe 2018. 70(2): 29-31
4. *Episodische Syndrome der Kindheit*
Bonfert M, Landgraf MN, Hannibal I, **Gerstl L**, Kusser B, Heinen F
Kinder- und Jugendarzt. 48.Jg. (2017) Nr.12, 801-803
5. *Gehirnerschütterung im Sport – und was dann?*

- Bonfert MV, **Gerstl L**, Hannibal I, Langhagen T, Kusser B, Heinrich T, Kammer B, Körte I, Heinen F, Landgraf MN
Kinder- und Jugendarzt. 48.Jg. (2017) Nr.8, 479-483
6. *Kopfschmerzen im Kindes- und Jugendalter – Schlüsselaspekte guter Praxis.*
Bonfert M, Landgraf MN, Hannibal I, Langhagen T, **Gerstl L**, Kusser B, Heinen F
Kinder- und Jugendarzt. 47.Jg. (2016) Nr.12, 380-389
 7. *Paediatric Stroke – Arteriell ischämischer Schlaganfall im Kindesalter.*
Gerstl L, Borggraefe I, Olivieri M, Heinen F.
Kinder- und Jugendarzt. 46.Jg. (2015) Nr.2, 21-28
 8. *Pediatric Stroke / Neonatal Stroke and Sinus Thrombosis*
Gerstl L, Heinen F, Felderhoff-Müser U, von Kries R
Monatsschr Kinderheilkd. 2015, Volume 163 (5), 494-495
 9. *Pädiatrische Epileptologie – Epilepsiesyndrome und Notfalltherapie.*
Gerstl L, Borggraefe I
Nervenheilkunde 2014 (3):131-136

Abstracts und Poster

1. *A Retrospective Single-center Study on Time Critical Disorders in the Emergency Room of a Tertiary Pediatric Center*
Bonfert M, Andonian C, Bidlingmaier C, Berlin C, Borggraefe I, tacke M, Schroeder AS, Keil J, Hoffmann F, Reiter K, Heinen F, Olivieri M, **Gerstl L**
Neuropediatrics 2019, 50(S 02): S1-S55; DOI: 10.1055/s-0039-169826
2. *Treatment of BECTS: A systematic Review of Seizure Freedom Rates*
Gerstl L, Willimsky E, Rémi, Noachtar S, Borggrafe I, Tacke M
Neuropediatrics 2019; 50(S 02): S1-S55; DOI: 10.1055/s-0039-1698211
3. *Treatment of KCNQ2 Related Epilepsy*
Kürsten M, Tacke M, **Gerstl L**, Hoelz HSteinbeis v Stülpnagel C, Borggraefe I
Neuropediatrics 2019; 50(S 02): S1-S55;DOI: 10.1055/s-0039-1698221
4. *Impact on Clinical Decision Making on Next-Generation Sequencing (NGS) in Pediatric Epilepsy in a Tertiary Epilepsy Referral Center.*
Hoelz H, Herdl C, **Gerstl L**, Tacke M, Vill K, von Stuelpnagel C, Rost I, Hoertnagel K, Abicht A, Hollizeck S, Larsen LHG, Borggraefe I.
Neuropediatrics 2019; 50(S 02): S1-S55; DOI: 10.1055/s-0039-1698228
5. *Epilepsy Surgery after High-grade Brain Tumors – Two Case Presentations and Review of the Literature*
Rosier T, **Gerstl L**, Tacke M, Cornell S, Heinen F, Noachtar S, Vollmar C, Borggraefe I
Neuropediatrics 2019; 50(S 02): S1-S55; DOI: 10.1055/s-0039-1698194

6. *Influence of Anticonvulsive Treatment on the EEG and the Neuropsychological Features in Children with Rolandic Epilepsy.*
Tacke M, Heinen F, **Gerstl L**, Cornell S, Bonfert MV, Neubauer B, Bast T, Borggräfe I
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 510

7. *Munich Early Recognition of Childhood Stroke—More than a FAST Screening Tool*
Bonfert MV, Heinen, F, Borggräfe I, Schröder S, Tacke M, Badura K, Olivieri, M, Hoffmann F, Reiter K, Nicolai T, **Gerstl L**
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 257

8. *Childhood Stroke: Awareness, Interest and Knowledge among the Pediatric Community.*
Bonfert MV, Badura K, Gerstl J, Borggräfe I, Heinen F, Schröder S, Olivieri M, Weinberger R, Landgraf MN, Vill K, Tacke M, Berweck S, Reiter K, Hoffmann F, Nicolai T, **Gerstl L**
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 561

9. *Childhood Arterial Ischaemic Stroke—Results of a German Nationwide Surveillance Study 2015 to 2017.*
Gerstl L, Weinberger R, von Kries R, Heinen F, Schröder S, Bonfert MV, Borggräfe I, Tacke M, Vill K, Landgraf MN, Kurnik K, Olivieri M
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 394

10. *Childhood Hemorrhagic Stroke—A 7-Year Single-Center Experience.*
Gerstl L, Badura K, Weinberger R, Heinen F, Bonfert MV, Olivieri M, Peraud A, Dorn F, O’Callaghan FJ
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 396

11. *Infant Automated Motion Recognition Technology Using RGB-Depth Sensors for Markerless, Rater-Independent Detection of Abnormal Movements in Early Infancy—in a Motion Project.*
Schröder S, Hesse N, Tacke U, Weinberger R, Schulz A, Vill K, Blaschek A, **Gerstl L**, Heinen F, Bodensteiner C, Arens M, Müller-Felber W
Neuropediatrics 2018 , S 02, FV 318

12. *Neurologic and Cognitive Assessment of Children after Ventricular Assist Device (VAD) and Heart Transplantation*
Barron LC, **Gerstl L**, Hakami L, Schulze-Neick I, Ulrich U, Lehner A, Heinen F, Haas N, Hagl C, Dalla-Pozza R
Thorac cardiovasc Surg 2018; 66 (S 02): S111-S138

13. *Improving the Quality of Care in the Specialization: The Benefits of „Hands on“ Courses for Learning Neuromuscular Ultrasound*
Schroeder AS, Berweck S, Vill K, **Gerstl L**, Jansen C, Kappl S, Wissel J, Fietzek UM, Heinen F, Müller-Felber W
Neuropediatrics 2017, 48 (S01): S1-S45

14. *Corrigendum to "EEG changes in rolandic epilepsy under treatment with*

- Levetiracetam and Sulthiame" [Eur J Paediatr Neurol 21 (Suppl. 1) (June 2017) e97].
Tacke M, Borggraefe I, **Gerstl L**, Heinen F, Vill K, Bonfert M, Bast T.
Eur J Paediatr Neurol. 2017 Nov;21(6):e1. doi: 10.1016/j.ejpn.2017.07.021. Epub
2017 Aug 7. No abstract available.*
15. *Presurgical Evaluation in Magnetic Resonance Image-Negative Frontal Lobe Epilepsy*
Borggraefe I, Vollmar C, Loesch AM, Ertl-Wagner B, **Gerstl L**, Heinen F, Kreth FW,
Peraud A, Noachtar S
Neuropediatrics 2014, 45 (S01)
 16. *Migraine with Visual Aura: A Clinical Manifestation of Cerebrovascular Disorders in
Childhood*
Langhagen T, Borggraefe I, Fesl G, Landgraf M, Heinen F, **Gerstl L**
Neuropediatrics 2014, 45 (S01)
 17. *Dizziness and Vertigo in Adolescents: Actual Epidemiological Data from Munich*
Langhagen T, Landgraf M, **Gerstl L**, Albers L, von Kries R, Straube A, Heinen F, Jahn K
Neuropediatrics 2014, 45 (S01)
 18. *Hearing Loss, Growth and Gait Disturbance: The Diagnostic Struggle of
Neuroborreliosis*
Gerstl L, Berweck S, Huebner J, Heinen F, Borggraefe I
Neuropediatrics 2014, 45 (S01)
 19. *Pädiatrische Stroke Units – die Zukunft der Schlaganfallversorgung im Kindesalter
aus Sicht der Kinderneurologie und Hämostaseologie*
Gerstl L, Borggraefe I, Heinen F, Nicolai T, Reiter K, Kurnik K, Olivieri M
Monatsschr Kinderheilkd. 2013, Volume 161 (10), 953-962.
 20. *Der Einsatz der –CIT und IBZM-Szintigraphie in der Diagnostik neuropädiatrischer
Systemerkrankungen*
Gerstl L, Wurm M, Sippl S, Kreissl M, Reiners C, Strassburg HM
Klinische Pädiatrie 2009; 221(02)
 21. *Early onset multiple sclerosis (EOMS) and immunmodulating therapy*
Gerstl L, Strassburg HM, Wiendl H, Schropp C
Klinische Pädiatrie 2007; 219(2):99
 22. *Papillary hypothalamic tumour in a patient with tuberous sclerosis: A case report*
Gerstl L, Krauss J, Rutkowski S, Warmuth-Metz M, Roggendorf W, Schropp C
Neuropediatrics 2006, 37 (06)

Gesamtzahl von Publikationen und Buchkapiteln

9	Erst-/Letztautorenschaften von Originalarbeiten	(Gesamt-Impact 20,028)
16	Co-Autorenschaften von Originalarbeiten	(Gesamt-Impact 40,232)
8	Case Reports	(Gesamt-Impact 19,351)
6	Übersichtsartikel / Reviews	(Gesamt Impact 4,006)
22	Bücher / Buchkapitel	
9	Sonstige Veröffentlichungen	
22	Abstracts und Poster	

Gesamt-Impact: 83,617

3. Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Dr. sci. nat. Christoph Klein danke ich sehr für seine Förderung meiner wissenschaftlichen und klinischen Tätigkeit im Dr. von Haunerschen Kinderspital am Klinikum der LMU München.

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Florian Heinen für seine professionelle und persönliche Unterstützung. Er hat mein Interesse an wissenschaftlichen Arbeiten nicht nur geweckt, sondern durch Motivation, Rückendeckung und Vertrauen in meine Arbeit stets gefördert. Sein unglaublicher Enthusiasmus, seine innovativen Ideen und seine Freude am (internationalen) kollegialen Austausch haben mir beruflich neue Wege aufgezeigt.

Ein Dankeschön an alle Kolleginnen und Kollegen im Dr. von Haunerschen Kinderspital, iSPZ Hauner und Mitarbeiter im Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin für die so nette, kollegiale Zusammenarbeit, für Unterstützung und Ansporn.

Frau Prof. Dr. med. Maja Steinlin (Inselspital Bern) und Herrn Prof. Finbar O'Callaghan (Great Ormond Street UCL Institute of Child Health, London) danke ich für Inspiration und andauerndes freundschaftliches Mentoring.

Ich danke von Herzen meiner Familie für die wertvolle Unterstützung meines beruflichen Werdeganges und den schönen Ausgleich am Land, der für mich so wichtig ist.