

<sup>1</sup> Deutsche Schlaganfallgesellschaft, Berlin

<sup>2</sup> Neurologische Abteilung, Asklepios Klinik Altona, Hamburg

<sup>3</sup> Klinik für Neurologie und Neurophysiologie, Asklepios Fachklinikum Teupitz, Teupitz

<sup>4</sup> Neurologische Klinik, HSK Dr. Horst Schmidt Klinik, Wiesbaden

<sup>5</sup> Klinik für Gefäßchirurgie, Klinikum Stuttgart – Katharinenhospital, Stuttgart

<sup>6</sup> Neuroradiologie, Universität Kiel, Kiel

<sup>7</sup> Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig

<sup>8</sup> Klinik für Neurologie, Klinikum Fulda, Fulda

<sup>9</sup> Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Dresden

<sup>10</sup> Neurologische Universitätsklinik, Münster

# Interdisziplinäres neurovaskuläres Netzwerk

## Eine neue Struktur zur Versorgung von Schlaganfällen und anderen Hirngefäßerkrankungen in Deutschland

### Definition

Das „neurovaskuläre Netzwerk“ ist eine überregionale Versorgungsstruktur, in der alle Patienten mit neurovaskulären Erkrankungen, auch seltenen Entitäten, interdisziplinär auf hohem Niveau unter besonderer Berücksichtigung innovativer Therapiekonzepte versorgt werden können. Das vorliegende Konzept geht davon aus, dass für eine sichere Zukunft der Versorgung neurovaskulärer Erkrankungen die enge Kooperation unter den Neuro-Fächern essenziell ist. Nach wie vor bleiben die zertifizierten Stroke-Units das Rückgrat der Schlaganfallversorgung. Grundlage eines neurovaskulären Netzwerks (NVN) ist somit eine verstärkte interdisziplinäre Vernetzung. Ein NVN besteht aus einem koordinierenden Zentrum mit überregionaler Stroke-Unit, einer neurochirurgischen, neuroradiologischen und gefäßchirurgischen Abteilung sowie weiteren Einrichtungen zur Versorgung komplexer Schlaganfallpatienten und fest eingebundenen Netz-

werkkliniken mit klaren Zuweisungs- und Besprechungsregeln.

### Präambel

Die Entwicklung der Stroke-Units in Deutschland seit Mitte der 1990iger Jahre ist eine Erfolgsgeschichte ohne Gleichen. Mithilfe eines modernen und professionellen Zertifizierungsverfahrens ist es gelungen, nicht nur die Anzahl und Größe der Stroke-Units, sondern auch ihre Qualität kontinuierlich weiter zu steigern. Entsprechend dem Versuch einer Regionalisierung der Schlaganfallversorgung wurden überregionale und regionale Stroke-Units definiert. Beide Stroke-Unit-Typen verfügen über alle evidenzbasierten Erfordernisse der modernen Schlaganfalldiagnostik und -therapie. Sie unterscheiden sich allerdings durch unterschiedlich hohe Anforderungen an Infrastruktur, Personaldichte und Leistungsangebot. Eine enge Kooperation zwischen überregionalen und regionalen Stroke-Units wird vorausgesetzt, obwohl eine echte „Regio-

nalisation“ bislang nur punktuell umgesetzt wurde. Der Grund dafür ist, dass für die Zertifizierung bisher kein politisches Mandat existiert (Ausnahme Baden-Württemberg und Saarland). Ganz unabhängig von der Zertifizierung haben aber die meisten Bundesländer Krankenhausbedarfspläne für Stroke-Units entwickelt. Es ist bemerkenswert, dass die von den jeweiligen Sozialministerien anerkannten Stroke-Units fast ausnahmslos den von der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft (DSG) und dem akkreditierten Zertifizierungsunternehmen LGA Intercert – mit Unterstützung der Stiftung Deutsche Schlaganfall-Hilfe (SDSH) – zertifizierten Stroke-Units entsprechen.

Derzeit werden in Deutschland etwa 70% aller akuten Schlaganfälle in Kliniken mit zertifizierten Stroke-Units versorgt. Strategien für die zukünftige Entwicklung der Schlaganfallversorgung in Deutschland gehen deshalb dahin, noch mehr zertifizierte Stroke-Unit-Betten in Deutschland zu etablieren, um einer flächendeckenden Versorgung nahezu

## Infobox 1 Merkmale eines neurovaskulären Netzwerks

### I. Infrastruktur eines interdisziplinären, neurovaskulären, koordinierenden Zentrums im Netzwerk

- **Neurologische Klinik**
    - Stroke-Unit („zertifizierte überregionale Stroke-Unit“)
    - Eigenständige neurologische Intensivstation (s. unten)
    - Gefäßambulanz/Gerinnungsambulanz
    - Organisierte Rehabilitations- und Nachsorgekonzept
    - Kontinuierliche neurologische Präsenz in einer interdisziplinären Notaufnahme
  - **Neuroradiologie** (Klinik, Abteilung, Sektion) in demselben Haus
    - Schnittbilddiagnostik (CT, MRT, 24/7)
    - Sämtliche angiographische Diagnostik (24/7)
    - Kathetergestützte Interventionen (24/7)
    - Teleradiologische Konsultationsmöglichkeiten
  - **Neurochirurgie** (Klinik, Abteilung) in demselben Haus
    - Eigenständiger neurochirurgischer Intensivbereich
    - Evakuierungstechniken von Massenblutungen (intrazerebrale Blutung; 24/7)
    - Aneurysma-Clipping (24/7)
    - Ventrikuläre Liquordrainage (24/7)
    - Versorgung von Angiomen, Kavernen, AV-Fisteln
  - **Klinik für Kardiologie** (mit/ohne Angiologie) in demselben Haus
    - TEE- und TTE-Labor (24/7)
    - Herzkatheterlabor (24/7)
    - Ggf. angiologische (Gefäß-)Ambulanz
  - **Gefäßchirurgie** (Klinik, Abteilung, Sektion) in demselben Haus
    - Revascularisationen an der extrakraniellen Karotis, elektiv und als Notfall (24/7)
    - Gefäßambulanz
  - **Weitere infrastrukturelle Voraussetzungen**
    - Überregionales Netzwerk mit eigener Geschäftsordnung
    - Ggf. telemedizinische Versorgungsstruktur
    - Studienzentrum für klinische Studien im Netzwerk
    - Wissenschaftliche Infrastruktur zum Thema neurovaskulärer Krankheiten
- Spezielle ophthalmologisch-vaskuläre Kompetenz
- Strahlenchirurgie im Netzwerk
  - Hämostaseologische Kompetenz

### II. Typische Erkrankungen und Prozeduren, die im koordinierenden Zentrum versorgt werden

- **Intrakranielle Gefäßverschlüsse**
  - Bridging-Lyse
  - Thrombusextraktion
  - Angioplastie mit Stenting
  - Maligner Mediainfarkt (Hemikraniektomie)
  - Raumfordernder Kleinhirninfarkt (operative Entlastung)
- **Symptomatische und asymptomatische Stenosen extra- und intrakranieller Hirnarterien**
  - „Best medical treatment“
  - Gefäßchirurgische Therapie
  - Endovaskuläre/interventionelle Therapie
- **Intrazerebrale Blutungen**
  - Hämatomevakuierung
  - Verfahren zur Hämatomverflüssigung (nur in klinischen Studien)
  - Spezifische neurointensive Therapie

kommen. Allerdings geht der Trend eher zu größeren Einheiten als zu dem Aufbau neuer, kleiner Stroke-Units, um die Schlaganfallexpertise zu bündeln, positive Mengeneffekte zu nutzen und eine günstigere Deckung der Vorhaltekosten zu erreichen. Größere Einheiten haben auch den Vorteil, dass hier nicht nur Schlaganfälle, sondern alle neurovaskulären Erkrankungen auf sehr hohem Niveau versorgt werden. Vereinzelt existieren in Deutschland bereits Netzwerke, die trotz relativ niedrigem Organisationsgrad infolge medizinischer Notwendigkeiten erfolgreich „gelebt“ werden. In Zukunft sollen mehr neurovaskuläre Netzwerke mit vordefinierten Zuständigkeiten institutionalisiert werden.

Die folgenden Ausführungen sind mit den Vorständen der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft (DSG), der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC), der Deutschen Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR) und der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie (DGG) abgestimmt.

Durch intensive Bemühungen der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft ist die Schlaganfallversorgung auf den deutschen Stroke-Units im DRG („diagnosis related groups“-)System gut abgebildet, sodass von den Krankenhausträgern strukturelle und personelle Ressourcen für eine Schlaganfallversorgung auf hohem Niveau bereitgestellt werden können. Eine solche Behandlung von Schlaganfällen und anderer Hirngefäßerkrankungen lässt sich heutzutage im Spannungsfeld von Effektivität und Aufwand nur durch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit derjenigen Fachgebiete gewährleisten, die neurovaskuläre Erkrankungen versorgen. Dazu gehören im Wesentlichen die Fachgebiete Neurologie, Neurochirurgie, Neuroradiologie, Gefäßchirurgie, Kardiologie und andere (z. B. Neuroophthalmologie, Strahlentherapie, Angiologie, Hämostaseologie). Naturgemäß sind diese Kooperationsmöglichkeiten in großen Kliniken mit überregionaler Stroke-Unit eher gegeben als in kleineren Kliniken mit einer regionalen Stroke-Unit.

Große Kliniken mit der Vorhaltung aller relevanten Fachdisziplinen, die sich an der Versorgung neurovaskulärer Erkrankungen beteiligen, sehen sich durch

## Infobox 1 Merkmale eines neurovaskulären Netzwerks (Fortsetzung)

- **Subarachnoidalblutungen (Aneurysma)**
    - Fachspezifische intensivmedizinische Überwachung und Therapie (u. a. Triple-H-Therapie, US-Monitoring der Spasmen, Nimodipin-Therapie, Blutdruck-Monitoring)
    - Endovaskuläre Aneurysmathherapie (Coiling und Stenting)
    - Neurochirurgisches Aneurysma-Clipping
  - **Subarachnoidalblutung anderer Genese** (z. B.urale Fistel)
  - **Arteriovenöse Malformationen und andere Gefäßfehlbildungen** (Kavernome, urale AV-Fisteln)
    - Konservative Therapie
    - Endovaskulär-interventionelle Therapie
    - Chirurgische Therapie
    - Radiochirurgie
  - **Vaskulitis**
    - Nichtinvasive und invasive Gefäßdiagnostik (DSA)
    - Hirnbiopsie; Temporalisbiopsie (andere Biopsien) ■
- Immunsuppressive Therapie (Steroide, Cyclophosphamid) mit Therapie-Monitoring
- **Genetische und erworbene zerebrale Mikroangiopathien**
    - Spezifische Diagnostik
    - „Best medical treatment“
  - **Nichtrupturierte („innozenente“) Aneurysmen** (Therapie konservativ, endovaskulär, neurochirurgisch)
  - **Extra- und intrakranielle spontane und traumatische Dissektionen**
  - **Sinus- und Hirnvenenthrombosen**

## III. Qualitäts- und Strukturmerkmale eines interdisziplinären, neurovaskulären, koordinierenden Zentrums im Netzwerk

(Vorgaben der jeweiligen Fachgesellschaft in Absprache mit der Arbeitsgruppe Neurovaskuläre Netzwerke)

- **Neurologie**
  - Speziell ausgerüstetes neurovaskuläres Ultraschalllabor (DEGUM-Zertifikat)
  - Anbindung an interne und/oder externe neurovaskulär spezialisierte Rehaeinrichtungen
  - Spezialambulanzen oder andere ambulante Versorgungseinrichtungen (z. B. für Gefäße, Gerinnung, Genetik, Stoffwechsel) im Netzwerk
  - Stroke-Study-Nurse
  - Nachsorgestrukturen (z. B. Tagesklinik, Ambulanz, Runder Tisch)
  - Einbindung von Selbsthilfegruppen
- **Neuroradiologie**
  - Eigenständige Versorgungsstruktur (Klinik, Abteilung, Sektion) in demselben Haus
  - Leitung durch einen zertifizierten interventionellen Neuroradiologen (DGNR-Zertifikat)
  - Technische Voraussetzungen: Biplanare Neuroangiographie mit 3-D-Rot
  - CT/CTA/CTP verfügbar 24/7
  - Multimodales Schlaganfall-MRT 24/7
- **Gefäßchirurgie** (siehe auch Anforderungen an ein interdisziplinäres Gefäßzentrum der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie, für Angiologie und der Deutschen Röntgen-Gesellschaft). Gemäß eines Beschlusses des Vorstands der DGG:
  - Empfohlene Mindestpersonalstärke: Fachärzte/Fachärztinnen Gefäßchirurgie  $\geq 3$
  - $\geq 800$  Patienten mit Gefäßerkrankungen (ambulant und stationär, davon  $\geq 600$  mit arteriellen Gefäßerkrankungen pro Jahr)
  - Mindestmengen:
    - 50 Operationen der A. carotis (pro Jahr)
    - Weiterbildungsbefugnis für Gefäßchirurgie
    - Teilnahme an Qualitätssicherungsmodulen und weiteren Qualitätssicherungsprojekten der DGG
    - Schriftliche interne Leitlinien/Klinikpfade für Karotisrekonstruktionen
- **Interdisziplinäre neurovaskuläre Gefäßkonferenz** (mindestens einmal/Woche)

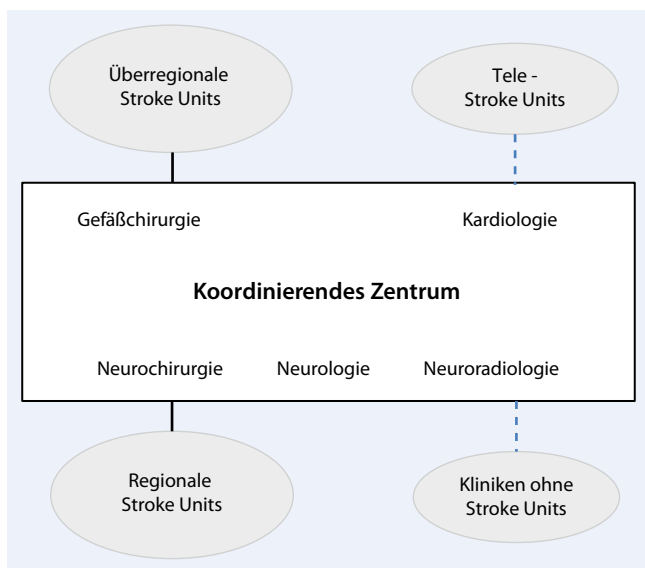
die Zertifizierung ihrer überregionalen Stroke-Units oft nicht mehr ausreichend nach außen abgebildet und streben analog zum Vorbild der Gefäß-, Darm- und Tumorzentren eine Zentren- und ggf. Netzwerkbildung für die Schlaganfallversorgung an – mitunter auch aus Konkurrenzgründen. Dieser Wunsch hat bereits dazu geführt, dass Universitäts- und große kommunale Krankenhäuser ein sog. „Schlaganfallzentrum“ zertifizieren ließen. Weitere Bestrebungen, solche übergeordneten Kompetenzzentren zu etablieren, sind in Deutschland eindeutig erkennbar. Die Befürchtung ist begründet, dass manche dieser Kliniken Diagnoseverfahren und hochspezialisierte therapeutische Eingriffe bei Patienten mit neurovaskulären Erkrankungen vornehmen, ohne dass eine genügende Fallzahl und umfassende Expertise vorliegen. Beim derzeitigen Abrechnungssystem in Deutschland dürften in solchen Konstellationen auch ökonomische Gründe eine Rolle spielen.

Die Deutsche Schlaganfall-Gesellschaft hat diese schwierige Situation frühzeitig erkannt und stellt fest, dass es den regionalen, teilweise auch den überregionalen Stroke-Units aus strukturellen, personellen oder ökonomischen Gründen nicht immer möglich ist, aktuell erforderliche und zukünftige innovative Therapiemöglichkeiten zu etablieren. Beispielfhaft genannt seien die rekanalisierenden, interventionellen Therapieverfahren, die sich in den letzten Jahren eindrucksvoll weiterentwickelt haben, aber wegen des erheblichen Ressourcenverbrauchs nur in größeren Kliniken mit hohen Fallzahlen und nach interdisziplinärer Entscheidung angewendet werden sollten. In kleineren Stroke-Unit-Einheiten stehen diese endovaskulären Therapieverfahren nicht 24/7 (24 h/7 Tage) zur Verfügung, sodass gerade schwere Schlaganfälle (z. B. Karotis-T-Verschluss, Basilarisarterienverschluss u. a.) dort nicht optimal oder nur zeitlich verzögert behandelt werden können. Dies gilt aber auch für andere noch experimentelle Therapien und für seltene, mitunter komplexe Hirngefäßerkrankungen, z. B. bei Kindern mit Moya-Moya-Erkrankung oder bei Gerinnungsstörungen. Insbesondere gilt dieser Vorbehalt für asymptomatische, neurovaskuläre Erkrankungen, bei denen die therapeutische Entscheidung

**Infobox 1** Merkmale eines neurovaskulären Netzwerks (Fortsetzung)

**IV. Fachübergreifende Infrastruktur des NVN**

- Gemeinsame Behandlungsleitlinien (konsentiert und hinterlegt)
- Gemeinsames Qualitätsmanagement
- Regelmäßige gemeinsame Fortbildungsveranstaltungen
- Teilnahme an internationalen Therapiestudien (insbesondere im Hinblick auf die mechanische Thrombektomie, die nicht evidenzbasiert ist)
- Vernetzung mit Datenbanken
- Andere wissenschaftliche Aktivitäten (z. B. Kompetenznetze etc.)
- Regelmäßige interdisziplinäre Fall- und Morbiditätskonferenzen



**Abb. 1** ◀ Struktur eines neurovaskulären Netzwerkes (s. Text)

oft besonders schwer fällt. Für solche Fälle ist die interdisziplinär abwägende Versorgung auf sehr hohem Kompetenzniveau dringend angezeigt.

Derzeit existiert noch keine befriedigende Infrastruktur für besonders schwierige diagnostische und therapeutische Entscheidungen in derartigen Situationen. Nach den vielfachen Erfahrungen, insbesondere bei den Zertifizierungen, zeigt sich, dass bei weitem nicht alle Patienten mit Schlaganfall und den vielfachen sonstigen Hirngefäßerkrankungen auf hohem Niveau versorgt werden. Insbesondere deshalb plant die Deutsche Schlaganfall-Gesellschaft zusammen mit den Fachgesellschaften für Neurochirurgie, Neuroradiologie, Kardiologie und Gefäßchirurgie die Etablierung und spätere Zertifizierung sog. neurovaskulärer Netzwerke mit einem koordinierenden Zentrum. Eine vielfach befürchtete Schwächung überregionaler Stroke-Units tritt nicht ein, viel-

mehr werden diese als wichtiges Mitglied im neurovaskulären Netzwerk deutlich gestärkt. Der Schwerpunkt liegt in der täglich gelebten Interdisziplinarität und einer Netzwerkbildung mit entsprechenden Organisationsstrukturen.

Die DSG hat zusammen mit den neurochirurgischen, neuroradiologischen, gefäßchirurgischen und kardiologischen Partnern ein Modell für derartige neurovaskuläre Netzwerke entwickelt. Strukturell gehören zu solchen Netzwerken ein koordinierendes Zentrum mit neurologischer Klinik und überregionaler Stroke-Unit, eine Neurochirurgie mit vaskulärem Schwerpunkt<sup>1</sup>, eine Neurointensivstation, eine Neuroradiologie mit Hirnkatheterlabor, eine Kardiologie mit Kathetermessplätzen, eine Gefäßchirurgie, ggf. auch eine telemedizinische Versorgungsstruktur

<sup>1</sup> Ein Zertifikat Vaskuläre Neurochirurgie der DGNC wird angestrebt.

tur mit sog. Tele-Stroke-Units sowie ein „neurovaskuläres“ Studienzentrum. Zu dem Netzwerk gehören regelhaft Kliniken mit einer regionalen oder überregionalen Stroke-Unit, ggf. mit einer Neurochirurgie, einer Gefäßchirurgie und auch neuroradiologischer Expertise. Akutkliniken ohne Stroke-Unit gehören in der Regel nicht zum Netzwerk, zumal dort heutzutage nur ausnahmsweise Patienten mit Schlaganfällen und anderen neurovaskulären Erkrankungen aufgenommen werden sollten. Die Etablierung eines Tele-Stroke-Netzes ist nicht obligat, in Flächenstaaten wie z. B. in Bayern mit wenigen Kliniken mit Stroke-Units aber wünschenswert. Teleradiologische Strukturen sind aber generell anzustreben. Auch neurologische und geriatrische Rehabilitationskliniken können zu dem neurovaskulären Netzwerk gehören. Schließlich können in weiterer Zukunft auch Nachsorgestrukturen integriert werden (Abb. 1).

Vorbilder für ein derartiges NVN sind die schon genannten Gefäß-, Darm-, Tumorzentren etc. Exemplarisch ist auch das gut funktionierende neurovaskuläre Netzwerk Ruhr [1], welches Kliniken mit einer interventionellen Neuroradiologie mit neurologischen Kliniken im gesamten Ruhrgebiet verbindet [1]. Allerdings konzentriert sich dieses Netzwerk auf die Akutinterventionen des ischämischen Schlaganfalls und umfasst nicht das gesamte Spektrum der neurovaskulären Erkrankungen. Die zertifizierte überregionale Stroke-Unit ist ein obligater Baustein der führenden Klinik im NVN. Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit eines NVN zur flächendeckenden Implementierung innovativer Diagnostik, Therapie und Forschung ist der regionale und ggf. auch überregionale Verbund mit möglichst vielen Kooperationskliniken und ein entsprechendes strukturiertes und verbindliches Zuweisungskonzept. Das Zuweisungskonzept und Therapiestandards sollen im neurovaskulären Netzwerk erarbeitet und im Rahmen regelmäßiger Treffen optimiert werden. Grundsätzlich sollte der Schwerpunkt vorrangig in der *organisierten Netzwerkbildung* liegen. Die Organisation eines NVN erfordert eine koordinierende Leitung, die den lokalen Gegebenheiten Rechnung tragen

sollte. Empfehlenswert wäre ein Netzwerk der beteiligten Kliniken und Institutionen unter Leitung des koordinierenden Zentrums.

Vorteil eines derartigen Konzepts ist die Zentrierung der Expertise und gleichzeitig der großflächige, permanente Zugang dazu, insbesondere für innovative, z. T. experimentelle Therapien und seltene oder besonders komplexe neurovaskuläre Erkrankungen. Die Netzwerkbildung erleichtert die Sicherstellung der gesamten Schlaganfallversorgungskette, und durch hohe Patientenzahlen nimmt die Expertise für gesicherte und innovative Therapien und diagnostische Verfahren zu. Das NVN ist zudem eine hervorragende Basis für Evidenzstudien, die gerade für die innovativen Schlaganfalltherapien ausstehen. Auch Leistungsvereinbarungen und Budgetierungen werden erheblich erleichtert. Letztendlich ist es das Ziel der DSG, durch die Interdisziplinarität und sektorübergreifende Aktivität nicht nur zur Steigerung der Kompetenz, sondern auch zur Verbesserung der Ökonomie beizutragen.

Das vorliegende Konzept spiegelt den Idealfall eines neurovaskulären Netzwerks wider. Vorgesehen ist eine Art Peer-Review-Verfahren nach von den beteiligten Fachgesellschaften festgelegten Struktur- und Prozessmerkmalen, das später in ein Zertifizierungsverfahren münden soll.

Die Ausschreibung einer Pilotphase im April 2012 hat eine überraschend hohe Resonanz gefunden. Es haben sich 36 Zentren mit z. T. bereits etablierten Netzwerken und überwiegend hervorragenden, bereits bestehenden Kooperationskonzepten beworben, und es war nicht leicht, hiervon 16 Netzwerke (davon 10 mit universitärer Beteiligung, 6 kommunal) auszuwählen, die im Jahr 2013 beispielhaft ihre Konzepte weiterentwickeln und unter Beweis stellen sollen. In diesem Zeitraum können Netzwerke, welche die Bedingungen für ein Pilotzentrum noch nicht ganz erfüllen, ihren Antrag entsprechend ergänzen. Auch Neuanträge sind möglich und erwünscht. Während die Kernkompetenzen wie Neurologie, Neurochirurgie, Neuroradiologie und Gefäßchirurgie in der führenden und koordinierenden Klinik im NVN vorgehalten werden müssen, können fakultative Disziplinen

wie die Ophthalmologie, Hämostaseologie und Strahlenchirurgie auch in einer der Kooperationskliniken des NVN verankert sein.

Ab Mitte des Jahres 2014 soll das sog. Peer-Review-Verfahren eingeleitet werden. Basis dieses Verfahrens sind die in [Infobox 1](#) genannten Kriterien für NVN.

---

## Korrespondenzadresse

---

**Prof. Dr. O. Busse**  
Deutsche Schlaganfallgesellschaft  
Reinhardtstr. 27 C, 10117 Berlin  
busse@dsg-berlin.org

---

## Einhaltung der ethischen Richtlinien

**Interessenkonflikt.** O. Busse, J. Röther, J. Faiss, G.F. Hamann, T. Hupp, O. Jansen, J. Meixensberger T. Neumann-Haefelin, G. Schackert und E.B. Ringelstein geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Alle im vorliegenden Manuskript beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

## Literatur

1. Eyding J, Weimar C, Brassel F et al (2012) Das „Neurovaskuläre Netz Ruhr“. *Akt Neurol* 39:404–411