

# EMPFEHLUNGEN DER CHIRURGISCHEN ARBEITSGEMEINSCHAFT ENDOKRINOLOGIE ZUR ANWENDUNG DES INTRAOPERATIVEN NEUROMONITORINGS IN DER SCHILDDRÜSENCHIRURGIE

Henning Dralle\*, Kerstin Lorenz\*, Peter Schabram, Thomas J. Musholt, Cornelia Dotzenrath, Peter E. Goretzki, Jochen Kußmann, Bruno Niederle, Christoph Nies, Jochen Schabram, Christian Scheuba, Dietmar Simon, Thomas Steinmüller, Arnold Trupka – für die Arbeitsgruppe Leitlinien der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Endokrinologie (CAEK) der DGAV

\* gleichberechtigte Erstautorenschaft

## Vorwort

Die visuelle Darstellung des N. recurrens ist weltweit als Goldstandard einer Recurrens-schonenden Resektionstechnik bei Schilddrüsenoperationen anerkannt. Das intraoperative Neuromonitoring (IONM) ergänzt die visuelle Nervendarstellung durch eine Funktionsanalyse, die nicht nur die Erkennung des N. recurrens verbessert und eine Unterscheidung zwischen nervalen und nicht-nervalen Strukturen erlaubt, sondern auch eine Prädiktion hinsichtlich der postoperativ zu erwartenden Stimmlippenfunktion besitzt. Mit zunehmender Sicherheit in der technischen Anwendung und Verfolgen eines standardisierten Vorgehens konnte die intraoperative Vorhersagekraft der postoperativen Stimmlippenfunktion deutlich verbessert werden. Daraus hat sich das Konzept des sog. Strategiewechsels entwickelt, wenn es bei geplant bilateralem Vorgehen auf der erstoperierten Seite zu einem Signalverlust als elektrophysiologischem Korrelat einer Recurrenslähmung kommt.

Die vorliegenden Empfehlungen sollen dazu beitragen, die Qualität in der Anwendung des intraoperativen Neuromonitorings zu sichern. Die bislang vorliegenden Erfahrungen mit dem IONM haben zu einer erweiterten Kenntnis der Pathophysiologie der Recurrenslähmung beigetragen. Der wesentliche Vorteil des IONM besteht jedoch in der Möglichkeit, bei standardisierter Anwendung eine visuell nicht feststellbare, jedoch gleichwohl funktionell wirksame Recurrenslähmung zu erkennen, potentielle Schadensmechanismen zu identifizieren und bilaterale Recurrensparesen zu vermeiden.

Da bei intraoperativem Signalverlust ggf. eine Änderung des präoperativ geplanten Resektionskonzeptes notwendig wird, werden in den vorliegenden Empfehlungen erstmals Aufklärungshinweise gegeben, die zu den Möglichkeiten und Grenzen des IONM in der Entscheidungssituation eines intraoperativen Signalverlustes Stellung beziehen.

Es ist davon auszugehen, daß sich die Technik und Anwendung des IONM in der Schilddrüsenchirurgie in den nächsten Jahren wesentlich weiterentwickeln wird und Aktualisierungen der vorliegenden Empfehlungen erforderlich machen.

## **1. Hintergrund**

Das intraoperative Neuromonitoring (IONM) in der Schilddrüsenchirurgie hat in den vergangenen 15 Jahren weltweit zunehmende Verbreitung gefunden (1 - 4). In Deutschland besitzen heute die meisten chirurgischen Kliniken Neuromonitoringgeräte und verwenden sie routinemäßig oder in schwierigen Situationen im Rahmen der Recurrensdarstellung und -kontrolle (5). Klinisch

relevante Nebenwirkungen der wiederholten Neurostimulation des N. vagus und N. recurrens, die einer routinemäßigen Anwendung des Verfahrens entgegenstehen könnte, wurden nicht nachgewiesen (4).

Da mit Hilfe der bislang zur Verfügung stehenden Gerätetechnik des intermittierenden Neuromonitorings keine synchrone, sondern nur eine sequentielle Präparation und Stimulation des Recurrensnerven möglich ist, haben sich die anfangs in diese Technik gesetzten Erwartungen auf eine spürbare Senkung der Recurrensparese rate gegenüber der alleinigen visuellen Darstellung nicht erfüllen können. (6 – 12). Das IONM ersetzt daher nicht die visuelle Nervendarstellung, die unverändert Grundvoraussetzung einer sicheren und nervenschonenden Präparation ist.

Ob in Zukunft die neuen Techniken des kontinuierlichen Neuromonitorings (CIONM) (13 – 21) eine Schadensvermeidung ermöglichen und dadurch das Pareserisiko gesenkt werden kann, wird durch entsprechende Studien zu klären sein. Die von der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Endokrinologie (CAEK) der Deutschen Gesellschaft für Allgemein-/Viszeralchirurgie (DGAV) erarbeiteten Empfehlung beziehen sich daher im Folgenden ausschließlich auf den gegenwärtigen Stand der Anwendung des intermittierenden Neuromonitorings.

**E 1** Beim intermittierenden Neuromonitoring können die Präparation und Stimulation des Recurrensnerven nicht gleichzeitig, sondern sequentiell erfolgen. Im Einzelfall ist eine Recurrensparese nicht sicher vermeidbar.

## 2. Ziele

Aufgrund zahlreicher Studien besteht hinreichende Evidenz, daß mit Hilfe des IONM gegenüber der ausschließlich visuellen Darstellung die Identifikation des N. recurrens (NR) erleichtert werden kann (10, 12, 22 – 26) und eine Vorhersage über die zu erwartende postoperative Stimmlippenfunktion möglich ist (9, 27 – 31). Die Erreichung beider Ziele des IONM beruht auf der Funktionsgenauigkeit der verfügbaren Gerätetechnologie. Sie sind jedoch nur dann im Rahmen des chirurgischen Vorgehens verlässlich umsetzbar, wenn präoperativ eine intakte Stimmlippenfunktion nachgewiesen wurde (32) und das IONM standardgerecht eingesetzt wird (4, 9, 24, 33 – 35). Bei der elektrophysiologischen Überprüfung der Recurrensfunktion ist zur Abgrenzung von Artefaktsignalen ein EMG der Stimulationssignale erforderlich. (4, 5, 23, 28, 36 – 54).

Das IONM bietet keine zuverlässige Information bei präoperativer vorbestehender Recurrensparese, da etwa 10 % der vorbestehend paretischen Stimmlippen ein fast normales Vagus-EMG aufweisen. Außerdem ist das IONM des N. vagus und N. recurrens nicht ausreichend verlässlich zur intraoperativen Funktionsdiagnostik des N. laryngeus superior, da bei letzterem das Erfolgsorgan des abgeleiteten Elektromyogramms (EMG) nicht der Vocalismuskel der Stimmlippe, sondern die cricothyreoidale Muskulatur ist und ein R. communicans nur in ca. 70 – 80 % der Fälle vorhanden ist (55).

Bei intraoperativ regelrechtem Vagus- und Recurrenssignal und -EMG vor und nach Resektion ist aufgrund vorliegender Studien davon auszugehen, daß postoperativ in > 97 % eine ipsilateral intakte Stimmlippenbeweglichkeit vorliegt (richtig negativer Test). Die Vorhersagegenauigkeit bei intraoperativem Signalverlust ist

demgegenüber wegen möglicher Störfaktoren, die zu einem Signalverlust führen können, geringer (> 60–90 %) (9, 27 – 30).

**E 2** Das IONM des N. laryngeus inferior ist nur bei präoperativ intakter Stimmlippenbeweglichkeit aussagekräftig.

**E 3** Eine Funktionsdiagnostik des R. externus des N. laryngeus superior ist nur dann möglich, wenn der R. communicans vorhanden ist (70 – 80 %).

**E 4** Das EMG dient dem Vergleich der prä- und postresektionellen Recurrensfunktion, und der Abgrenzung von Artefaktsignalen. Die EMG-Dokumentation ist zu asservieren.

### **3. Anwendungsstandards**

#### **3.1. Gerätetechnik**

Bei intakter Nervenfunktion wird gerätetechnisch das über den N. vagus und N. recurrens vermittelte EMG des Zielmuskels (M. vocalis) in ein akustisches Signal transformiert. Das EMG des M. vocalis wird durch Ableitelektroden aufgenommen und auf dem Monitor abgebildet (4). IONM-Geräte ohne EMG-Darstellung erlauben

keine zweifelsfreie Differenzierung zwischen einem Artefaktsignal und einem M. vocalis-Aktionspotential. Der Signalton kann nur in Verbindung mit einem intakten Stimulations-EMG des N. vagus als Beweis für das Vorliegen einer intakten Recurrensfunktion bewertet werden.

Die Ableitung über dem M. vocalis erfolgt entweder direkt über Nadelelektroden, die durch das Ligamentum cricothyroideum in den ipsilateralen Musculus vocalis eingebracht werden oder indirekt über Tubuselektroden, die auf Stimmlippenebene das Muskelaktionspotential der Vocaliskontraktion aufnehmen. Die Vorteile der Nadelelektrode liegen in der stärkeren und tubuspositionsunabhängigen Signalantwort. Nachteile sind die Invasivität und die unilaterale Ableitung, was bei bilateraler Resektion eine Nadelumplatzierung auf die andere Seite erfordert. Die Vorteile der Tubuselektrode liegen demgegenüber in der Nichtinvasivität und bilateralen Ableitungsoption. Nachteile sind die geringere Stimulationsantwort und die Abhängigkeit von der Tubusposition (22). Qualitative Unterschiede zur Bewertung des IONM ergeben sich aus diesen unterschiedlichen Elektrodentypen jedoch nicht.

**E 5** Sowohl mit Tubuselektroden als auch Nadelelektroden ist ein sachgerechtes IONM möglich.

**E 6** Das EMG des M. vocalis ist unverzichtbarer Bestandteil des Recurrensmonitoring. Artefaktsignale können von echten M. vocalis-Aktionspotentialen nur durch das korrespondierende EMG differenziert werden.

### 3.2. Praoperative Laryngoskopie (L1)

Die präoperative Laryngoskopie ist Voraussetzung, das IONM bei Primär- und Rezidiveingriffen interpretieren zu können, da bei vorbestehender Recurrensparese in ca. 10 % der Fälle das intraoperativ erhaltene Stimmulations-EMG nicht von einem normalen Stimmulations-EMG bei intakter Stimmlippenbeweglichkeit zu unterscheiden ist.

**E 7** Die präoperative Laryngoskopie ist zur Interpretation des IONM erforderlich, da präoperativ vorbestehende Recurrensparesen mit einem normalen Stimmulations-EMG verbunden sein können.

### 3.3. Narkose

Zur adäquaten intraoperativen Neurostimulation ist eine relaxationsfreie Narkoseführung erforderlich. Die Narkoseeinleitung und Intubation wird daher mit kurzwirksamen Relaxantien gewichtsadaptiert durchgeführt (56, 57).

Zur Ableitung des Stimulations-EMG durch Tubuselektroden stehen verschiedene technische Varianten zur Verfügung (58): Tuben, auf die selbstklebende Ableitungselektroden manuell aufgebracht werden, konfektionierte Tuben mit integrierter Ableitungselektrodenfläche, und seitengetrent ableitbare Tuben. Entscheidend bei der Tubuswahl ist eine adäquate Tubusgröße, da nur bei gutem Tubuskontakt zur trachealen Schleimhaut auf Stimmlippenebene ein verlässliches IONM ermöglicht wird. Die auf dem Monitor angezeigte Impedanz zeigt den Kontakt zwischen Tubuselektrode und Stimmlippenschleimhaut an, sie sollte  $<5\text{ k}\Omega$  betragen und die Seitendifferenz bei  $<1\text{ k}\Omega$  liegen.

Wichtig für die adäquate Tubuspositionierung und -fixierung ist die visuell kontrollierte Platzierung der Ableitungselektroden auf Stimmlippenebene. Da sich die Tubuslage nach erfolgter Lagerung und Reklination verschieben kann ist ggf. eine Repositionierung des Tubus erforderlich. (59). Manche Tubustypen erfordern neben der Kontrolle der Tubustiefe auch eine Überprüfung der Rotation des Tubus.

**E 8** Zur adäquaten intraoperativen Neurostimulation ist eine relaxationsfreie Narkoseführung während der Phase des IONM erforderlich.



**E 9** Bei Verwendung von Tubuselektroden ist durch geeignete Tubusgröße und -platzierung ein ausreichender Schleimhautkontakt (Impedanz) in Stimmlippenhöhe erforderlich.

### 3.4. Präliminäre Vagusstimulation (V1)

Bei intakter Stimmlippenbeweglichkeit prüft die präliminäre direkte Vagusstimulation (V1) die Recurrensfunktion in seinem gesamten weiteren Verlauf, sie sollte daher vor der Präparation am N. recurrens vorgenommen werden (4, 33, 60, 61). Zur Stimulation während des gesamten Operationsverlaufes wird eine supramaximale Stromstärke von 1 – 2 mA empfohlen (4).

Zur initialen Vagusstimulation sollte der N. vagus zwischen V. jugularis interna und A. carotis communis insbesondere auf der rechten Seite möglichst kaudal aufgesucht werden, um bereits zu Beginn der Präparation auf die seltene anatomische Variante (ca. 0.5 %) eines rechtsseitigen non-recurrenten N. laryngeus inferior aufmerksam zu werden (62 – 64). Das Vorliegen eines non-recurrenten N. laryngeus inferior ist typischerweise am Ausbleiben des Vagusstimulationssignals bei kaudaler Vagusstimulation erkennbar. Beim Verdacht auf das Vorliegen eines non-recurrenten N. laryngeus inferior wird nach primär kaudaler Stimulation der N. vagus möglichst weit kranial stimuliert und bei positiver Stimulation gezielt der vermutete non-recurrente N. laryngeus inferior aufgesucht.

Die Ausgangsparameter des primären Vagus-EMG (Amplitude, Latenz, Signalform) sind Referenz für EMG-Veränderungen während der Operation. Bei Operationsbeginn sollte unter supramaximaler Stimulation eine möglichst hohe Amplitude erzielt werden. Lorenz et al. haben folgende Standardwerte mitgeteilt: N. vagus links median 460  $\mu$ V, N. vagus rechts median 511  $\mu$ V (35). Bei nicht ausreichender Amplitude ist bei Verwendung von Tubuselektroden eine entsprechende Korrektur der Tubusposition, bei Verwendung von Nadelelektroden eine Korrektur der Nadelplatzierung erforderlich.

Bei Stimulation des N. vagus und ungestörter Nervenleitung kann der retralaryngeale palpatorische Nachweis einer Vocaliskontraktion („laryngeal twitch“) Zeichen einer intakten Funktion des ipsilateralen N. recurrens sein (65 – 68). Systematische Studien zur Korrelation des „laryngeal twitch“ mit dem EMG und der postoperativen Recurrensfunktion liegen jedoch nicht vor.

**E 10** Zur Funktionskontrolle des gesamten Recurrensverlaufes ist die präliminäre Vagusstimulation erforderlich.

**E 11** Bei kaudaler Vagusstimulation und Ausbleiben des Vagusstimulationssignal kann das Neuromonitoring bereits frühzeitig auf die seltene Variante eines rechtsseitigen non-recurrenten N. laryngeus inferior hinweisen.

**E 12** Die Ausgangsamplitude des Vagus-EMG sollte bei standardgerechter supramaximaler Stimulation mit 1.0 bis 2.0 mA mindestens 300  $\mu$ V betragen, anderenfalls ist eine Korrektur der Tubus- bzw. Nadelposition empfohlen.

### **3.5. Präliminäre Recurrensstimulation (R1)**

Die präliminär direkte Stimulation des N. recurrens (R1) bestätigt die visuell identifizierte Struktur des Nervens durch eine Funktionsbestimmung des Nervens. Durch die direkte Nervenstimulation können nicht-nervale Strukturen insbesondere bei voroperationsbedingten Narbenbildungen vom N. recurrens abgegrenzt und es kann eine initiale Positionsbestimmung der Nervenlage vorgenommen werden (4). Die präliminäre Recurrensstimulation dient als funktionelle Referenz etwaiger Veränderungen der Nervenleitung im Rahmen der Resektion.

Die Ausgangsparameter der direkten Stimulation des N. recurrens zeigen in der Regel eine höhere Amplitude als bei der ipsilateralen Vagusstimulation (35). Sie dienen als Referenz der Funktionswerte im Verlauf der sich anschließenden Schilddrüsenresektion.

**E 13** Die präliminäre Recurrensstimulation dient als funktionelle Referenz etwaiger Veränderungen der Nervenleitung im Rahmen der Resektion.

### **3.6. Nervenverlaufsdarstellung**

Die Verlaufskontrolle des N. recurrens (sog. Mapping) beschreibt den wiederholten Vorgang der direkten Recurrensstimulation im Verlauf des N. recurrens (4, 33). Ziel der Verlaufsdarstellung ist, den Nerven bereits im noch nicht anatomisch freigelegten Verlauf antizipierend zu erfassen, um den sich anschließenden Resektionsvorgang unter visueller Darstellung und Schonung des Nervens durchführen zu können. Bei Präparation in unmittelbarer Nervennähe ist eine ausschließlich funktionelle Nervenorientierung nicht ausreichend, die nervennahe Präparation erfordert zusätzlich eine visuelle Darstellung.

Zur Verlaufsdarstellung des N. recurrens stehen verschiedene Sondenmodelle zur Verfügung. Unipolare Stimulationssonden haben einen größeren Wirkungskreis als vergleichsweise bipolare Stimulationssonden. Letztere sind daher aufgrund ihrer exakteren Diskrimination des Nerven von nichtnervalen Strukturen für Fälle problematischer anatomischer Nervenidentifikation günstiger.

Wie bereits bei der initialen Stimulation des N. recurrens ist auch bei der Verlaufsdarstellung eine sichere EMG-Differenzierung zwischen Artefaktsignalen und echten Nervenaktionspotentialen erforderlich, um nervale von nichtnervalen Strukturen, und eine intakte und von einer gestörten Nervenfunktion sicher unterscheiden zu können. Artefaktsignale sind im EMG an der fehlenden Latenz zwischen Stimulation und Beginn des Nervenaktionspotentials zu erkennen (33); am Signalton allein sind Artefaktsignale von echten Nervenaktionspotentialen nicht zu unterscheiden.

**E 14** Die funktionelle Verlaufsdarstellung des N. recurrens beschreibt die Technik der direkten Nervenstimulation mit dem Ziel, bereits vor Durchführung einzelner Resektionsschritte den Nervenverlauf orientierend zu erfassen. Die funktionelle Darstellung ersetzt nicht die visuelle Darstellung des Nerven.

**E 15** Zur Verlaufsdarstellung eignen sich unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Reichweite sowohl unipolare als auch bipolare Stimulationssonden.

### **3.7. Vagusstimulation (V2) nach Resektionsende**

Bei primär erhaltenem Nerven wird nach Abschluß aller operativen Maßnahmen auf der jeweils operierten Seite eine abschließende Vagusstimulation (V2) durchgeführt und das Ergebnis dokumentiert. Die Vagusstimulation V2 ermöglicht mit hoher Wahrscheinlichkeit den Funktionserhalt des N. recurrens vorherzusagen. Bei geplant bilateraler Operation ist das Ergebnis V2 Voraussetzung für die Indikationsstellung zur Operation der kontralateralen Seite (33).

**E 16** Bei primär erhaltenem N. recurrens nach erfolgter Resektion zeigt das Ergebnis der Vagusstimulation (V2) die aktuelle Recurrensfunktion und beeinflusst die Entscheidung über das weitere Vorgehen.

### **3.8. Postoperative Laryngoskopie (L2)**

Die frühpostoperative laryngoskopische Beurteilung der Stimmlippenbeweglichkeit ist Goldstandard der Beurteilung einer intakten oder gestörten Stimmlippenfunktion

und daher zur Funktionsdiagnose und Qualitätskontrolle unerlässlich (4, 33, 68 – 70). In seltenen Fällen weicht die laryngoskopisch am wachen, kooperativen Patienten beurteilte Stimmlippenfunktion vom Ergebnis des IONM ab.

**E 17** Die laryngoskopische Beurteilung der Stimmlippenbeweglichkeit ist postoperativ wie präoperativ Goldstandard der Stimmlippenfunktionsdiagnostik und daher obligater Bestandteil der postoperativen Funktionsdiagnostik und Qualitätskontrolle nach Schilddrüsenoperationen.

### 3.9. Vorgehen bei intraoperativem Signalverlust

Der intraoperative Signalverlust ist definiert als kompletter Ausfall („loss of signal“, LOS). Bei Verwendung einer Tubuselektrode bedeutet bei der derzeitigen Gerätetechnologie ein Amplitudenabfall auf  $<100 \mu\text{V}$  bei Vagusstimulation mit hoher Wahrscheinlichkeit ( $>90\%$ ) einen Funktionsverlust des stimulierten Nerven (4).

Unter der Voraussetzung einer präoperativ intakten Stimmlippenbeweglichkeit ergeben sich hinsichtlich der Korrelation der intraoperativen Signalantwort mit der als Referenz geltenden postoperativen ipsilateralen Stimmlippenbeweglichkeit folgende richtig bzw. falsch-positive und -negative Befundkonstellationen (9, 29, 31):

- (a) Richtig negativ: intaktes Vagussignal und -EMG, postoperativ ipsilateral intakte Stimmlippenbeweglichkeit,

- (b) Falsch negativ: intaktes Vagussignal und -EMG, postoperativ ipsilateraler Stimmlippenstillstand,
- (c) Richtig positiv: intraoperativer Signalverlust, postoperativ ipsilateraler Stimmlippenstillstand,
- (d) Falsch positiv: intraoperativer Signalverlust, postoperativ ipsilateral intakte Stimmlippenbeweglichkeit

Die möglichen Ursachen für falsch-negative und falsch-positive Befunde sind in Tab. 1 angegeben. Bei länger als 6 Monate anhaltender Rekurrensparese ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer permanenten Stimmlippenparese auszugehen.

**E 18** Bei präoperativ intakter Stimmlippenbeweglichkeit ist als intraoperativer Signalverlust jeder komplette Ausfall eines zuvor intakten Vagussignals definiert. Ein Amplitudenabfall auf unter 100  $\mu\text{V}$  des zuvor intakten und quantitativ regelrechten Vagussignals macht einen Funktionsverlust des stimulierten Nervens sehr wahrscheinlich. Bei Signalverlust oder Amplitudenabfall unter 100  $\mu\text{V}$  ist in etwa 10 % aus unterschiedlichen Gründen eine falsche Prädiktion der postoperativen Stimmlippenbeweglichkeit möglich.

**E 19** In Korrelation zum Referenzparameter der prä- und postoperativen Stimmlippenbeweglichkeit erlaubt das unverändert intakte Vagussignal und -EMG bei Resektionsende (V2) in über 97 % eine korrekte Prädiktion der postoperativen Stimmlippenfunktion.



Zur Reduktion falsch-negativer bzw. falsch-positiver Befunde ist der in Abb. 1 gezeigte Algorithmus hilfreich. Nach Eintreten eines Signalverlustes des N. vagus sollte nach dem Gerätecheck und Ausschluß einer Narkosemittel-bedingten neuromuskulären Blockade zunächst geprüft werden, ob nach ipsilateraler Vagusstimulation eine Tubusdislokation vorliegt (z.B. kontralaterale Stimulation, direkte Laryngoskopie, Nadelelektrode), die entsprechend zu korrigieren ist. Resultiert nach negativer Vagusstimulation bei kehlkopfnaher Stimulation ein positives Signal, liegt ein lokalisierter Nervenschaden proximal (larynxfern) des Stimulationspunktes vor (Typ 1, Abb. 2) (33). Resultiert bei kehlkopfnaher und -ferner Stimulation kein positives Nervenstimulationssignal ist von einer globalen Nervenleitstörung auszugehen (Typ 2, Abb. 2).

Bei Vorliegen einer Recurrensfunktionsstörung des Typ 1 („lokalisiert“) kann durch retrogrades Mapping des N. recurrens von distal (larynxnah) nach proximal (larynxfern) ggf. der Schädigungsort lokalisiert werden mit dem Ziel, die mögliche Ursache der Nervenstörung zu identifizieren und wenn möglich zu beseitigen. Bei beiden Formen der Nervenfunktionsstörung können Kortikosteroide intravenös verabreicht werden (71, 72). Über die optimale Dosis und die Ergebnisse der Steroidgabe liegen jedoch keine hinreichend gesicherten Daten vor, sodaß entsprechende Therapieempfehlungen nicht möglich sind.

**E 20** Zur Reduktion falsch-positiver und falsch-negativer Befunde ist bei intraoperativem Signalausfall ein Algorithmus hilfreich, bei dem ein lokalisierter (Typ 1) oder globaler (Typ 2) der Recurrensfunktionsstörung unterschieden werden können.

**E 21** Ob bei eingetretenem Signalausfall die Gabe von Kortikosteroiden die Regeneration des Nervenschadens begünstigt, ist durch Studien nicht hinreichend gesichert.

### **3.10. Strategiewechsel bei Signalverlust**

Bei benigner Struma und geplanter bilateraler Operation wird bei präoperativ bilateral intakter Stimmlippenfunktion ein Strategiewechsel empfohlen, wenn auf der zuerst angegangenen Seite ein Signalverlust gesichert wurde (5, 25, 33). Ziel des Strategiewechsels ist die sichere Schonung der Recurrensfunktion auf der kontralateralen Seite. Am sichersten ist es, in dieser Situation auf die Resektion der kontralateralen Seite vollständig zu verzichten. Die Fortsetzung des Eingriffs auch auf der kontralateralen Seite muß begründet werden. Die Risiken eines zweizeitigen Vorgehens nach Erholung der Stimmlippenfunktion sind in der Regel als geringer einzuschätzen als das potentielle Risiko einer gegebenenfalls bilateralen Recurrensparese.

Ob bei Vorliegen eines Schilddrüsenmalignoms ein Strategiewechsel mit sequentiellem Vorgehen unter Abwägung der Vorteile und Risiken angezeigt ist, hängt von der Art und Ausdehnung des Malignoms ab und erfordert eine Einzelfallentscheidung.

**E 22** Bei benigner Struma und geplanter Thyreoidektomie wird bei präoperativ bilateral intakter Stimmlippenfunktion ein Strategiewechsel empfohlen, wenn auf der zuerst resezierten Seite ein Signalausfall gesichert werde.

**E 23** Bei maligner Struma und Sicherung eines Signalausfalls auf der erstoperierten Seite hängt die Entscheidung über eine kontralateral ein- oder zweizeitige Resektion von der Art und Ausdehnung des Malignoms ab.

## **4. Aufklärung, Dokumentation**

### **4.1. Präoperative Aufklärung**

Ziel der Aufklärung über das Neuromonitoring ist es, dem Patienten die Bedeutung und Grenzen des Verfahrens insbesondere bei bilateralen Eingriffsindikationen zu erläutern.

Das IONM erkennt auch ohne sichtbares anatomisches Korrelat relevante Funktionsstörungen des N. recurrens. Intraoperative Signalausfälle und signifikante Signalabschwächungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer (früh-)postoperativen Stimmlippenlähmung assoziiert. Nach beidseitigem intraoperativen Signalverlust ist daher das Risiko einer bilateralen Recurrensparese sehr hoch. Zur bestmöglichen Vermeidung einer bilateralen Recurrensparese wird deshalb empfohlen, nach Signalverlust auf der ersten Seite einen begründeten Strategiewechsel hinsichtlich der Resektion der anderen Seite vorzunehmen, sei es durch Verzicht auf gleichzeitige Resektion der Gegenseite, sei es nur als Teilresektion außerhalb der Recurrensverlaufsebene.

Ein falsch-positives Ergebnis des IONM (intraoperativer Signalverlust, postoperativ keine Recurrensparese auf der ersten Seite) kann allerdings dazu führen, dass durch Beendigung der Operation ohne Not die Resektion der Gegenseite in einem zweiten

Eingriff erfolgt bzw. sich durch Limitierung des dortigen Vorgehens ein Rezidivrisiko ungerechtfertigt erhöht. Die Wahrscheinlichkeit falsch-positiver Ergebnisse des Neuromonitorings liegt derzeit bei 10–30% (31).

Umgekehrt kann ein falsch-negatives Neuromonitoringergebnis (intraoperativ regelrechtes Neuromonitoringsignal und -EMG, postoperativ Recurrensparese) auf der ersten Seite dazu führen, dass es trotz Einsatz des Verfahrens zu einer bilateralen Recurrensparese kommt. Die Wahrscheinlichkeit falsch-negativer Ergebnisse des Neuromonitorings mit der Konsequenz einer bilateralen Recurrensparese ist sehr gering, jedoch in der Literatur beschrieben (29, 31, 74, 75).

#### **4.2. Dokumentation**

Hinsichtlich des Dokumentationsumfanges geht die Schilddrüsenoperation unter Einsatz des IONM über den Dokumentationsumfang bei allein visueller Nervenkontrolle hinaus, bei der die schriftliche Beschreibung der Nervendarstellung und -schonung vor, während und nach der Schilddrüsenresektion ausreichend ist. Wie bei Einsatz anderer operationstechnischer Hilfsmittel ist auch bei der Technik des IONM eine Dokumentation erforderlich (73). Nur das Stimulations-EMG kann ein Signalartefakt sicher von einem echten Nervenaktionspotential abgrenzen. (23, 28,29, 33,66).

Minimalvoraussetzung der Dokumentation des Neuromonitorings ist die Beschreibung der Stimulationssignale des N. vagus auf der operierten Seite nach Beendigung aller chirurgischen Maßnahmen im Bereich der Schilddrüsenloge (V2).

**E 26** Minimalvoraussetzung der Dokumentation des Neuromonitorings ist die Beschreibung der Stimulationssignale des N. vagus auf der operierten Seite nach Beendigung aller chirurgischen Maßnahmen im Bereich der Schilddrüsenloge (V2)

## Literatur

1. Hopkins C, Khemani S, Terry RM, Golding-Wood D. How we do it: Nerve monitoring in ENT surgery: current UK practice. *Clin Otolaryngol* 2005; 30: 195 – 214
2. Horne SK, Gal TJ, Brannan JA. Prevalence and patterns of intraoperative nerve monitoring for thyroidectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 136: 952 – 956
3. Sturgeon C, Sturgeon T, Angelos P. Neuromonitoring in thyroid surgery: attitudes, usage patterns, and predictors of use among endocrine surgeons. *World J Surg* 2009; 33: 417 – 425
4. Randolph GW, Dralle H, Abdullah H, Barczynski M, Bellantone R, Brauckhoff M, Carnaille B, Cherenko S, Chiang FY, Dionigi G, Finck C, Hartl D, Kamani D, Lorenz K, Miccoli P, Mihai R, Miyauchi A, Orloff L, Perrier N, Poveda MD, Romanchishen A, Serpell J, Sitges-Serra A, Sloan T, Slycke SV, Snyder S, Takami H, Volpi E, Woodson G. Electrophysiologic recurrent laryngeal nerve monitoring during thyroid and parathyroid surgery: international standards guideline statement. *Laryngoscope* 2011; 121: S1 – S16
5. Dralle H, Sekulla C, Lorenz K, Nguyen Thanh P, Schneider R, Machens A. Loss of the nerve monitoring signal during bilateral thyroid surgery. *Br J Surg* 2012; 99: 1089 – 1095
6. Brauckhoff M, Gimm O, Nguyen Thanh P, Brauckhoff K, Ukkat J, Thomusch O, Dralle H. First experiences in intraoperative neurostimulation of the recurrent laryngeal nerve during thyroid surgery of children and adolescents. *J Pediatr Surg* 2002; 37: 1414 – 1418
7. Dralle H, Sekulla C, Haerting J, Timmermann W, Neumann J, Kruse E, Grond S, Mühlig HP, Richter C, Voß J, Thomusch O, Lippert H, Gastinger I, Brauckhoff M, Gimm O. Risk factors of paralysis and functional outcome after recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery. *Surgery* 2004; 136: 1310 – 1322
8. Beldi G, Kinsbergen T, Schlumpf R. Evaluation of intraoperative recurrent nerve monitoring in thyroid surgery. *World J Surg* 2004; 28: 589 – 591
9. Dralle H, Sekulla C, Lorenz K, Brauckhoff M, Machens A. Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. *World J Surg* 2008; 32: 1358 – 1366

10. Barczynski M, Konturek A, Cichon S. Randomized clinical trial of visualization versus neuromonitoring of recurrent laryngeal nerves during thyroidectomy. *Br J Surg* 2009; 96: 240 – 246
11. Higgins TS, Gupta R, Ketcham AS, Sataloff RT, Wadsworth JT, Sinacori JT. Recurrent laryngeal nerve monitoring versus identification alone on post-thyroidectomy true vocal fold palsy: a meta-analysis. *Laryngoscope* 2011; 121: 1009 – 1017
12. Alesina PF, Rolfs T, Hommeltenberg S, Hinrichs J, Meier B, Mohamand W, Hofmeister S, Walz MK. Intraoperative neuromonitoring does not reduce the incidence of recurrent laryngeal nerve palsy in thyroid reoperations: results of a retrospective comparative analysis. *World J Surg* 2012; 36: 1348 – 1353
13. Lamade W, Meyding-Lamade U, Buchhold Ch, Brauer M, Brandner R, Uttenweiler V, Motsch J, Klar E, Herfarth Ch. Erstes kontinuierliches Nerven-Monitoring in der Schilddrüsenchirurgie. *Chirurg* 2000; 71: 551 – 557
14. Brennan J, Moore EJ, Shuler KJ. Prospective analysis of the efficacy of continuous intraoperative nerve monitoring during thyroidectomy, parathyroidectomy, and parotidectomy. *Neck Surg* 2001; 124: 537 – 543
15. Robertson ML, Steward DL, Gluckman JL et al. Continuous laryngeal nerve integrity monitoring during thyroidectomy: does it reduce risk of injury? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2004; 131: 596 – 600
16. Lamade W, Ulmer C, Seimer A, Molnar V, Meyding-Lamade U, Thon KP, Koch KP. A new system for continuous recurrent laryngeal nerve monitoring. *Minimally Invasive Ther* 2007; 16: 149 – 154
17. Ulmer C, Koch KP, Seimer A, Molnar V, Meyding-Lamade U, Thon KP, Lamade W. Real-time monitoring of the recurrent laryngeal nerve: an observational clinical trial. *Surgery* 2008; 143: 359 – 365
18. Schneider R, Przybyl J, Hermann M, Hauss J, Jonas S, Leinung S. A new anchor electrode design for continuous neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve by vagal nerve stimulations. *Langenbecks Arch Surg* 2009; 394: 903 – 910
19. Schneider R, Przybyl J, Pliquett U, Hermann M, Wehner M, Pietsch UC, König F, Hauss J, Jonas S, Leinung S. A new vagal anchor electrode for real-time monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Am J Surg* 2010; 199: 507 – 514
20. Lamade W, Ulmer C, Friedrich C, Rieber F, Schymik K, Gemkow HM, Koch KP, Götttsche T, Thon KP. Signalstabilität als Grundvoraussetzung für kontinuierliches intraoperatives Neuromonitoring. *Chirurg* 2011; 82: 913 – 920
21. Schneider R, Randolph GW, Sekulla C et al. Continuous intraoperative vagus nerve stimulation for identification of imminent recurrent laryngeal nerve injury. *Head Neck* 2012, .doi: 10.1002/hed.23187

22. Timmermann W, Hamelmann WH, Thomusch O, Sekulla C, Grond S, Neumann HJ, Kruse E, Mühlig HP, Richter C, Voß J, Dralle H. Zuverlässigkeit und Konsequenzen des intraoperativen Neuromonitorings in der Schilddrüsenchirurgie. *Chirurg* 2004; 75: 916 – 922
23. Snyder SK, Hendricks JC. Intraoperative neurophysiology testing of the recurrent laryngeal nerve: Plaudits and pitfalls. *Surgery* 2005; 138: 1183 – 1192
24. Chiang FY, Lu IC, Kuo WR, Lee KW, Chang NC, Wu CW. The mechanism of recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery – The application of intraoperative neuromonitoring. *Surgery* 2008; 143: 743 – 749
25. Goretzki PE, Schwarz K, Brinkmann J, Wirowski D, Lammers BJ. The impact of intraoperative neuromonitoring (IONM) on surgical strategy in bilateral thyroid diseases: Is it worth the effort? *World J Surg* 2010; 34: 1274 – 1284
26. Duclos A, Lifante JC, Ducarroz S, Soardo P, Colin C, Peis JL. Influence of intraoperative neuromonitoring on surgeons technique during thyroidectomy. *World J Surg* 2011; 35: 773 – 778
27. Thomusch O, Sekulla C, Machens A, Neumann HJ, Timmermann W, Dralle H. Validity of intraoperative neuromonitoring signals in thyroid surgery. *Langenbecks Arch Surg* 2004; 389: 499 – 503
28. Hermann M, Hellebart C, Freissmuth M. Neuromonitoring in thyroid surgery. Prospective Evaluation of intraoperative electrophysiological responses for the prediction of recurrent laryngeal nerve injury. *Ann Surg* 2004; 240: 9 – 17
29. Chan WF, Lo CY. Pitfalls of intraoperative neuromonitoring for predicting postoperative recurrent laryngeal nerve function during thyroidectomy. *World J Surg* 2006; 30: 806 – 812
30. Snyder SK, Lairmore TC, Hendricks JC, Roberts JW. Elucidating mechanisms of recurrent laryngeal nerve injury during thyroidectomy and parathyroidectomy. *J Am Coll Surg* 2008; 206: 123 – 130
31. Cernea CR, Bandao LG, Hojaij FC, DeCarlucci D, Brandao J, Cavalheiro B, Sondermann A. Negative and positive predictive values of nerve monitoring in thyroidectomy. *Head Neck* 2010; 34: 175 – 179
32. Chi SY, Lammers B, Boehner H, Pohl P, Goretzki PE. Is it meaningful to preserve a palsied recurrent laryngeal nerve? *Thyroid* 2008; 18: 363 – 366
33. Dralle H, Lorenz K. Intraoperatives Neuromonitoring bei Schilddrüsenoperationen. *Chirurg* 2010; 81: 612 – 619
34. Chiang FY, Lee KW, Chen HC, Chen HY, Lu IC, Kuo WR, Hsieh MC, Wu CW. Standardization of intraoperative neuromonitoring of recurrent laryngeal nerve in thyroid operation. *World J Surg* 2010; 34: 223 – 229

35. Lorenz K, Sekulla C, Schelle J, Schmeiß B, Brauckhoff M, Dralle H. What are normal quantitative parameters of intraoperative neuromonitoring (IONM) in thyroid surgery? *Langenbecks Arch Surg* 2010; 395: 901 – 909
36. Flisberg K, Lindholm T. Electrical stimulation of the human recurrent laryngeal nerve during thyroid operation. *Acta Otolaryng* 1970; 263: 63 – 67
37. Mermelstein M, Nonweiler R, Rubinstein EH. Intraoperative identification of laryngeal nerves with laryngeal electromyography. *Laryngoscope* 1996; 106: 752 – 756
38. Eisele D. Intraoperative electrophysiologic monitoring of the recurrent laryngeal nerve. *Laryngoscope* 1996; 106: 443 – 449
39. Kahn A, Pearlman RC, Bianchi DA, Hauck KW. Experience with two types of electromyography monitoring electrodes during thyroid surgery. *Am J Otolaryngol* 1997; 18: 99 – 102
40. Rea L, Khan A. Clinical evoked electromyography for recurrent laryngeal nerve preservation: Use of an endotracheal tube electrode and a postcricoid surface electrode. *Laryngoscope* 1998; 108: 1418 – 1420
41. Horn D, Röttscher VM. Intraoperative electromyogram monitoring of the recurrent laryngeal nerve: experience with an intralaryngeal surface electrode. *Langenbecks Arch Surg* 1999; 384: 392 – 395
42. Kunath M, Hussock J, Marusch F, Horschig P, Gastinger I. Identifizierung des Nervus laryngeus recurrens durch intraoperatives Neuromonitoring. *Zentralbl Chir* 1999; 124: 641 – 645
43. Neumann HJ. Intraoperatives neurophysiologisches Monitoring (IONM) des N. recurrens und Mikrodissektion. *Laryngo-Rhino-Otol* 2000; 79: 290 – 296
44. Hemmerling TM, Schurr C, Dern S, Schmidt J, Braun GG, Klein P. Intraoperative elektromyographische Recurrensidentifizierung als Routinemaßnahme. *Chirurg* 2000; 71: 545 – 550
45. Jonas J, Bähr R. Die intraoperative elektromyographische Identifikation des Nervus laryngeus recurrens. *Chirurg* 2000; 71: 534 – 538
46. Hemmerling TM, Schmidt J, Bosert C, Jacobi KE, Klein P. Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in 151 consecutive patients undergoing thyroid surgery. *Anesth Analg* 2001; 93: 396 – 399
47. Dackiw APB, Rotstein LE, Clark OH. Computer-assisted evoked electromyography with stimulating surgical instruments for recurrent/external laryngeal nerve identification and preservation in thyroid and parathyroid operation. *Surgery* 2002; 132: 1100 – 1108
48. Hamelmann W, Meyer Th, Timm S, Timmermann W. Kritische Beurteilung und Fehlermöglichkeiten des intraoperativen Neuromonitoring (IONM) bei Operationen an der Schilddrüse. *Zentralbl Chir* 2002; 127: 409 – 413



49. Tschopp KP, Gottardo C. Comparison of various methods of electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111: 811 – 816
50. Kunath M, Marusch F, Horschig P, Gastinger I. Zum Stellenwert des intraoperativen Neuromonitorings in der Schilddrüsenchirurgie – eine prospektive Beobachtungsstudie mit 926 Patienten. *Zentralbl Chir* 2003; 128: 187 – 190
51. Pflug R. Electrophysiological basics of neuromuscular stimulation. *Eur Surg* 2003; 35: 259 – 261
52. Yarbrough DE, Thompson GB, Kasperbauer JL, Harpre CM, Grant CS. Intraoperative electromyographic monitoring of the recurrent laryngeal nerve in reoperative thyroid and parathyroid surgery. *Surgery* 2004; 136: 1107 – 1115
53. Pearlman RC, Isley MR, Ruben GD, Sandler SC, Weisbaum B, Khan MA, Greene BS, Charles V, Shah A. Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve using acoustic, free-run, and evoked electromyography. *J Clin Neurophysiol* 2005; 22: 148 – 152
54. Jonas J, Bähr R. Intraoperatives Neuromonitoring des Nervus laryngeus recurrens – Ergebnisse und Lernkurve. *Zentralbl Chir* 2006; 131: 443 – 448
55. Barczynski M, Randolph GW, Cernea CR, Dralle H, Dionigi G, Alesina PF, Mihai R, Finck C, Lombardi D, Hartl DM, Miyauchi A, Serpell J, Snyder S, Volpi E, Woodson G, Kraimps JL, Hisham AN. External branch of the superior laryngeal nerve monitoring during thyroid surgery: International standards guideline statement. *Laryngoscope* 2012 (submitted)
56. Marusch F, Hussock J, Haring G, Hachenberg T, Gastinger I. Influence of muscle relaxation on neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve during thyroid surgery. *Br J Anaesth* 2005; 94: 596 – 600
57. Lu IC, Tsai CJ, Wu CW, Cheng KI, Wang FY, Tseng KY, Chiang FY. A comparative study between 1 and 2 effective doses of rocuronium for intraoperative neuromonitoring during thyroid surgery. *Surgery* 2011; 149: 543 – 548
58. Birkholz T, Saalfrank-Schardt C, Irouschek A, Klein P, Albrecht S, Schmidt J. Comparison of two electromyographical endotracheal tube systems for intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring: reliability and side effects. *Langenbecks Arch Surg* 2011; 396: 1173 – 1179
59. Lu IC, Chu KS, Tsai CJ, Wu CW, Kuo WR, Chen HY, Lee KW, Chiang FY. Optimal depth of NIM EMG endotracheal tube for intraoperative neuromonitoring of the recurrent laryngeal nerve during thyroidectomy. *World J Surg* 2008; 32: 1935 – 1939
60. Dralle H, Timmermann W, Kruse E, Grond St, Hamelmann WH, Neumann HJ, Richter Ch, Mühlig HP, Blankenburg Ch, Kampf E, Lorenz K, Sekulla C. Was bringt das Neuromonitoring für die Schilddrüsenchirurgie? *Arzt und Krankenhaus* 2004; 12: 369 – 376

61. Dionigi G, Chiang FY, Rausei S, Wu CW, Boni L, Lee KW, Rovera F, Cantone G, Bacuzzi A. Surgical anatomy and neurophysiology of the vagus nerve (VN) for standardized intraoperative neuromonitoring (IONM) of the inferior laryngeal nerve (ILN) during thyroidectomy. *Langenbecks Arch Surg* 2010; 395: 893 – 899
62. Brauckhoff M, Walls G, Brauckhoff K, Nguyen Thanh P, Thomusch O, Dralle H. Identification of the non-recurrent inferior laryngeal nerve using intraoperative neurostimulation. *Langenbecks Arch Surg* 2002; 386: 482 – 487
63. Brauckhoff M, Nguyen Thanh P, Dralle H. Nervus laryngeus inferior non recurrens and lusorial artery. *Thyroid* 2004; 14: 79 – 81
64. Brauckhoff M, Machens A, Sekulla C, Lorenz K, Dralle H. Latencies shorter than 3.5 ms after vagus nerve stimulation signify a nonrecurrent inferior laryngeal nerve before dissection. *Ann Surg* 2011; 253: 1172 – 1177
65. Echeverri A, Flexon PB. Electrophysiologic nerve stimulation for identifying the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery: review of 70 consecutive thyroid surgeries. *Am Surg* 1998; 64: 328 – 333
66. Randolph GW, Kobler JB, Wilkins J. Recurrent laryngeal nerve identification and assessment during thyroid surgery: laryngeal palpation. *World J Surg* 2004; 28: 755 – 760
67. Tomoda C, Hirokawa Y, Uruno T, Takamura Y, Ito Y, Miya A, Kobayashi K, Matsuzuka F, Kuma K, Miyauchi A. Sensitivity and specificity of intraoperative recurrent laryngeal nerve stimulation test for prediction vocal cord palsy after thyroid surgery. *World J Surg* 2006; 30: 1230 – 1233
68. Cavicchi O, Caliceti U, Fernandez IJ, Caroni AR, Marcantoni A, Sciascia S, Sottili S, Piccin O. Laryngeal neuromonitoring and neurostimulation versus neuromonitoring alone in thyroid surgery: a randomized trial. *Head Neck* 2012; 34: 141–145
69. Randolph GW. The importance of pre- and postoperative laryngeal examination for thyroid surgery. *Thyroid* 2010; 20: 453 – 458
70. Dionigi G, Boni L, Rovera F, Rausei S, Cstelnuovo P, Dionigi R. Postoperative laryngoscopy in thyroid surgery: proper timing to detect recurrent laryngeal nerve injury. *Langenbecks Arch Surg* 2010; 395: 327 – 331
71. Wang LF, Lee KW, Kuo WR, Wu CW, Lu SP, Chiang FY. The efficacy of intraoperative corticosteroids in recurrent laryngeal nerve palsy after thyroid surgery. *World J Surg* 2006; 30: 299 – 303
72. Worni M, Schudel HH, Seifert E, Inglin R, Hagemann M, Vorburger SA, Candinas D. Randomized controlled trial on single dose steroid before thyroidectomy for benign disease to improve postoperative nausea, apin, and vocal function. *Ann Surg* 2008; 248: 1060 – 1066
73. Dralle H, Lorenz K, Andreas M. Verdicts on malpractice claims after thyroid surgery: emerging trends and future directions. *Head Neck* 2012; 34: 1591 – 1596
74. Melin M, Schwarz K, Lammers BJ, Goretzki PE. IONM-guided goiter surgery leading to two-stage thyroidectomy-indication and results. *Langenbecks Arch Surg* 2013; 398:411 – 418

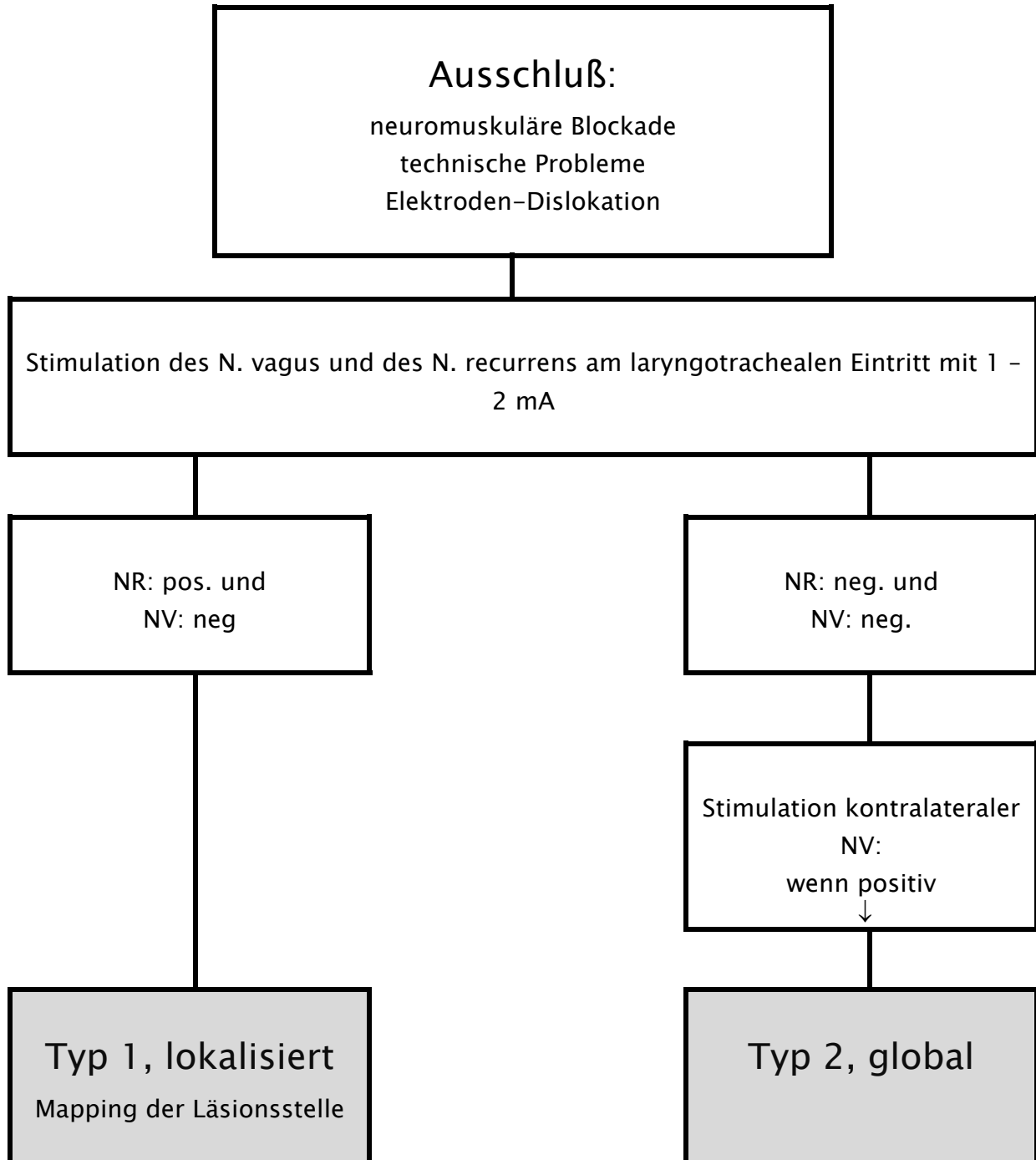
75. Sadowski SM, Soardo P, Leuchter I, Robert JH, Triponez F. Systematic use of recurrent laryngeal nerve neuromonitoring changes the operative strategy in planned bilateral thyroidectomy. *Thyroid*. 2013;23: 329 – 333

**Tab. 1 Korrelation der intraoperativen Signalantwort mit dem als Referenz geltenden postoperativen Stimmlippenbefund und mögliche Ursachen falsch-positiver und falsch-negativer Befunde**

Befund, Häufigkeit	Mögliche Ursachen
Richtig negativ (Vagussignal und -EMG intakt, Stimmlippenbeweglichkeit intakt)	
Falsch negativ (Vagussignal und -EMG intakt, Stimmlippenstillstand)	Extraneurale Ursachen Zentralnervöse Störungen
Richtig positiv (Signalverlust, Stimmlippenstillstand)	
Falsch positiv (Signalverlust, intakte Stimmlippenbeweglichkeit)	Medikamentöse Paralyse des N. vagus (narkosebedingt) Unzureichende Nervenstimulation Gerätedysfunktion Frühzeitige Erholung der Nervenfunktion



Abb. 1 Algorithmus zum Vorgehen bei intraoperativem Signalverlust (SV) und zur Evaluation des Läsionstyps der Recurrensfunktionsstörung



NR, Nervus recurrens; NV, Nervus vagus;

Abb. 2 Evaluation und Definition eines intraoperativen Signalverlustes entsprechend Typ 1 („lokalisiert“) oder Typ 2 („global“)

