

# **Tic-Störungen inklusive Tourette-Syndrom bei Kindern und Jugendlichen – eine aktuelle Übersicht**

*Veit Roessner, Maria McDonald, Anne Uhlmann, Stefan Ehrlich*

## Zusammenfassung

Tics treten in vielfältigen Formen auf, können z.B. motorischer oder vokaler Natur sein und bewegen sich auf einem Kontinuum von einfach bis komplex. Bei Vorliegen von ausschließlich motorischen oder vokalen Tics, welche länger als ein Jahr anhalten, wird die Diagnose einer chronischen Tic-Störung des jeweiligen Subtyps vergeben. Für die Vergabe der Diagnose Tourette-Syndrom ist das Auftreten von mindestens zwei motorischen und einem vokalen Tic ebenfalls innerhalb von 12 Monaten nötig. Die Lebenszeitprävalenz chronischer Tic-Störungen liegt bei ca. 4%. Tics zeigen einen wechselhaften Verlauf auf verschiedenen Zeitskalen mit beispielsweise situativen Schwankungen innerhalb von Minuten bis hin zu längerfristigen Veränderungen über Jahre. Typischerweise treten Tics erstmalig im Kindesalter auf, gefolgt von einem Gipfel um die Pubertät herum und nehmen im Verlauf des Jugendalters wieder ab. Für die Entstehung von Tics werden diverse Ursachen diskutiert, die sich aus genetischen, neurobiologischen, umweltbezogenen und psychosozialen Faktoren zusammensetzen. Tics treten häufig mit anderen psychischen Erkrankungen gemeinsam auf. Die häufigsten Begleitsymptome bis –störungen sind dabei ADHS und Zwangsstörungen. Diese Begleitsymptomatik ist oft für die Betroffenen beeinträchtigender als die Tics selbst, weshalb sie vorrangig behandelt werden sollten. Wenn die Tics jedoch das Funktionsniveau des Individuums stark beeinträchtigen, ist eine Behandlung indiziert. Dabei werden meist Antipsychotika eingesetzt, die die Betroffenen zwar nicht heilen, jedoch die Tic-Ausprägung mindern. Eine spezialisierte Verhaltenstherapie ist wirksam, aber vor Ort häufig nicht zugänglich.

## Summary

The phenomenology of tics is variable, occurring along a continuum from simple to complex. Furthermore, they can be classified into motor or vocal tics. If only motor or only vocal tics persist for more than one year, the diagnosis of a chronic tic disorder with motor or vocal subtype is given. For the diagnosis of Tourette-Syndrome, there must be at least two motor tics and one vocal chronic tic present within a 12-month period. The lifetime prevalence of chronic tic disorders is about 4%. Tics have a “waxing and waning” course in different time scales (minutes up to years), but regularly decrease throughout adolescence. Studies show results for a mixed etiology consisting of genetic, neurobiological, environmental and psychosocial factors. Tics are often accompanied by other psychiatric symptoms or comorbid disorders such as OCD or ADHD. Since these comorbid disorders often cause more and longer-lasting distress than the tics themselves, they should be prioritized in treatment. When tics significantly impair daily functioning, treatment is required. Antipsychotics cannot “heal the disorder”, but they have been proven as effective in alleviating tic symptoms. Specialized behavioral treatment is effective, but often not accessible.

Schlüsselwörter: Tics, Tourette-Syndrom, ADHS, Zwänge

Key words: tics, Tourette-Syndrome, ADHD, obsessive-compulsive disorders

## Symptomatik und Klassifikation

Tics sind bei ihrem Erstauftreten fast immer kurze, plötzliche, unwillkürliche Bewegungen oder Lautäußerungen ohne einen offensichtlichen Zweck und ohne eine rhythmische Struktur. Als motorische Tics werden unwillkürliche Bewegungen und als vokale (phonische) Tics unwillkürliche Lautäußerungen bezeichnet (Döpfner et al., 2009; Nilles, Martino, et al., 2023). Tics können zwischen einzelnen Betroffenen, aber auch beim einzelnen Betroffenen über die Zeit sehr unterschiedlich bzgl.

- Lokalisation und Anzahl der betroffenen Muskeln,
- der Komplexität des Bewegungsablaufs (von einfach bis komplex),
- der Intensität der Muskelkontraktion,
- ihrer Häufigkeit pro Zeiteinheit und
- ihrer Interferenz mit Willkürbewegungen

sein. Einfache motorische Tics betreffen in der Regel nur eine einzelne Muskelgruppe und äußern sich beispielsweise durch Blinzeln, Naserümpfen oder Schulterzucken. Im Gegensatz dazu äußern sich komplexe motorische Tics als koordinierte Bewegungsabfolgen mehrerer Muskelgruppen, wie etwa Klatschen, Hüpfen, das Verdrehen der Arme oder Schlagen gegen die eigene Brust. In seltenen Fällen kann es auch zur Nachahmung der Gesten anderer (Echopraxie) oder zur Ausführung obszöner Bewegungen (Kopropraxie) kommen.

Beispiele für einfache vokale Tics sind einzelne Laute ohne Bedeutung, wie Räuspern, Bellen, Schniefen sowie verstärkte Atemgeräusche. Komplexere vokale Tics zeigen sich beispielsweise als Äußerung einzelner Wörter, viel seltener als Wiederholung gesprochener Wörter von anderen (Echolalie) oder als Äußerung von obszönen Wörtern (Koprolalie) (Ganos et al., 2016). Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass bislang weder bei Gesunden noch bei von einer Tic-Störung Betroffenen eine eindeutige Definition darüber besteht, was genau obszöne Wörter oder Gesten sind (Senberg et al., 2021).

Ebenso herausfordernd ist die Abgrenzung von Tics gegenüber anderen Phänomenen bei Gesunden oder bei von einer Erkrankung/Störung Betroffenen (siehe auch unten "Koexistierende Probleme bis hin zum Vollbild einer Diagnose" und "Diagnostik"). Beispielhaft sind hier Bewegungsphänomene oder -störungen zu nennen, die ebenfalls durch repetitive, scheinbar zwecklose Bewegungen, gekennzeichnet sind, wie z.B. Stereotypien oder Akathisien (Cavanna et al., 2024; Nilles, Amorelli, et al., 2023). In diesem Zusammenhang müssen zudem koexistierende, psychiatrische Störungen wie ADHS oder Zwangserkrankungen beachtet werden (Döpfner et al., 2009).

Im derzeit in Deutschland noch gültigen Klassifikationssystem ICD-10 wird zwischen drei Hauptdiagnosen unterschieden: Die vorübergehende Tic-Störung (ICD-10: F95.0) ist durch Tics gekennzeichnet, die (bis zur Diagnostik) weniger als ein Jahr andauern. Eine chronisch motorische oder chronisch vokale Tic-Störung (ICD-10: F95.1) liegt vor, wenn entweder nur motorische oder nur vokale Tics über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr bestehen. Wenn mindestens zwei motorische und ein vokaler Tic seit einem Jahr auftreten, wird die Diagnose Tourette-Syndrom (ICD-10: F95.2)

vergeben. Dabei müssen motorische und vokale Tics nicht gleichzeitig auftreten; es genügt, wenn jemals ein vokaler Tic vorhanden gewesen ist.

Im Zuge der Entwicklung der DSM-5 wurden verschiedene Veränderungen diskutiert, die eine Verbesserung darstellen sollten (Roessner et al., 2011). Einige davon wurden letztendlich umgesetzt. Positiv zu bewerten sind die vereinheitlichte Definition von Tics und Verzicht auf den leicht verwirrenden Begriff „stereotyp“, sowie die Abschaffung des Kriteriums einer maximalen tic-freien Periode von drei Monaten bei chronischen Tic-Störungen; beides wird als praxisorientiert und diagnostisch hilfreich angesehen. Ebenfalls zu begrüßen ist die Einführung eines „Specifiers“ zur genaueren Subtypisierung von Tic-Störungen basierend auf komorbiden Bedingungen wie ADHS oder Zwangsstörungen, auch wenn die erhofften, dadurch angestoßenen Studien bislang nicht in dem erhofften Umfang realisiert wurden. Negativ zu bewerten ist die inkonsequente Entscheidung in Form einer ausschließlich terminologischen Anpassung der diagnostischen Kategorie „vorübergehende Tic-Störung“ in „provisorische Tic-Störung“. Die ursprüngliche Bezeichnung „vorübergehende Tic-Störung“ legt nahe, dass die Tics innerhalb eines Jahres remittieren und ein Wiederauftreten unwahrscheinlich ist. Die neue Bezeichnung „provisorische Tic-Störung“ hingegen suggeriert, dass zum Zeitpunkt der Diagnosestellung noch unklar ist, ob die Tics vorübergehend (d.h. weniger als ein Jahr) oder länger als ein Jahr anhalten werden (und somit als chronische Tic-Störung eingestuft werden müssen). Eine klare Unterscheidung zwischen beiden Kategorien ist jedoch essenziell: Die Bezeichnung „provisorische Tic-Störung“ sollte verwendet werden, wenn Tics bei einem Betroffenen bislang weniger als ein Jahr vorhanden waren. Dagegen beschreibt die Kategorie „vorübergehende Tic-Störung“ Fälle, in denen die Tics nicht länger als ein Jahr andauerten, der Beobachtungszeitraum ohne erneutes Auftreten von Tics aber bereits länger war. Erst die Möglichkeit, beide Kategorien zu vergeben, erlaubt eine differenzierte und ausreichend klare Kondensation von Informationen zur Symptomatik. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass weiterhin das Fehlen valider Daten zur Absicherung der genannten Zeitkriterien ein Problem darstellt, z.B. der Ein-Jahres-Grenze zur Unterscheidung zwischen vorübergehender und chronischer Tic-Störung. Ebenfalls infrage zu stellen sind die im DSM-5 neu eingeführten Kategorien „substanzinduzierte Tic-Störung“ oder „Tic-Störung aufgrund einer medizinischen Erkrankung“. Diese besitzen nur eine begrenzte klinische Relevanz, da sie zum einen sehr selten vermutet werden können und falls doch, von fraglicher Kausalität und klinischer Relevanz sind.

Während in der ICD-10 die Tic-Störungen im Kapitel „F9 Verhaltens- und emotionale Störungen mit Beginn in der Kindheit und Jugend“ genannt sind, änderte sich dies in der ICD-11 mit der Einordnung der Tic-Störungen in das Kapitel 8 „Erkrankungen des Nervensystems“. In Kapitel 6 „Mentale, Verhaltens- und neurologische Entwicklungsstörungen“ wird auf die Störungsgruppe unter dem Oberbegriff „8A05.0 Primäre Tics oder Tic-Störungen“ in Kapitel 8 hingewiesen. Dennoch betont die neue Klassifikation leider einseitig eine neurologische Sichtweise auf die Tic-Störungen und vernachlässigt deren klinisch bedeutsame psychiatrische und psychosoziale Aspekte. Dies ist aus unterschiedlichen Gründen zu bedauern. So zeigen sich in vielen Fällen, die in unserer Spezialsprechstunde Tic-Störungen vorstellig werden, zwar Tics, das vorrangige Problem der Betroffenen sind jedoch eher bisher nicht diagnostizierte bzw.

- falls diagnostiziert - nicht oder nur unzureichend behandelte, koexistierende Störungen wie ADHS und/oder Zwangsstörung.

Auch wird dies die bisherige, interdisziplinäre Zusammenarbeit erschweren und Stigmatisierung fördern. Zudem birgt die stärkere neurologische Ausrichtung der Klassifikation die Gefahr, dass multimodale Diagnostik- und Therapieansätze unter umfassender Berücksichtigung von psychopathologischen, psychosozialen, psychotherapeutischen und medikamentösen Aspekten in den Hintergrund treten.

Analog zum DSM-5 wurde in der ICD-11 kein Fortschritt hinsichtlich jener diagnostischen Kategorien erzielt, die für Betroffene erforderlich wären, bei denen Tics bislang weniger als ein Jahr andauern oder innerhalb dieses Zeitraums bereits wieder vollständig remittiert sind. Gerade für diese klinisch häufigen, aber schwer fassbaren Konstellationen, fehlt weiterhin eine differenzierte Erfassung, die eine adäquate Verlaufsbeschreibung und prognostische Einschätzung ermöglichen würde.

Darüber hinaus erscheinen einzelne Neuerungen wie die Differenzierung in primäre und sekundäre Tic-Störungen bislang weder empirisch ausreichend abgesichert noch im klinischen Alltag wirklich relevant. Auch hier analog zum DSM-5: Die vermuteten sekundären Tic-Störungen treten äußerst selten auf, kausale Zusammenhänge sind in vielen Fällen nicht überzeugend belegbar. Entsprechend ist ihre diagnostische Trennschärfe begrenzt und ihre Bedeutung für die Versorgung fraglich.

<b>Tabelle XX Klassifikation von Tic-Störungen nach ICD-11 und DSM-5</b>			
<b>ICD-11</b>		<b>DSM-5</b>	
08	Erkrankungen des Nervensystems		Entwicklungsstörungen des Nervensystems
8A	Bewegungsstörungen		Motorische Störungen
8A05	Tic-Störungen	307.2	Tic-Störungen
Wo	Primäre Tics oder Tic-Störungen		
8A05.00	Tourette-Syndrom	307.23	Tourette-Störung
8A05.01	Chronische motorische Tic-Störung	307.22	Persistierende (chronische) motorische oder vokale Tic-Störung (spezifiziere motorisch odervokal)
8A05.02	Chronische vokale Tic-Störung		
---	---	307.21	Vorläufige Tic-Störung
8A05.03	Vorübergehende motorische Tics	---	---
8A05.0Y	Andere spezifizierte primäre Tics oder Tic-Störungen	307.20	Andere spezifizierte Tic-Störung
8A05.0Z	Primäre Tics oder Tic-Störungen, nicht spezifiziert	307.20	Nicht spezifizierte Tic-Störung
8A05.1	Sekundäre Tics	---	---
8A05.1Y	Andere spezifizierte Tic-Störungen	---	---
8A05.1Z	Tic-Störungen, nicht spezifiziert	---	---

## Verlauf

Besonders charakteristisch für Tic-Störungen ist ihr oben erwähnter schwankender Verlauf („waxing and waning“) bzgl. Lokalisation der betroffenen Muskeln, Komplexität (von einfach bis komplex), Schweregrad, Häufigkeit pro Zeiteinheit und Interferenz mit Willkürbewegungen. Das bedeutet auch, dass Tics für mehrere Tage oder Wochen verschwinden können und wieder auftauchen oder durch neue Tics abgelöst oder ergänzt werden. In einer Längsschnittstudie konnten Leckman und Kollegen zeigen, dass die ersten Tics durchschnittlich im Alter von 5.6 Jahren auftreten (Leckman et al., 1998). Üblicherweise sind es zunächst motorische Tics, die im Gesichts- und Nackenbereich auftreten und sich bei weiter bestehender Tic-Störung dann auf die Extremitäten ausbreiten. Vokale Tics folgen meist 2-4 Jahre später. Nach dem Beginn der Tic-Störung wird die Symptomatik bei längerer Dauer oft zunächst schlimmer und erreicht im Alter zwischen 10 und 12 Jahren ihren Höhepunkt. Im Jugendalter verringern sich die Tics oft und im frühen Erwachsenenalter haben die meisten der Betroffenen eine deutlich verringerte Symptomatik (Groth, 2018).

Häufig gehen Tics mit spezifischen Vorgefühlen („premonitory urges“) einher, die als (Muskel)spannung, Wärme- oder Kältegefühle lokalisiert oder eher allgemein im Körper berichtet werden (Ding et al., 2024). Die spezifischen Vorgefühle lassen sich mit der sich aufbauenden Spannung bei gesunden Personen vergleichen, wenn es vor dem Niesen in der Nase kribbelt oder etwas juckt (Brandt et al., 2023). Vorgefühle vor Tics werden häufiger von älteren als jüngeren Kindern berichtet, im Durchschnitt ab dem 11. Lebensjahr (Banaschewski et al., 2003).

Bei allen Angaben, die Verlauf und Häufigkeit betreffen, gilt es allerdings zu bedenken, dass je nach Untersucher (Tics sind bis heute eine klinische Blickdiagnose (Paszek et al., 2010; Schappert et al., 2024)) und Untersuchungszeitraum/-situation teilweise sehr unterschiedliche Ergebnisse gefunden werden. Etliche der hier gemachten Angaben stammen daher aus Studien bzw. Artikeln, die mit der persönlichen Erfahrung der Autoren übereinstimmen und einen „etwas realitätsnäheren“ Erfassungsmodus gewählt haben (Striley et al., 2024).

## Prävalenz

Entsprechend ist es auch nicht verwunderlich, dass die Prävalenzangaben in Abhängigkeit der untersuchten Stichprobe, Erhebungsmethode etc. größere Schwankungen aufweisen (Xiong et al., 2024). So wurden in einzelnen Studien relativ hohe Prävalenzraten berichtet. So untersuchten beispielsweise Zeitlin und Kollegen (2001) eine Stichprobe von SchülerInnen und fanden bei 18.7% Tics, während die Diagnose Tourette-Syndrom nur bei 0.8% der Stichprobe gesichert werden konnte (Zeitlin et al., 2001). Schätzungen aufgrund größerer Beobachtungsgruppen und persönlicher Erfahrung des Erstautors zufolge geht man aber davon aus, dass 4-12% der Kinder im Grundschulalter vorübergehend und 3-4% chronische Tics zeigen, während man beim Tourette-Syndrom von einer Prävalenz von 1% ausgeht (Döpfner et al., 2009). Dabei zeigt sich eine ca. drei- bis viermal so hohe Prävalenz bei Jungen im Vergleich zu Mädchen. Im Erwachsenenalter nimmt die Prävalenz deutlich ab

(Black et al., 2021). Dabei ist zu beachten, dass etliche Erwachsene angeben, keine Tics mehr zu haben, der Experte bei deren (längerer) Beobachtung aber durchaus noch Tics unterschiedlicher Schwere feststellen kann.

## Ätiologie und Störungsmodell

### Genetische Faktoren

Die Bedeutung genetischer Faktoren für Tic-Störungen wird durch Zwillings- und Familienstudien unterstrichen, die zeigen, dass die genetische Veranlagung zu etwa 50 % bis 80 % des Erkrankungsrisikos beiträgt. So entwickeln eineiige Zwillinge in 53 bis 77 % der Fälle beide eine Tic-Störung, während bei zweieiigen Zwillingen dieser Wert nur bei 8% bis 23 % liegt. Auch bei Verwandten ersten Grades ist das Risiko, selbst an einer Tic-Störung zu erkranken, deutlich erhöht – etwa um das Zehnfache im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung (Fernandez, 2025; Yang et al., 2025).

Das Zusammenspiel genetischer Faktoren bei Tic-Störungen ist komplex und folgt keinem einfachen Mendelschen Erbgang. Vielmehr wird angenommen, dass Tic-Störungen im Einzelfall durch eine bestimmte Kombination aus häufigen genetischen Varianten mit geringen Auswirkungen und seltenen Varianten mit größerer Wirkung verursacht werden. Genetische Studien haben eine Vielzahl von Risikogenen und Chromosomenregionen identifiziert, die mit Tic-Störungen in Verbindung stehen (Fernandez, 2025; Yang et al., 2025).

Molekulargenetische Untersuchungen, insbesondere genomweite Assoziationsstudien (GWAS), haben spezifische Genorte identifiziert, die mit Tic-Störungen assoziiert sind, darunter FLT3 und NR2F1. Beide sind an zentralen Prozessen der Gehirnentwicklung, wie etwa der Reifung, Migration und Verschaltung von Nervenzellen, in der frühen Kindheit beteiligt. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass bestimmte dopaminerge und serotonerge Gene (z. B. DRD2, DRD4, SLC6A3, SLC6A4) eine Rolle spielen könnten, obwohl die Studienergebnisse nicht immer konsistent sind (Fernandez, 2025; Yang et al., 2025).

Während häufige genetische Varianten das allgemeine Risiko für Tic-Störungen leicht erhöhen, gibt es seltene Mutationen mit potenziell größerer Wirkung. Dazu gehören:

- WWC1, CELSR3, OPA1, NIPBL, FN1, FBN2 – Gene mit Funktionen in Neurotransmission, Synapsenbildung und Zellorganisation.
- HDC (Histidin-Decarboxylase-Gen) – Diese Mutation beeinflusst die Histamin-Signalübertragung, was auf eine potenzielle Beteiligung des Histamin-Systems bei Tic-Störungen hindeutet.
- Zusätzlich wurden Kopienzahlvariationen (CNVs) identifiziert, die Gene betreffen, die an neuronalen Entwicklungsprozessen wie Zelladhäsion und Synapsenbildung beteiligt sind. Diese strukturellen genetischen Veränderungen treten in einer Untergruppe von Patienten mit Tic-Störungen auf.

Eine vielversprechende Methode zur Bewertung genetischer Risiken ist die Berechnung von polygenen Risikoscores (PRS). Diese aggregieren die kombinierten

Effekte vieler genetischer Varianten, um eine individuelle Risikoabschätzung zu ermöglichen. Erste Studien zeigen, dass PRS die Schwere der Tics sowie die Wahrscheinlichkeit von Begleiterkrankungen wie ADHS und Zwangsstörungen vorhersagen können. Die klinische Anwendung von PRS ist jedoch derzeit noch sehr begrenzt (Fernandez, 2025; Yang et al., 2025).

Diese genetischen Erkenntnisse erklären auch, warum Tic-Störungen häufig in Kombination mit anderen psychiatrischen Erkrankungen wie ADHS, Zwangsstörungen und Autismus-Spektrum-Störungen (ASS) auftreten. Genetische Studien zeigen eine signifikante Überlappung von Risikofaktoren, insbesondere in neuroentwicklungsbezogenen Signalwegen. So wurden gemeinsame genetische Risikoloci zwischen Tic-Störungen und ADHS/ Zwangsstörungen identifiziert, darunter TBC1D7 und LINC00461. Insbesondere Zelladhäsionsmoleküle wie Neurexine und Neuroligine spielen eine zentrale Rolle (Yang et al., 2021).

Diese Erkenntnisse deuten darauf hin, dass Tic-Störungen und ihre Begleiterkrankungen gemeinsame pathophysiologische Mechanismen teilen. Dies könnte in Zukunft zu neuen, gezielteren Therapieansätzen führen.

Neben genetischen Faktoren spielen auch epigenetische Mechanismen eine Rolle bei der Entstehung von Tic-Störungen. Dazu gehören:

- Veränderte DNA-Methylierungsmuster, die möglicherweise die Expression von für Tic-Störungen relevanten Genen beeinflussen.
- MicroRNAs (z. B. miR-429), die eine Rolle bei der Regulation von Neurodifferenzierung und synaptischer Übertragung spielen.

Erste Studien zur Epigenetik von Tic-Störungen deuten darauf hin, dass Umweltfaktoren mit genetischen Prädispositionen interagieren und zur Krankheitsentwicklung beitragen könnten. Allerdings ist weiterführende Forschung in diesem Bereich erforderlich (Ko et al., 2024).

Obwohl genetische Erkenntnisse ein besseres Verständnis von Tic-Störungen ermöglichen, ist genetisches Testen derzeit nicht Bestandteil der klinischen Diagnostik. Dies liegt an der komplexen genetischen Architektur und der noch begrenzten Aussagekraft spezifischer genetischer Varianten. Beratung auf Grundlage allgemeiner genetischer Erkenntnisse kann jedoch betroffene Familien darin unterstützen, Zusammenhänge besser zu verstehen, Sorgen einzuordnen und informierte Entscheidungen zu treffen.

### *Neurobiologische Faktoren*

Im Zentrum der pathophysiologischen Mechanismen der Tic-Störungen steht das cortico-basal-ganglia-thalamo-corticale (CBGTC) Netzwerk, das Bewegungssteuerung und motorische Kontrolle reguliert (Singer & Pellicciotti, 2025). Dysfunktionen in diesem Netzwerk führen zu einem Ungleichgewicht zwischen aktivierenden und hemmenden motorischen Regelkreisen. Infolge einer übermäßigen Aktivierung bestimmter Bewegungsprogramme bei gleichzeitig verminderter inhibitorischer Kontrolle kommt es zur unwillkürlichen Ausführung motorischer Impulse in Form von Tics. Strukturelle und funktionelle Bildgebungsstudien zeigen, dass neben

den Basalganglien auch weitere Regionen wie das Kleinhirn, die Amygdala und der präfrontale Kortex beteiligt sind. Neurowissenschaftliche Modelle versuchen, die Komplexität der Entstehung und Ausführung von Tics zu erklären. Es werden verschiedene Konzepte diskutiert, darunter eine Dysbalance zwischen direkten und indirekten Bewegungssteuerungswegen, zielgerichteten und habituellen Handlungsmustern sowie exzitatorischen und inhibitorischen Mechanismen.

#### *Direkter und indirekter Pfad der Bewegungssteuerung*

Der direkte und indirekte Pfad der Bewegungssteuerung innerhalb der Basalganglien reguliert die Initiierung und Hemmung von Bewegungen (Fujiyama et al., 2024). Während der direkte Pfad Bewegungen erleichtert, indem er hemmende Signale an den Thalamus reduziert, wirkt der indirekte Pfad bewegungshemmend, indem er diese Signale verstärkt. Ein Ungleichgewicht in diesem System – zugunsten einer Überaktivität des direkten Pfads oder einer Unteraktivität des indirekten Pfads – könnte zu einer unzureichenden Kontrolle spontaner motorischer Impulse führen und somit die Entstehung und Ausführung von Tics begünstigen.

#### *Balance zwischen zielgerichteten und habituellen Handlungsmustern*

Die Balance zwischen zielgerichteten und habituellen Handlungsmustern bestimmt, ob eine Bewegung bewusst gesteuert oder automatisch abläuft. Während zielgerichtete Bewegungen flexibel und situationsangepasst erfolgen, laufen habituelle Bewegungen automatisch und wiederholt ab. Es wird vermutet, dass Tics durch eine übermäßige Aktivierung des habituellen Systems entstehen, wodurch Bewegungen auch dann abgerufen werden, wenn sie nicht (mehr) erforderlich oder nicht intendiert sind (Friedrich et al., 2021; Paulus et al., 2022).

#### *Inhibitorische Kontrolle*

Die inhibitorische Kontrolle ist für die willentliche Unterdrückung unerwünschter Bewegungen essenziell und erfolgt über hemmende Signale aus dem präfrontalen Kortex zum Striatum und den Basalganglien. Eine Dysfunktion dieses Hemmmechanismus kann dazu führen, dass spontane Bewegungsimpulse inadäquat gehemmt werden, wodurch Tics auftreten oder ihre Intensität verstärkt wird. Besonders relevant ist in diesem Zusammenhang die Hyperaktivität der subthalamischen Kernregion, die normalerweise an der Bewegungsunterdrückung beteiligt ist, jedoch bei Tic-Störungen möglicherweise unzureichend arbeitet (Ganos et al., 2014; Petruo et al., 2019).

#### *Dysregulation von Neurotransmittersystemen*

Neurochemische Ungleichgewichte im CBGTC-Netzwerk gelten als zentrale pathophysiologische Grundlage von Tic-Störungen. Besonders betroffen sind das dopaminerge, GABAerge und glutamaterge System, deren Dysregulation die Filterfunktion und Bewegungshemmung innerhalb dieses Netzwerks beeinträchtigen kann (Buse et al., 2013; Hartmann et al., 2024). Bildgebende Studien zeigen strukturelle Veränderungen in den Basalganglien – insbesondere kleinere Volumina im Nucleus caudatus, Putamen und Globus pallidus (Peterson et al., 2003) – sowie kompensatorisch erhöhte Aktivität in frontokortikalen Arealen. Diese Befunde stützen

die Hypothese, dass Störungen an mehreren Stellen des Netzwerks zur Tic-Entstehung beitragen können.

Zunehmend rückt auch die Rolle peripherer neuroimmunologischer Prozesse in den Fokus. Hinweise auf proinflammatorische Zustände und metabolische Veränderungen deuten auf komplexe Interaktionen zwischen Neurotransmission, Immunantwort und oxidativem Stress hin. Letzterer könnte die Schwere von Tics beeinflussen. Eine aktuelle Studie (Sarchioto et al., 2024) untersuchte daher mittels Protonen-Magnetresonanzspektroskopie (<sup>1</sup>H-MRS) oxidativen Stress in der rechten frontalen weißen Substanz – einer Region, die eng mit Tic-Schwere und inhibitorischer Kontrolle verknüpft ist. Dabei fanden sich signifikant erhöhte Konzentrationen von Glutathion, einem zentralen Marker antioxidativer Aktivität. Diese Befunde sprechen für eine kompensatorische Reaktion auf erhöhten oxidativen Stress und stützen die Annahme, dass neuroinflammatorische Prozesse eine Rolle in der Pathophysiologie von Tics spielen könnten.

Therapeutische Ansätze, die auf diese pathophysiologischen Mechanismen abzielen, umfassen pharmakologische Interventionen (Roessner et al., 2021), tiefe Hirnstimulation (DBS) und repetitive transkranielle Magnetstimulation (rTMS) (Aloufi et al., 2025). Zukünftige Forschung auf diesem Gebiet wird benötigt, um die komplexen Zusammenhänge weiter aufzuklären und gezieltere Behandlungsstrategien zu entwickeln. Während die genaue neuroanatomische Ursache der Tics weiterhin unklar bleibt, unterstützt die aktuelle Evidenz die Hypothese, dass Störungen an verschiedenen Stellen des CBGTC-Netzwerks zur Entstehung von Tics beitragen können.

### *Neurobiologisch vermittelte Umweltfaktoren*

Rauchen während der Schwangerschaft und ein geringes Geburtsgewicht gelten als die am besten belegten prä- und perinatalen Risikofaktoren für die Entwicklung von Tics. Sie sind jedoch unspezifisch, d. h. sie können auch bei zahlreichen anderen neurologischen oder psychischen Störungen beobachtet werden (Chao et al., 2014; Groth, 2018). Weitaus schwieriger zu bewerten ist der Einfluss von psychosozialen Stress, was wir hier exemplarisch für die Schwierigkeiten entsprechender Forschungsarbeiten darstellen: Es können zwei mögliche Kausalzusammenhänge in Betracht gezogen werden: (a) Psychosozialer Stress könnte einerseits über eine Aktivierung der HPA-Achse sowie nachfolgende Veränderungen in der Neurotransmission und neuroimmunologischen Regulation zu einer Verschlechterung der Tic-Symptome beitragen (b) Andererseits könnte eine durch das Tourette-Syndrom bedingte Veränderung von Neurotransmission oder neuroimmunologischen Prozessen die Stressanfälligkeit der Betroffenen erhöhen, die wiederum zu einer stärkeren HPA-Aktivierung bei psychosozialen Stress führt (Buse et al., 2014). In diesem Kontext untersuchte eine umfangreiche europäische Längsschnittstudie prospektiv den Zusammenhang zwischen HPA-Achsen-Aktivität, wahrgenommenem Stress und der Entwicklung von Tics bei 259 Kindern mit familiärer Vorbelastung und damit erhöhtem Risiko für die Entwicklung von Tic-Störungen. Dabei zeigte sich, dass Kinder, die später Tics entwickelten, einen nicht-linearen Anstieg der Haarkortisolkonzentration (HCC) aufwiesen – ein Biomarker für die kumulative Aktivität

der HPA-Achse über mehrere Wochen bis Monate. Kinder, die keine Tics entwickelten, zeigten hingegen eine über den Untersuchungszeitraum hinweg konstante HCC-Kurve. Besonders hervorzuheben ist, dass erhöhte HCC-Werte in Haarproben, die zwei bis fünf Monate vor dem erstmaligen Auftreten der Tics entnommen wurden, mit einer signifikant erhöhten Wahrscheinlichkeit für das spätere Auftreten von Tics assoziiert waren. Dies spricht dafür, dass eine anhaltende Stressbelastung im Zeitraum von vier bis acht Monaten vor Symptombeginn einen relevanten Einflussfaktor für die Entstehung von Tics darstellen könnte (Rothe et al., 2023). Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch, dass hinsichtlich der Kausalität und zeitlichen Abfolge möglicher Risikofaktoren für Tic-Störungen noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

### *Psychosoziale Umweltfaktoren*

Conelea und Woods analysierten im Zuge eines systematischen Reviews mehrere Studien, die sowohl vorausgehende Auslöser als auch Konsequenzen von Tics untersuchten (Conelea & Woods, 2008). Dabei zeigte sich, dass stress-, angst- und frustrationsauslösende Ereignisse eine erhöhte Tic-Symptomatik bedingen können. Die Autoren betonen, dass es wichtig sei, nicht nur emotionale Zustände zu identifizieren, sondern die dazugehörigen Situationen näher zu explorieren. Weitere Risikofaktoren für die Zunahme der Tic-Symptomatik sind Müdigkeit, Treffen mit vielen Menschen und der Schulanfang im Herbst. In einer experimentellen Studie von Woods und Kollegen zeigten sich Gespräche über Tics als Trigger für insbesondere vokale Tics (Woods et al., 2001). Passend dazu lehrt die klinische Erfahrung, dass sowohl positive als auch negative emotionale Erregung ebenso wie Substanzen (z.B. Koffein), Schlafmangel und Müdigkeit die Tics verstärken. Diese Befunde werden durch die Ergebnisse einer aktuellen systematischen Übersichtsarbeit von Lee et al. (2024) gestützt, die die psychosozialen Erfahrungen junger Menschen mit Tic-Störung anhand von 12 qualitativen Studien mit insgesamt 190 Teilnehmenden aus verschiedenen Ländern untersuchte. Die Analyse identifiziert fünf Hauptthemen: (1) Die Belastung durch behandlungsresistentes Tourette-Syndrom, (2) die negative soziale und kulturelle Wahrnehmung von Tourette-Syndrom, (3) Selbstanpassung im sozialen Kontext, (4) Reaktionen auf verschiedene Interventionen und (5) Positivität bei der Förderung der Selbstakzeptanz. Junge Menschen mit Tourette-Syndrom erleben oft soziale Stigmatisierung, Mobbing und Missverständnisse, was zu sozialer Isolation und negativen Selbstkonzepten führen kann. Viele versuchen, ihre Tics zu unterdrücken oder sich aus sozialen Interaktionen zurückzuziehen. Interventionen wie Verhaltenstherapie und psychoedukative Programme werden als hilfreich beschrieben, allerdings werden die Erwartungen an die medizinischen Behandlungen oft als enttäuschend beschrieben. Unterstützung durch Familie, Freunde und Lehrer spielt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung positiver Bewältigungsstrategien und der Selbstakzeptanz. Die Autoren empfehlen individualisierte symptomorientierte Strategien und stärkere psychosoziale Unterstützungsangebote, um das Wohlbefinden junger Menschen mit Tourette-Syndrom zu verbessern.

## *Koexistierende Probleme bis hin zum Vollbild einer Diagnose*

Koexistierende psychiatrische Symptome bis hin zum Vollbild einer Störung treten bei Tic-Störungen sehr häufig auf. Man geht davon aus, dass beim Tourette-Syndrom in 90% der Fälle Begleitsymptomatik vorhanden ist und bei einfachen motorischen oder vokalen Tic-Störungen in 65% der Fälle (Hirschtritt et al., 2015; Yan et al., 2022). Die häufigsten komorbiden psychiatrischen Störungen sind ADHS (ca. 50% der Fälle) und Zwangsstörung (ca. 30% der Fälle). Es konnte gezeigt werden, dass Tic-Störungen teilweise die gleiche genetische Basis haben wie Zwangsstörungen, Autismus und ADHS (Yang et al., 2021). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass prä- und perinatale Faktoren, wie mütterliches Rauchen, das Risiko für Zwangserkrankungen erhöht, während pränatale Komplikationen und ein unterdurchschnittliches Geburtsgewicht ein Risiko für eine komorbide ADHS-Erkrankung darstellen können (Chao et al., 2014). ADHS-Symptome zeigen sich im Durchschnitt zwei bis drei Jahre vor Beginn erster Tics. Außerdem konnte gezeigt werden, dass ADHS verstärkt zusammen mit weiteren Verhaltensauffälligkeiten, wie Impulskontrollstörungen, Schlafproblemen, Lernschwierigkeiten, sozialen Problemen, sexuell unangebrachtem und selbstverletzendem Verhalten auftritt (Eapen et al., 2016). Zwangssymptome tauchen häufig erst zwei bis drei Jahre nach Beginn erster Tics auf (Groth et al., 2017). Die Unterscheidung zwischen komplexen Tics und Zwangshandlungen kann manchmal sehr schwierig sein (Roessner et al., 2005). Der größte Unterschied zwischen den beiden Phänomenen liegt meist in der Zweckgerichtetheit: Während Zwangshandlungen oft einem bestimmten Zweck dienen, sind komplexe Tics ungesteuerter und/oder erfüllen so gut wie keinen Zweck. So reduzieren Zwangshandlungen häufig Befürchtungen, die aus Zwangsgedanken entstehen, während Tics wie ein Schluckauf ohne Vorwarnzeichen und Ziel ausgeführt werden oder aber um die innere Spannung (Vorgefühle) zu reduzieren. In den meisten Fällen sind es nicht die Tics selbst, sondern eher die Begleitsymptomatik, die größere Probleme bedingt und die psychosoziale Beeinträchtigung der Erkrankten erhöht. Deshalb sollten die Symptome anderer Erkrankungen vordringlich behandelt werden (Roessner et al., 2021).

## **Therapeutisches Vorgehen**

### *Diagnostik*

Die Diagnostik umfasst die Anamnese, klinische Beobachtung und körperlich-neurologische Untersuchung (Robertson et al., 2017). Die Anamnese sollte dabei den Zeitraum der Schwangerschaft und Geburt mit umfassen, um einen Überblick über damalige mögliche Risikofaktoren zu bekommen. Weiterhin ist es wichtig, eine sehr genaue Anamnese der Tic-Störung selbst zu erheben: In welchem Alter begannen die ersten motorischen/vokalen Tics? Welche Tics sind bisher schon einmal aufgetreten? Welche Tics sind aktuell vorhanden? Gibt es Faktoren, die ein häufigeres oder selteneres Auftreten von Tics bedingen? Gibt es Vorgefühle, die die Tics ankündigen? Können die Tics unterdrückt werden? Wie hoch ist der Grad der Belastung, der durch die Tics entsteht? Im besten Fall sollten Tics während der Anamnese oder im

Nachhinein über Videos nachvollzogen werden können. Außerdem ist es wichtig, zusätzlich eine Fremdanamnese, beispielsweise durch die Eltern, zu erhalten. Im Laufe der Diagnostik sollten auch standardisierte Fragebogeninstrumente verwendet werden, um unter anderem den Schweregrad der Tic-Störung festzustellen. Zur Erfassung des Schweregrad haben sich die Yale-Globale-Tic-Schweregrad-Skala (Haas et al., 2021) und zur Erfassung der sensormotorischen Vorgefühle die Premonitory Urge for Tics Scale (PUTS) (Openneer et al., 2020; Roessner et al., 2010) als das jeweilige Standardinstrument international etabliert.

Wie bereits oben schon angeklungen ist, muss man koexistierende psychiatrische Symptome bis hin zum Vollbild einer Störung ausschließen, die mit Tic-ähnlichen Symptomen einhergehen. Auch müssen „neurologischere“ Bewegungsstörungen ausgeschlossen werden. Ein Beispiel für Bewegungsstörungen ist die Chorea Huntington, welche jedoch selten vor dem 30. Lebensjahr auftritt und durch eine DNA-Analyse nachgewiesen werden kann (Diener et al., 2019). Andere Beispiele für Bewegungsstörungen sind: Torticollis, Stereotypien, Chorea, Dystonien, Myoklonien, Tremor, Athetose, Akathisie und Hemiballismus (Diener et al., 2019). Inwieweit hierbei die Ableitung eines EEGs vorgenommen werden sollte, ist Gegenstand zahlreicher Diskussionen ohne überzeugendes Ergebnis.

### *Psychoedukation*

Zu Beginn jeder Therapie, also auch bei Tics im Kleinkindalter, steht die Psychoedukation. Bei Tic-Störungen inklusive Tourette-Syndrom ist diese Maßnahme überaus relevant, da ein Teil der Betroffenen selbst gar nicht so sehr durch die Tics, sondern vielmehr durch die Reaktionen ihrer Umgebung belastet ist. Da Hintergründe zu Tic-Störungen in der deutschen Gesellschaft immer noch nicht allen bekannt sind, sind die Reaktionen auf Tics sehr unterschiedlich - häufig negativ oder anklagend. Auch das Familienklima kann durch häufige und v.a. laute vokale Tics belastet werden. Vor allem wenn Eltern zu wenig Wissen zu Tic-Störungen haben, können sie nicht verstehen, warum ihre Kinder das Verhalten nicht unterlassen, obwohl sie es streckenweise unterdrücken können; so fühlen sich die Eltern provoziert. Deshalb wirken die Diagnoseerstellung und die damit einhergehende Psychoedukation für die Betroffene und Angehörige häufig bereits sehr entlastend, u.a. da sich eine Ursache für die unwillkürlichen Bewegungen und Laute und eine plausible Erläuterung für die beobachten, teilweise willentlich beeinflussbaren Schwankungen gefunden hat. Dazu können auch Lehrkräfte und Schüler/innen aufgeklärt werden, was zu einer höheren Akzeptanz im außerfamiliären Bereich führt, wodurch das Wohlbefinden des Kindes tlw. enorm gesteigert werden kann (Döpfner et al., 2009; Nussey et al., 2013).

### *Behandlung - allgemein*

Nach der Diagnostik und Psychoedukation sollte überlegt werden, ob eine Indikation für therapeutische Maßnahmen vorliegt. Dabei sollten Aspekte, wie Beeinträchtigung in der alltäglichen Funktionsfähigkeit, psychosoziale Entwicklung, zwischenmenschliche Beziehungen, Wohlbefinden und Emotionskontrollfähigkeiten berücksichtigt werden (Döpfner et al., 2009, 2024). Weist die Betrachtung dieser

Aspekte auf eine starke psychosoziale Funktionseinschränkung hin, kann dies als Indikation für eine Therapie gesehen werden. Ein weiterer Grund für den Beginn einer Behandlung können durch Tics ausgelöste, nicht nur kurzzeitige Unannehmlichkeiten, wie Schmerzen oder Verletzungen sein (Green et al., 2024). Weiterhin kann es durch Tics zu einer signifikanten Abnahme im (schulischen) Leistungsniveau kommen, beispielsweise können vokale Tics das Sprachverständnis erschweren oder die übermäßige innerliche Beschäftigung/Unterdrückung von Tics kann dauerhaft zu einer verringerten Aufmerksamkeitsleistung führen. Wenn eine Behandlung aus einem der oben genannten Gründe angezeigt und von der Familie gewünscht ist, sollte transparent vermittelt werden, dass Medikamente Tics nicht heilen, sondern sie lediglich während der Einnahme auf ein bestimmtes Niveau reduzieren können (Roessner et al., 2021). Ob eine verhaltenstherapeutische Behandlung beim einzelnen Betroffenen kurz-, mittel- und langfristig positivere Effekte als „watch and wait“ verbunden mit Psychoedukation hat, ist noch nicht abschließend geklärt.

### *Behandlung - Medikation*

Bei der medikamentösen Behandlung von Tic-Störungen ist es wichtig, ein gesundes Gleichgewicht zwischen Wirkung und Nebenwirkungen zu finden. Um dies zu erreichen und eine Überdosierung zu vermeiden, gilt es als Ziel eine Reduktion der Tics zu definieren, mit der Patient und Umfeld über einen längeren Beobachtungszeitraum „leben können“ (Roessner et al., 2021). Eine vollständige Reduktion ist oft auch bei höheren Dosen nicht zu erreichen, da Medikamente Tics im Durchschnitt um 25-50% reduzieren können (Roessner et al., 2013). Wenn sich für eine Medikation entschieden wird, sollte diese mindestens ein halbes Jahr lang verabreicht werden, bevor über eine Weiterbehandlung mit evtl. Dosisanpassung entschieden wird. (Atypische) Antipsychotika, wie Tiaprid und Aripiprazol, gelten als Medikamente der ersten Wahl, weil sie eine gute Wirkung zeigen und verhältnismäßig wenig Nebenwirkungen haben. Erwähnenswert ist, dass in Deutschland bis heute Haloperidol das einzig zugelassene Medikament zur Behandlung der Tic-Störungen ist (ab dem Alter von 10 Jahren), obwohl es aufgrund seines ungünstigeren Nutzen-Risiko-Profiles verglichen mit Tiaprid und Aripiprazol nicht (mehr) empfohlen wird. Typische Nebenwirkungen sind Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und Appetitsteigerung tlw. gefolgt von Gewichtszunahme (Roessner et al., 2021).

### *Behandlung - Verhaltenstherapeutische Ansätze*

Es gibt unterschiedliche verhaltenstherapeutische Ansätze. Zunächst fällt auf, dass Betroffene auch ohne Anleitung/Behandlung von sich aus verschiedene Strategien verwenden und ausbauen, um Tics zu verringern, wie beispielsweise Entspannung und Stressreduktion. Außerdem versuchen Betroffene oft, ihre Tics so gut wie möglich in einen natürlichen Verhaltensablauf zu integrieren, sodass die Tics von außen weniger als solche erkennbar sind. Ein wichtiger Aspekt für einen funktionaleren Umgang mit Tics ist die Sensibilisierung für die Vorgefühle (Döpfner et al., 2009). Die Fähigkeit, Vorgefühle zu erkennen und damit potentiell die Kontrollierbarkeit zu steigern, nimmt zwar mit steigendem Alter zu (Banaschewski et al., 2003), dennoch helfen Strategien zur Selbstbeobachtung diesen „natürlichen Prozess“ zu

beschleunigen bzw. bei einigen ihn überhaupt anzustoßen. Ebenfalls hilfreich können Selbstinstruktionen und selbstständige Verstärkung von erfolgreicher Verhaltensweisen zur Unterdrückung von Tics sein (Döpfner et al., 2009). Ein weiterer Baustein wirksamer Interventionsprogramme bei Tics wie z.B. dem Comprehensive Behavioral Intervention (CBIT)-Training, ist das „habit reversal training“ (HRT) (Morand-Beaulieu et al., 2024). Im Fokus dieser Intervention stehen neben den schon erwähnten Komponenten wie Selbstwahrnehmungstraining, das Trainieren einer muskulären Gegenreaktion zu den Tics. Ein Beispiel dafür wäre das „Zusammenpressen der Lippen“ bei dem Tic „Nase rümpfen“ (Döpfner et al., 2009). Die Gegenreaktion sollte zunächst im therapeutischen Setting eingeübt und dann in den Alltag mit dem Ziel der Automation übertragen werden. Es konnte in vielen Studien gezeigt werden, dass das HRT bei Tics und anderen ähnlichen Störungen wirksam ist (Morand-Beaulieu et al., 2024). HRT kann außerdem noch mit Entspannungsverfahren, wie progressiver Muskelrelaxation nach Jacobsen, kombiniert werden, um Stress zu reduzieren (Döpfner et al., 2009). Zuletzt ist gerade bei Kindern und Jugendlichen trotz geäußerter Therapiemotivation ein Kontingenztraining zur Unterstützung des Transfers in den Alltag und das Entstehen eines Automatismus aus „wahrgenommenes Vorgefühl – motorische Gegenreaktion“ notwendig.

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine differenzierte Diagnostik und eine strukturierte Psychoedukation die unverzichtbare Grundlage jeder Behandlung von Tic-Störungen bilden. Die Entscheidung über therapeutische Maßnahmen sollte stets individuell getroffen werden – orientiert an der funktionellen Beeinträchtigung, dem subjektiven Leidensdruck sowie möglichen komorbiden Störungen. Verhaltenstherapeutische Verfahren, insbesondere das Habit-Reversal-Training im Rahmen multimodaler Programme, gelten als evidenzbasiert wirksam und sollten – sofern verfügbar – primär eingesetzt werden. Eine medikamentöse Therapie kann bei stark ausgeprägter Symptomatik oder unzureichender Wirksamkeit anderer Maßnahmen eine sinnvolle Ergänzung darstellen, wobei Nutzen und potenzielle Nebenwirkungen stets sorgfältig abzuwägen sind.

## Literaturverzeichnis:

- Aloufi, A. K., Zahhar, J. A., Bader, M. W., Almutairi, M. B., Alaaldeen, A., Hetta, O. E., Gammash, A. M., Almontashiri, S., Binrabaa, I. S., Alsaleh, A., & AlSalem, M. (2025). Tourette syndrome and brain stimulation therapy: A systematic review and meta-analysis of current evidence. *Frontiers in Psychiatry*, *16*, 1478503. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2025.1478503>
- Banaschewski, T., Woerner, W., & Rothenberger, A. (2003). Premonitory sensory phenomena and suppressibility of tics in Tourette syndrome: Developmental aspects in children and adolescents. *Developmental medicine and child neurology*, *45*(10), 700–703.
- Black, K. J., Kim, S., Yang, N. Y., & Greene, D. J. (2021). Course of tic disorders over the lifespan. *Current Developmental Disorders Reports*, *8*(2), 121–132. <https://doi.org/10.1007/s40474-021-00231-3>
- Brandt, V., Otte, J.-H., Fremer, C., Jakubovski, E., & Müller-Vahl, K. (2023). Non-just-right experiences are more closely related to OCD than tics in Tourette patients. *Scientific Reports*, *13*(1), 19627. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37658-0>
- Buse, J., Kirschbaum, C., Leckman, J. F., Münchau, A., & Roessner, V. (2014). The Modulating Role of Stress in the Onset and Course of Tourette's Syndrome: A Review. *Behavior Modification*, *38*(2), 184–216. <https://doi.org/10.1177/0145445514522056>
- Buse, J., Schoenefeld, K., Münchau, A., & Roessner, V. (2013). Neuromodulation in Tourette syndrome: Dopamine and beyond. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *37*(6), 1069–1084. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.10.004>
- Cavanna, A. E., Purpura, G., Riva, A., & Naciovich, R. (2024). Co-morbid tics and stereotypies: A systematic literature review. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, *45*(2), 477–483. <https://doi.org/10.1007/s10072-023-07095-y>
- Chao, T.-K., Hu, J., & Pringsheim, T. (2014). Prenatal risk factors for Tourette Syndrome: A systematic review. *BMC Pregnancy and Childbirth*, *14*(1), 53. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-14-53>
- Conelea, C. A., & Woods, D. W. (2008). The influence of contextual factors on tic expression in Tourette's syndrome: A review. *Journal of Psychosomatic Research*, *65*(5), 487–496. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2008.04.010>

- Diener, H.-C., Steinmetz, H., Kastrup, O., Alonso, A., Arendt, G., Axer, H., Barow, E., Bauer, S., Bäumer, T., Baumung, L., Beck, J., Becktepe, J. S., Berlit, P., Bingel, U., Bischoff, C., Bohlen, S., Buchner, H., Burger, M., Buttman, M., ... Zwergal, A. (2019). *Referenz Neurologie* (2019. Aufl.). Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-006-163224>
- Ding, Q., Woods, D. W., Xu, W., Zhao, Y., Shen, S., & Sun, J. (2024). Exploring the psychometric properties of the premonitory urge for tics scale (PUTS) and its association with psychiatric symptoms in Chinese children with tic disorders. *BMC Pediatrics*, *24*(1), 341. <https://doi.org/10.1186/s12887-024-04801-3>
- Döpfner, M., Roessner, V., Woitecki, K., & Rothenberger, A. (2009). *Tic-Störungen: Leitfaden Kinder- und Jugendpsychotherapie* (12010. Aufl.). Hogrefe Verlag.
- Döpfner, M., Roessner, V., Woitecki, K., & Rothenberger, A. (2024). *Ratgeber Tics: Informationen für Betroffene, Eltern, Lehrkräfte und weitere Bezugspersonen*. Hogrefe Verlag.
- Eapen, V., Cavanna, A. E., & Robertson, M. M. (2016). Comorbidities, Social Impact, and Quality of Life in Tourette Syndrome. *Frontiers in Psychiatry*, *7*, 97. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00097>
- Fernandez, T. V. (2025). Genetics of Tourette Syndrome. *The Psychiatric Clinics of North America*, *48*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2024.08.002>
- Friedrich, J., Spaleck, H., Schappert, R., Kleimaker, M., Verrel, J., Bäumer, T., Beste, C., & Münchau, A. (2021). Somatosensory perception-action binding in Tourette syndrome. *Scientific Reports*, *11*(1), 13388. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92761-4>
- Fujiyama, F., Karube, F., & Hirai, Y. (2024). Globus pallidus is not independent from striatal direct pathway neurons: An up-to-date review. *Molecular Brain*, *17*(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s13041-024-01107-4>
- Ganos, C., Edwards, M. J., & Müller-Vahl, K. (2016). “I swear it is Tourette’s!”: On functional coprolalia and other tic-like vocalizations. *Psychiatry Research*, *246*, 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.10.021>
- Ganos, C., Kahl, U., Brandt, V., Schunke, O., Bäumer, T., Thomalla, G., Roessner, V., Haggard, P., Münchau, A., & Kühn, S. (2014). The neural correlates of tic inhibition in Gilles de la Tourette syndrome. *Neuropsychologia*, *65*, 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.007>

- Green, B., Waters, A., & Jimenez-Shahed, J. (2024). Pain in Tourette Syndrome: A Comprehensive Review. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*.  
<https://doi.org/10.1089/cap.2024.0025>
- Groth, C. (2018). Tourette syndrome in a longitudinal perspective. Clinical course of tics and comorbidities, coexisting psychopathologies, phenotypes and predictors. *Danish Medical Journal*, 65(4).
- Groth, C., Mol Debes, N., Rask, C. U., Lange, T., & Skov, L. (2017). Course of Tourette Syndrome and Comorbidities in a Large Prospective Clinical Study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 56(4), 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.01.010>
- Haas, M., Jakubovski, E., Fremer, C., Dietrich, A., Hoekstra, P. J., Jäger, B., Müller-Vahl, K. R., & EMTICS Collaborative Group. (2021). Yale Global Tic Severity Scale (YGTSS): Psychometric Quality of the Gold Standard for Tic Assessment Based on the Large-Scale EMTICS Study. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 626459. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.626459>
- Hartmann, A., Andrén, P., Atkinson-Clement, C., Czernecki, V., Delorme, C., Mol Debes, N., Morand-Beaulieu, S., Müller-Vahl, K., Paschou, P., Szejko, N., Topaloudi, A., & Black, K. J. (2024). Tourette syndrome research highlights from 2023. *F1000Research*, 13, 677.  
<https://doi.org/10.12688/f1000research.150931.2>
- Hirschtritt, M. E., Lee, P. C., Pauls, D. L., Dion, Y., Grados, M. A., Illmann, C., King, R. A., Sandor, P., McMahon, W. M., Lyon, G. J., Cath, D. C., Kurlan, R., Robertson, M. M., Osiecki, L., Scharf, J. M., Mathews, C. A., & Tourette Syndrome Association International Consortium for Genetics. (2015). Lifetime prevalence, age of risk, and genetic relationships of comorbid psychiatric disorders in Tourette syndrome. *JAMA Psychiatry*, 72(4), 325–333.  
<https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2014.2650>
- Ko, Y. K., Chi, S., Nam, G.-H., Baek, K.-W., Ahn, K., Ahn, Y., Kang, J., Lee, M.-S., & Gim, J.-A. (2024). Epigenome-wide Association Study for Tic Disorders in Children: A Preliminary Study in Korean Population. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience: The Official Scientific Journal of the Korean College of Neuropsychopharmacology*, 22(2), 295–305.  
<https://doi.org/10.9758/cpn.23.1099>
- Leckman, J. F., Zhang, H., Vitale, A., Lahnin, F., Lynch, K., Bondi, C., Kim, Y. S., & Peterson, B. S. (1998). Course of tic severity in Tourette syndrome: The first two decades. *Pediatrics*, 102(1 Pt 1), 14–19.

- Morand-Beaulieu, S., Szejko, N., Fletcher, J., & Pringsheim, T. (2024). Behavioural Therapy for tic disorders: A comprehensive review of the literature. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 24(12), 1181–1191. <https://doi.org/10.1080/14737175.2024.2405740>
- Nilles, C., Amorelli, G., Pringsheim, T. M., & Martino, D. (2023). „Unvoluntary“ Movement Disorders: Distinguishing between Tics, Akathisia, Restless Legs, and Stereotypies. *Seminars in Neurology*, 43(1), 123–146. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1764164>
- Nilles, C., Martino, D., Fletcher, J., & Pringsheim, T. (2023). Have We Forgotten What Tics Are? A Re-Exploration of Tic Phenomenology in Youth with Primary Tics. *Movement Disorders Clinical Practice*, 10(5), 764–773. <https://doi.org/10.1002/mdc3.13703>
- Nussey, C., Pistrang, N., & Murphy, T. (2013). How does psychoeducation help? A review of the effects of providing information about Tourette syndrome and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Child: Care, Health and Development*, 39(5), 617–627. <https://doi.org/10.1111/cch.12039>
- Openneer, T. J. C., Tárnok, Z., Bognar, E., Benaroya-Milshtein, N., Garcia-Delgar, B., Morer, A., Steinberg, T., Hoekstra, P. J., Dietrich, A., & and the EMTICS collaborative group. (2020). The Premonitory Urge for Tics Scale in a large sample of children and adolescents: Psychometric properties in a developmental context. An EMTICS study. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 29(10), 1411–1424. <https://doi.org/10.1007/s00787-019-01450-1>
- Paszek, J., Pollok, B., Biermann-Ruben, K., Müller-Vahl, K., Roessner, V., Thomalla, G., Robertson, M. M., Orth, M., Schnitzler, A., & Münchau, A. (2010). Is it a tic?—Twenty seconds to make a diagnosis. *Movement Disorders*, 25(8), 1106–1108.
- Paulus, T., Beste, C., & Münchau, A. (2022). Chapter Five—Perception-action integration in Gilles de la Tourette syndrome. In M. E. Lavoie & A. E. Cavanna (Hrsg.), *International Review of Movement Disorders* (Bd. 4, S. 127–160). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.irmvd.2021.11.007>
- Peterson, B. S., Thomas, P., Kane, M. J., Scahill, L., Zhang, H., Bronen, R., King, R. A., Leckman, J. F., & Staib, L. (2003). Basal Ganglia volumes in patients with Gilles de la Tourette syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 60(4), 415–424. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.60.4.415>
- Petruo, V., Bodmer, B., Brandt, V. C., Baumung, L., Roessner, V., Münchau, A., & Beste, C. (2019). Altered perception-action binding modulates inhibitory control in Gilles de la Tourette syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 60(9), 953–962. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12938>

- Robertson, M. M., Eapen, V., Singer, H. S., Martino, D., Scharf, J. M., Paschou, P., Roessner, V., Woods, D. W., Hariz, M., Mathews, C. A., Črnčec, R., & Leckman, J. F. (2017). Gilles de la Tourette syndrome. *Nature Reviews. Disease Primers*, *3*, 16097. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.97>
- Roessner, V., Becker, A., Banaschewski, T., & Rothenberger, A. (2005). Tic disorders and obsessive compulsive disorder: Where is the link? *Journal of Neural Transmission. Supplementum*, *69*, 69–99.
- Roessner, V., Eichele, H., Stern, J. S., Skov, L., Rizzo, R., Debes, N. M., Nagy, P., Cavanna, A. E., Termine, C., Ganos, C., Münchau, A., Szejko, N., Cath, D., Müller-Vahl, K. R., Verdellen, C., Hartmann, A., Rothenberger, A., Hoekstra, P. J., & Plessen, K. J. (2021). European clinical guidelines for Tourette syndrome and other tic disorders—Version 2.0. Part III: pharmacological treatment. *European Child & Adolescent Psychiatry*. <https://doi.org/10.1007/s00787-021-01899-z>
- Roessner, V., Hoekstra, P. J., & Rothenberger, A. (2011). Tourette's disorder and other tic disorders in DSM-5: A comment. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *20*(2), 71–74. <https://doi.org/10.1007/s00787-010-0143-3>
- Roessner, V., Müller-Vahl, K., & Neuner, I. (2010). PUTS- premonitory urge tics scale: Fragebogen für Kinder. In *Tourette-Syndrom und andere Tic-Erkrankungen im Kindes- und Erwachsenenalter* (1. Aufl.). MWV Medizinische Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Roessner, V., Schoenefeld, K., Buse, J., Bender, S., Ehrlich, S., & Münchau, A. (2013). Pharmacological treatment of tic disorders and Tourette Syndrome. *Neuropharmacology*, *68*, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2012.05.043>
- Rothe, J., Buse, J., Uhlmann, A., Bodmer, B., Kirschbaum, C., Hoekstra, P. J., Dietrich, A., Roessner, V., & EMTICS Collaborative Group. (2023). Hair Cortisol and Perceived Stress-Predictors for the Onset of Tics? A European Longitudinal Study on High-Risk Children. *Biomedicines*, *11*(6), 1561. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061561>
- Sarchioto, M., Howe, F., Morgante, F., Stern, J., Edwards, M. J., & Martino, D. (2024). Magnetic resonance spectroscopy reveals evidence of brain oxidative stress in Tourette syndrome. *Parkinsonism & Related Disorders*, *128*. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2024.107154>
- Schappert, R., Verrel, J., Brügge, N. S., Li, F., Paulus, T., Becker, L., Bäumer, T., Beste, C., Roessner, V., Fudickar, S., & Münchau, A. (2024). Automated Video-Based Approach for the Diagnosis of

- Tourette Syndrome. *Movement Disorders Clinical Practice*, 11(9), 1136–1140.  
<https://doi.org/10.1002/mdc3.14158>
- Senberg, A., Münchau, A., Münte, T., Beste, C., & Roessner, V. (2021). Swearing and coprophenomena—A multidimensional approach. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 126, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.03.016>
- Singer, H. S., & Pellicciotti, J. (2025). The Role of CBGTC Synaptic Neurotransmission in the Pathophysiology of Tics. *The Psychiatric Clinics of North America*, 48(1), 203–216.  
<https://doi.org/10.1016/j.psc.2024.09.004>
- Striley, C., Black, K. J., Chichetto, N. E., & Vagelakos, L. (2024). Door-to-door Video-Enhanced Prevalence Study of Tourette Disorder Among African Americans. *Evidence-Based Practice in Child and Adolescent Mental Health*, 9(2), 281–295.  
<https://doi.org/10.1080/23794925.2023.2253544>
- Woods, D. W., Watson, T. S., Wolfe, E., Twohig, M. P., & Friman, P. C. (2001). Analyzing the Influence of Tic-Related Talk on Vocal and Motor Tics in Children with Tourette's Syndrome. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 34(3), 353–356. <https://doi.org/10.1901/jaba.2001.34-353>
- Xiong, Y., O'Brien, M., Yang, W., Zang, X., Bao, W., & Xu, G. (2024). Prevalence of Tourette syndrome among children and adolescents in the United States, 2016-2022. *BMC Public Health*, 24(1), 2699. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20216-2>
- Yan, J., Deng, H., Wang, Y., Wang, X., Fan, T., Li, S., Wen, F., Yu, L., Wang, F., Liu, J., Wu, Y., Zheng, Y., Cui, Y., & Li, Y. (2022). The Prevalence and Comorbidity of Tic Disorders and Obsessive-Compulsive Disorder in Chinese School Students Aged 6–16: A National Survey. *Brain Sciences*, 12(5), 650. <https://doi.org/10.3390/brainsci12050650>
- Yang, C.-S., Yang, N., Hao, Z.-L., Yu, D., & Zhang, L.-L. (2025). Genetic architecture of tic disorders: A systematic review of 125 observational studies. *Journal of Psychiatric Research*, 184, 65–77.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2025.02.047>
- Yang, Z., Wu, H., Lee, P. H., Tsetsos, F., Davis, L. K., Yu, D., Lee, S. H., Dalsgaard, S., Haavik, J., Barta, C., Zayats, T., Eapen, V., Wray, N. R., Devlin, B., Daly, M., Neale, B., Børglum, A. D., Crowley, J. J., Scharf, J., ... Paschou, P. (2021). Investigating Shared Genetic Basis Across Tourette Syndrome and Comorbid Neurodevelopmental Disorders Along the Impulsivity-Compulsivity Spectrum. *Biological Psychiatry*, 90(5), 317–327.  
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2020.12.028>

Zeitlin, H., Robertson, M., Hornsey, H., & Banerjee, S. (2001). The prevalence of Tourette syndrome in 13-14-year-olds in mainstream schools. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42(8), 1035–1039.