



Qualitätskriterien zur Durchführung der Katheterablation von Vorhofflimmern – DGK-Positionspapier

Aus der Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Elektrophysiologie (AGEP)

Daniel Steven¹ · Julian Chun² · Isabel Deisenhofer³ · Thomas Deneke⁴ · Maria Papatheanasiou⁵ · Boris Schmidt² · Andreas Rillig⁶ · Stephan Willems⁷ · Maura M. Zylla⁸ · Christian Veltmann⁹ · Lars Eckardt^{10,11}

¹ Abteilung für Elektrophysiologie, Herzzentrum der Universität zu Köln, Köln, Deutschland;

² Medizinische Klinik III – CCB, Agaplesion Markus Krankenhaus, Frankfurt am Main, Deutschland;

³ Abteilung für Elektrophysiologie, Deutsches Herzzentrum München, München, Deutschland; ⁴ Klinik für Kardiologie und Rhythmologie, Klinikum Nürnberg Süd, Nürnberg, Deutschland; ⁵ Med. Klinik III – Kardiologie, Angiologie, Universitätsklinikum Frankfurt, Frankfurt am Main, Deutschland; ⁶ Klinik für Kardiologie mit Schwerpunkt Elektrophysiologie, Universitäres Herz- und Gefäßzentrum Hamburg, Hamburg, Deutschland; ⁷ Kardiologie & internistische Intensivmedizin, Asklepios Klinik St. Georg, Hamburg, Deutschland; ⁸ Klinik für Innere Med. III, Kardiologie, Angiologie u. Pneumologie, Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland; ⁹ Elektrophysiologie Bremen, Klinikum Links der Weser, Bremen, Deutschland; ¹⁰ Klinik für Kardiologie II – Rhythmologie, Universitätsklinikum Münster, Münster, Deutschland; ¹¹ Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin, Deutsche Gesellschaft für Kardiologie, Düsseldorf, Deutschland



Infobox 1

Positionspapiere:

Qualitätskriterien zur Durchführung der Katheterablation von Vorhofflimmern.

Das Positionspapier wurde 2017 in der Zeitschrift *Der Kardiologe* [121] publiziert.

1. Zertifizierungszahlen der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie

Dieses Positionspapier zu den Qualitätskriterien der Katheterablation wurde erstmals 2017 veröffentlicht und wird in der vorliegenden Version aktualisiert. Die Überarbeitung wurde notwendig, weil sich in den letzten Jahren wesentliche Veränderungen in Bezug auf die Indikation, die technologischen Voraussetzungen und die Durchführung der Katheterablation von Vorhofflimmern (AF) ergeben haben. So haben sich sowohl der Blick auf die Rhythmuskontrolle als auch die Indikation zur

First-Line-Therapie gewandelt (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/aktuelle-leitlinien>). Darüber hinaus spielen heute Ablationskonzepte bei der Behandlung von AF bei Patienten mit einer systolischen Herzinsuffizienz eine größere Rolle als noch im Jahr 2017.

Die Arbeitsgruppe Elektrophysiologie (AGEP) der DGK hat sich in den vergangenen Jahren zudem intensiv mit dem Thema Qualitätssicherung auseinandergesetzt, da dieser Aspekt zukünftig zu Recht eine noch größere Bedeutung erlangen dürfte: Im Jahr 2022 stellte die AGEP beim Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) einen Antrag auf Einführung einer strukturierten Qualitätssicherung für die invasive Elektrophysiologie. Dieser Antrag wurde seinerzeit mit der Begründung abgelehnt, dass in vielen Bereichen bereits Qualitätsprüfungen durchgeführt werden und eine weitere Etablierung zum damaligen Zeitpunkt nicht vorgesehen war.

Der Verlag veröffentlicht die Beiträge in der von den Autorinnen und Autoren gewählten Genderform. Bei der Verwendung des generischen Maskulinums als geschlechtsneutrale Form sind alle Geschlechter impliziert.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Dennoch hat die DGK in den letzten Jahren ein Curriculum für Elektrophysiologie entwickelt, das sich derzeit in der Aktualisierung befindet. Dieses Curriculum dient als Grundlage für die Zertifizierung von Einzelpersonen und Einrichtungen, basierend auf ihrer personellen und technischen Ausstattung, der zur Verfügung stehenden Infrastruktur und ihren Leistungszahlen. Eine etablierte Zertifizierung für Vorhofflimmerzentren gibt es seit 2020. Diese erfolgt anhand festgelegter Kriterien in einem strukturierten Prozess, um die Qualifikation dieser Zentren zu überprüfen. Inzwischen (Stand Oktober 2025) sind deutschlandweit 104 Zentren zertifiziert, von denen 48 bereits rezertifiziert wurden.

Die DGK legt mit diesem Positionspapier einen praxisnahen Leitfaden für die Qualitätsstandards vor, um eine bestmögliche Betreuung von Patienten vor, während und nach einer Ablation von AF zu gewährleisten. Im Folgenden wird kapitelweise auf die einzelnen Punkte eingegangen.

2. Versorgungssituation und tagesgleiche Entlassung

In Anbetracht der zunehmenden Prävalenz von AF in unserer Gesellschaft steigt der Bedarf an effektiven Therapien zur Symptomkontrolle und Reduktion von AF-assoziierten Komplikationen. Entsprechend ist eine Zunahme der in Deutschland durchgeführten Ablationen zur Behandlung von AF sowie eine Zunahme der Zentren, die eine interventionelle Therapie anbieten, während der letzten Jahre zu verzeichnen gewesen [1]. Nach wie vor wird allerdings nur ein geringer Anteil der Betroffenen einer Katheterablation zugeführt [2]. Im Jahr 2024 wurden über 138.000 Katheterablationen in Deutschland durchgeführt, der Großteil zur Therapie von AF. Mehr als ein Drittel der Ablationszentren führte jedoch weniger als 150 Katheterablationen pro Jahr durch [1]. Der Anstieg der Ablationszahlen spiegelt den hohen Bedarf an interventioneller AF-Therapie wider. Gleichzeitig illustriert dies die Notwendigkeit von intra- und periprozeduralen Qualitätskriterien, um diese Therapien mit größtmöglicher Effektivität und Sicherheit zu gewährleisten.

Der überwiegende Anteil der Prozeduren wird unter stationären Bedingungen

Das aktualisierte Positionspapier der DGK zur Katheterablation von Vorhofflimmern (AF) stellt die aktuelle Evidenz, Techniken und Qualitätsstandards dar, die sich seit 2017 gemeinsam mit Indikation, Technik und Rolle der Ablation in der Therapie deutlich gewandelt haben. Die Pulmonalvenenisolation (PVI) bleibt zentraler Bestandteil der AF-Ablation. Neben etablierten Verfahren wie Radiofrequenz- und Kryoablation gewinnt die Pulsed-Field-Ablation (PFA) an Bedeutung. Bei persistierendem AF fehlen klare Empfehlungen über die PVI hinaus trotz zunehmender Daten für ergänzende Ablationsstrategien. Die Versorgungssituation zeigt eine starke Zunahme der Ablationen, wobei die tagesgleiche Entlassung nur für selektierte Patienten empfohlen wird. Die präzise Patientenselektion inklusive Anamnese, Risikofaktoren und Bildgebung ist entscheidend für den Erfolg und die Sicherheit. Die Bedeutung von periprozeduralem Management und strukturierter Nachsorge wird hervorgehoben. Komplikationen wie Perikardtamponade, Schlaganfall und Phrenikusparese erfordern strukturierte Abläufe und erfahrene Teams. Besonders bei Patienten mit Herzinsuffizienz zeigt sich die Ablation als potenziell prognoseverbessernd. Die Zertifizierung von Zentren durch die DGK dient der Qualitätssicherung. Neue Entwicklungen wie KI-gestützte Ablationsplanung und Studien zur OAK-Strategie nach Ablation werden die Praxis weiter verändern.

Schlüsselwörter

Arrhythmie · Vorhofflimmern · Antikoagulation · Katheterablation · Interventionelle Kardiologie

erbracht. In Anbetracht der steigenden Nachfrage und der im Verhältnis begrenzten personellen und strukturellen Ressourcen wird die Möglichkeit einer tagesgleichen Entlassung („same day discharge“) nach Katheterablation diskutiert. Auf Basis der bestehenden Evidenz und gemäß aktuellen Metaanalysen mit bis zu > 150.000 eingeschlossenen Fällen scheint die Komplikationsrate bei einer tagesgleichen Entlassung nach Ablation im Vergleich zur stationären Betreuung in der Nacht nach Ablation bei selektierten Patienten nicht erhöht [3]. Jedoch liegen bislang vor allem retrospektive Daten und nur sehr wenige, kleine randomisiert kontrollierte Studien vor. Weitere Hürden für die Etablierung einer tagesgleichen Entlassung nach AF-Ablation sind die Notwendigkeit zusätzlicher Strukturen für eine adäquate postprozedurale Nachsorge sowie die aktuell unklare Vergütungssituation bei tagesgleicher Entlassung. Im Einklang mit dem entsprechenden Positionspapier der DGK kommt eine tagesgleiche Entlassung nur für ein sehr selektiertes Kollektiv unter Einhaltung strenger Kriterien hinsichtlich Prozedur und Nachsorge infrage [4]. Hier müssen die gleichen Kriterien erfüllt werden, die auch für die stationäre Versorgung an zertifizierten AF-Zentren gefordert sind. Die Umsetzung einer strukturierten Qualitätssicherung für die AF-Ablation im ambulanten Rahmen ist derzeit

nicht vorgesehen. Vor diesem Hintergrund und in Zusammenschau mit der limitierten wissenschaftlichen Evidenz empfiehlt die DGK eine überwiegend stationäre Durchführung dieser Prozeduren.

Fazit

Ein steigender Bedarf hinsichtlich der Katheterablation von AF spiegelt die wissenschaftliche Evidenz und die steigenden Prozedurzahlen mit Zunahme der abladierten Zentren in den letzten Jahren wider. Vor dem Hintergrund der aktuell limitierten wissenschaftlichen Daten, der Komplexität der Prozedur und des heterogenen Patientenkollektivs wird für die Mehrzahl der AF-Ablationen die Durchführung im stationären Rahmen empfohlen.

3. Periprozedurales Management/ Risikofaktoren

3.1. Vorhofflimmer-Historie und Zeitpunkt der Ablation

Vor einer Katheterablation sollte eine umfassende Aufarbeitung der patientenspezifischen Anamnese erfolgen. Insbesondere sollte das AF dahingehend evaluiert werden, ob es sich eher um ein (Trigger-induziertes) paroxysmales AF oder (Substratbestimmtes) persistierendes bzw. lang persistierendes AF handelt, da sich die Erfolgsaussichten der Ablation je nach Vorhofflimmertyp unterscheiden [5].

Tab. 1 AF-Risikofaktoren, Management und mögliche Effekte			
Risikofaktor	Mechanismus	Management	Möglicher Effekt
<i>Hypertonie</i>	Erhöhter diastolischer LV-Druck, funkt. MI, „atrial stretch“, LA-Dilatation, atriales Remodelling/ACM	Medikamentöse RR-Einstellung, sportliche Aktivität; Natriumrestriktion	Abnahme des atrialen Stretches, reverses Remodelling
<i>Herzinsuffizienz mit reduzierter Ejektionsfraktion (HFrEF)</i>	Ventrikuläre Dilatation, MI, atriale Dilatation, atriales Remodelling/ACM	Optimierte medikamentöse HI-Therapie	Abnahme des atrialen Stretches, reverses Remodelling
<i>Herzinsuffizienz mit erhaltener Ejektionsfraktion (HFpEF)</i>	Erhöhter atrialer Druck, atriales Remodelling/ACM	Optimierte medikamentöse Therapie; ggf. Therapie der Grunderkrankung	Abnahme des atrialen Stretches, reverses Remodelling
<i>Adipositas</i>	Atriale Inflammation, gesteigerte atriale Fibrosierung	Gewichtsreduktion, sportliche Aktivität, medikamentöse Therapie	Atriales reverses Remodelling mit Fibrosereduktion
<i>Diabetes mellitus</i>	Siehe oben	Siehe oben + SGLT2-Inhibitoren + GLP1-RA	Atriales Remodelling mit Fibrosereduktion
<i>Schlafapnoe</i>	Durch Hypopnoe ausgelöste hypertensive Entgleisungen mit entsprechender LV- und LA-Druckerhöhung, atrialer Stretch, LA-Dilatation	Ggf. CPAP-Maske, Gewichtsreduktion	Abnahme des atrialen Stretches, Remodelling
<i>Alkohol</i>	Elektrolytverschiebungen, inflammatorische Prozesse, LA-Volumenbelastung	Weitestgehende Abstinenz	Abnahme des atrialen Stretches, Remodelling mit Reduktion der Inflammation

Eine besondere Bedeutung kommt dem Zeitpunkt der Ablation im Kontext der Anamnese des Patienten zu: In mehreren Untersuchungen fand sich ein positiver Effekt einer frühen Ablation, um ein atriales Remodelling mit einer zunehmenden Fibrosierung des atrialen Myokards durch (länger anhaltendes) AF zu verhindern [6–8]. Um den Zeitpunkt der Ablation in der individuellen Vorhofflimmerzeitachse eines Patienten zu beschreiben, hat sich dabei die „diagnosis-to-ablation time“ (DAT) als ein leicht zu erhebender und gut zu vergleichender Parameter etabliert [9–11]. Dabei konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden, dass insbesondere eine frühe Ablation mit einer „DAT“ < 1 Jahr mit einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit bezüglich AF-Freiheit verknüpft ist [12].

3.2. Risikofaktoren

Eine gründliche Evaluation möglicher Risikofaktoren für AF, wie z. B. Hypertonie, Herzinsuffizienz, Diabetes mellitus Typ 2, Adipositas, obstruktive Schlafapnoe und Alkoholabusus, ist von größter Bedeutung, da sich in den letzten Jahren herausgestellt hat, dass eine Optimierung dieser Risikofaktoren einen sehr großen Einfluss auf den mittel- und langfristigen Erfolg einer Katheterablation hat (■ **Tab. 1**; [5, 7, 8, 13–15]). Dabei sind insbesondere eine medikamentöse Therapieoptimierung

einer bestehenden Herzinsuffizienz, eine adäquate Blutdruck- und Diabeteseinstellung sowie die Diagnose und Therapie einer Schlafapnoe von großer Bedeutung. Im Sinne eines „Life-style“-Managements wird bei Adipositas eine Gewichtsreduktion mit gleichzeitiger vermehrter körperlicher Aktivität empfohlen, ebenso wird in Bezug auf AF zu einer Alkoholabstinenz geraten. Diese Maßnahmen können neben den mittel- und langfristigen positiven Effekten entscheidend zu einer sicheren und erfolgreichen AF-Ablation beitragen [16, 17]. Die aktuellen Leitlinien geben hier einen konkreten Überblick über Grenzwerte und einzuleitende Maßnahmen.

3.3. Atriales Remodelling – atriale Kardiomyopathie

Den variablen Erfolgsaussichten einer Katheterablation liegt u. a. ein unterschiedlich weit fortgeschrittenes atriales Remodelling bis hin zu einer atrialen Kardiomyopathie (ACM) zugrunde [18]. Ein fortgeschrittenes Remodelling stellt ein erhöhtes Risiko für intraatriale Thrombenbildung dar und kann die Planung zum periprozeduralen Vorgehen beeinflussen, z. B. eine Entscheidung für ein intraprozedurales 3D-Mapping zur Darstellung atrialer Fibrose oder eine ggf. erweiterte (substratbasierte) Ablationsstrategie.

3.4. Präprozedurale Bildgebung – Anatomie

Zur umfassenden Darstellung der individuellen kardialen Anatomie (u. a. Ventrikelfunktion, Klappenvitien, Vorhofgröße) und ggf. anatomischer Varianten sollte vor jeder Katheterablation mindestens eine transthorakale Echokardiographie (TTE) erfolgen.

Als weitere kardiale Bildgebungsverfahren stehen dabei insbesondere die CT- und die MRT-Untersuchung zur Verfügung. Der Vorteil der CT-Untersuchung (die auch einen gleichzeitigen Thrombusschluss erlaubt) liegt in der sehr viel höheren Auflösung; durch Weiterentwicklung der CT-Technologie können diese Untersuchungen (z. B. mit einem „photon-counting CT“) mit sehr geringen Strahlendosen (ca. 1–3 mSV) durchgeführt werden. Der Vorteil der MRT ist die Abwesenheit von Röntgenstrahlung und die zusätzliche Möglichkeit einer Gewebecharakterisierung. Allerdings ist die Validität angesichts der sehr geringen atrialen Wanddicke bei gleichzeitig sehr langen Akquisitionszeiten fraglich. Die Indikation zur Durchführung dieses Verfahrens erfordert neben besonderer Expertise eine sorgfältige präprozedurale Planung und kann z. B. bei vermuteten oder bekannten anatomischen Varianten ergänzend hilfreich sein [19].

3.5. Präprozeduraler Thrombenausschluss

Der Grund für den präinterventionellen Ausschluss von linksatrialen Thromben mittels Bildgebung liegt in der Reduktion thrombembolischer Ereignisse, wobei aber auch das potenzielle Risiko z.B. der TEE-Untersuchung berücksichtigt werden sollte. Die aktuellen Leitlinien gehen hier den Weg der maximierten Sicherheit bezüglich des thrombembolischen Risikos. Aktuelle Daten legen nahe, dass dieses Risiko bei Patienten mit paroxysmalem AF und/oder einem CHA₂DS₂-VA-Score ≤ 2 gering ist. Das Risiko scheint erhöht bei Patienten mit persistierendem AF und einem CHA₂DS₂-VA-Score ≥ 3 sowie bei Patienten mit hypertropher Kardiomyopathie, kardialer Amyloidose oder rheumatischer Herzerkrankung [7, 20].

Orientierend soll bei Patienten mit einem CHA₂DS₂-VA-Score ≥ 3 ein präinterventioneller Ausschluss eines intraatrialen Thrombus auch trotz bestehender durchgehender Antikoagulation (mittels TEE, kontrastmittelgestützter kardialer CT oder auch MRT) großzügig erwogen werden [21].

Nach Ansicht der DGK sollte eine präprozedurale (<48 h vor der Ablation) Bildgebung zum Ausschluss von Thromben zudem erfolgen, wenn

1. die Anamnese eines LAA-Thrombus besteht,
2. die Anamnese eines thrombembolischen Ereignisses besteht,
3. eine hypertrophe Kardiomyopathie, rheumatische Herzerkrankung oder Amyloidose vorliegt,
4. das LAA elektrisch isoliert ist
5. eine OAK kürzer als 3 Wochen besteht, die OAK nicht sicher verlässlich eingenommen wurde oder entsprechend Fachinformation unterdosiert war.

3.6. Periprozedurale orale Antikoagulation

Zur Prävention intrakardialer Thromben wird eine OAK auf Basis des CHA₂DS₂-VA-Scores empfohlen. Dabei sollte generell eine OAK ab einem Score von ≥ 2 erfolgen; vor einer Katheterablation wird allerdings bei allen Patienten unabhängig vom thrombembolischen Risiko eine min-

destens dreiwöchige präprozedurale OAK gefordert (s. oben) [7, 8]. In den aktuellen internationalen Leitlinien werden dabei für die Initiierung einer OAK DOAK gegenüber den Vitamin-K-Antagonisten präferiert [22]. Ferner wird empfohlen, die Katheterablation unter kontinuierlicher, suffizienter OAK durchzuführen. Konkret bedeutet dies, dass im Falle der Gabe eines Vitamin-K-Antagonisten zum Zeitpunkt der Ablation ein therapeutischer INR angestrebt werden soll, während bei allen DOAK maximal eine (Morgen-)Dosis ausgelassen werden soll [7, 8].

Fazit

Die genaue Evaluation der AF-Anamnese ist entscheidend, um die Prognose und damit das zu erwartende Ergebnis der Ablation abschätzen zu können.

Die Vermeidung von Komplikationen gerade im Hinblick auf thrombembolische Ereignisse, ist ein zentrales Ziel der Ablation und bedarf einer genauen Berücksichtigung der patientenspezifischen Kriterien für die Antikoagulation vor, während und nach der Ablation.

4. Aktuelle Datenlage Indikationsstellung

Auf Basis aktueller Evidenz und der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Ablationstechnologien sind in den letzten Jahren die Leitlinienempfehlungen der „European Society of Cardiology“ (ESC) für die Katheterablation in verschiedenen Kollektiven gestärkt und spezifiziert worden [7]. Das Hauptziel der AF-Ablation ist unverändert die Reduktion der AF-Last und AF-assoziiierter Symptome. Darüber hinaus können der Progress der Erkrankung und das Fortschreiten des atrialen Remodellings aufgehalten oder verzögert werden. Ein prognoseverbessernder Effekt einer AF-Ablation konnte bislang nur in definierten Subgruppen nachgewiesen werden [23, 24]. Ein genereller prognostischer Nutzen einer Katheterablation zur Behandlung von AF ist aktuell nicht belegt und bedarf einer sorgfältigen individuellen Abwägung. Dennoch sollte eine Katheterablation früh erwogen werden, um die Progression zu persistierendem AF und damit einem verminderten Ablationserfolg zu vermeiden [25].

Bei paroxysmalem AF kann die Katheterablation aufgrund aktueller Evidenz mit dem Ziel einer Symptomverbesserung und Reduktion des AF-Progresses als Erstlinientherapie ohne vorherigen medikamentösen antiarrhythmischen Therapieversuch in Betracht gezogen werden, spätestens bei unzureichendem Therapieerfolg oder Unverträglichkeit einer medikamentösen Therapie [7]. Eine spezifische Empfehlung für die Katheterablation existiert für Patienten mit Herzinsuffizienz und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion (HFrEF) bei Verdacht auf durch AF bedingte Tachy-myopathie [7]. Aufgrund von Hinweisen auf prognostische Vorteile der AF-Ablation bei HFrEF jedweder Genese ist hier die Katheterablation zur Reduktion herzinsuffizienzassoziierter Hospitalisierungen und zur Mortalitätsreduktion empfohlen [7, 23, 24]. Ebenso kann die Katheterablation von AF bei Vorliegen eines Tachykardie-Bradykardie-Syndroms zur Symptomverbesserung und Vermeidung einer Schrittmacherimplantation eingesetzt werden [7] (▣ Abb. 1).

Fazit

Die Kenntnis der Indikationen für die Katheterablation zur Behandlung von Vorhofflimmern (▣ Abb. 1) und die individuelle Patientenevaluation sind entscheidend für die Therapiestratifizierung.

Die Indikationsstellung sollte stets im Rahmen einer partizipativen Entscheidungsfindung (Arzt-Patient) erfolgen.

5. Pulmonalvenenisolation

Für die interventionelle Therapie von AF, die im Wesentlichen aus der elektrischen Isolation der Pulmonalvenen (PVI) besteht, stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich grundsätzlich in thermische (Radiofrequenz [RF]; Kryoablation) und nicht-thermische Verfahren (Pulsed-Field-Ablation [PFA]) einteilen lassen. Die RF-basierte Ablation stellte gemeinsam mit der Kryoballon-basierten Ablation über viele Jahre den Goldstandard im Rahmen der PVI dar [26, 27], wobei die PFA-Technologie seit einiger Zeit einen zunehmenden Stellenwert erlangt [28, 29]. Im Rahmen der RF-Ablation, darf

Indikation zur Katheterablation	Therapieziel	Empfehlungsgrad gemäß ESC-Leitlinien 2024 (PMID: 39210723)	AWMF (2025)
Unzureichende Symptomkontrolle unter medikamentöser antiarrhythmischer Therapie bei paroxysmalem oder persistierendem AF	Reduktion von: - AF-assoziierten Symptomen - AF-Rezidiv - AF-Progress	I, A	„soll“
Erstlinientherapie bei paroxysmalem AF	Reduktion von: - AF-assoziierten Symptomen - AF-Rezidiv - AF-Progress	I, A	„soll“
Erstlinientherapie bei persistierendem AF	Reduktion von: - AF-assoziierten Symptomen - AF-Rezidiv - AF-Progress	IIb, C	„kann*“
HFrEF bei Verdacht auf AF-bedingte Tachymyopathie	Verbesserung der systolischen LV-Funktion	I, B	„soll“
Ausgesuchte Fälle von HFrEF	Reduktion von - Hospitalisierung - Mortalität	IIa, B	„sollte“
Tachykardie-Bradykardie-Syndrom	Reduktion von - Symptomen - Notwendigkeit einer Schrittmacherimplantation	IIa, C	n/a

Abb. 1 ▲ Gegenüberstellung der Indikation zur Katheterablation von AF (ESC- und AWMF-Leitlinien).

* Zur Reduktion von AF-Episoden, Krankenhausaufenthalten und Kardioversionen sollten symptomatische Patienten mit persistierendem AF über eine Katheterablation im Sinne der Nutzen-Risiko Abwägung beraten werden

die zirkumferenzielle Isolation der jeweils ipsilateralen Lungenvenen mittels „Point-by-point“-Ablation unter Verwendung von 3-D-Mappingsystemen sowie unter Einsatz gespülter „Single-tip“-Katheter („irrigated-tip“) als Standard angesehen werden [17, 30]. Zur Vermeidung von PV-Stenosen wird eine antrale Anlage der zirkumferenziellen Ablation empfohlen, was zudem auch mit einer zusätzlichen Substratmodifikation einhergeht [17, 31].

Auch wenn eine Überlegenheit hinsichtlich der Sicherheit durch Verwendung von Anpressdruck(CF)-Kathetern bisher nicht reproduzierbar gezeigt werden konnte, wurden kürzere Prozedurzeiten, höhere akute PV-Isolationsraten („first-pass isolation“) und höhere Ein-Jahres-Erfolgsraten unter Verwendung von CF-Kathetern beschrieben. Dies gilt insbesondere in Verbindung mit Ablations-

Indizes, die Algorithmen zur Abschätzung der Läsionsqualität verwenden (z.B. „ablation index“ [AI], „lesion size index“ [LSI]) [31–36]. Neben der konventionellen RF-Ablation wird die sog. „High-power short-duration“-Ablation (HPSD; > 40 W, häufig 50 W oder mehr) mit deutlich verkürzten Applikationszeiten angewandt [37, 38]. Mit HPSD sind kürzere Prozedurzeiten bei vergleichbarem Sicherheitsprofil, geringerer PV-Rekonnektionsrate sowie höherer Rezidivfreiheit atrialer Tachyarrhythmien berichtet [37–40]. Neuere Katheterdesigns (z.B. „Lattice-tip“-Katheter), könnten in Zukunft für die Ablation von AF von Bedeutung sein [41–44].

5.1. Pulmonalvenenisolation mittels Kryoballon

Mit der Kryoballonablation als ein Standardverfahren zur PVI kann mittels einer einzigen Applikation („single-shot“) die Isolation einer Pulmonalvene erzielt werden. Die Kathetervisualisierung und -steuerung erfolgt fluoroskopisch ohne Notwendigkeit eines 3D-Mapping-Systems, wodurch die Komplexität der Prozedur reduziert wird [17]. Die intra-prozedurale Fluoroskopiedauer ist im Vergleich zur Radiofrequenzablation tendenziell höher [45].

In Bezug auf die Effektivität zeigte sich die Kryoballonablation im Vergleich zur Radiofrequenz(RF)-Ablation in der FIRE and ICE- und der CIRCA-DOSE-Studie als nicht unterlegen bei einem ebenso günstigen Sicherheitsprofil [45, 46]. In randomisiert kontrollierten multizentrischen Studien konnte die Überlegenheit der Kryoballonablation gegenüber der antiarrhythmischen medikamentösen Therapie auch als Erstlinientherapie bei paroxysmalem AF gezeigt werden. In der EARLY-AF-Studie konnte zudem eine relevante Reduktion der AF-Last nachgewiesen werden [47]. Auch bei Vorliegen von kardialen Co-Morbiditäten wie Herzinsuffizienz zeigte sich das Kryoballonverfahren effektiv und sicher [48].

5.2. Pulmonalvenenisolation mittels „Pulsed-Field-Ablation“ (PFA)

„Pulsed-Field-Ablation“ (PFA) ist ein neuartiges, nichtthermisches Ablationsverfahren, bei dem eine irreversible Zellschädigung mittels elektrischer Impulse und Erzeugung hoher lokaler Spannung hervorgerufen wird. Im Gegensatz zu thermischen Ablationsverfahren scheint diese Energieform in dem für die Katheterablation genutzten Setting selektiv auf Kardiomyozyten zu wirken und Komplikationen wie die Schädigung extrakardialer Strukturen zu reduzieren. In dem multizentrischen, groß angelegten MANIFEST-Register mit über 17.000 eingeschlossenen Prozeduren an 116 internationalen Zentren wurden keine Fälle atrioösophagealer Fisteln oder irreversibler Phrenikusparesen beobachtet [49].

Im Vergleich zu thermischen Ablationsverfahren zeigte sich PFA in der ADVENT-Studie in Bezug auf Effektivität im 1-Jahres-Follow-up als nicht unterlegen [28]. Schwerwiegende Komplikationen waren selten und zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (1,7 % vs. 2,1 %, $p > 0,999$). In der im April 2025 veröffentlichten SINGLE SHOT CHAMPION-Studie wurde die Kryoballoonablation (*Arctic Front, Medtronic, Minneapolis, MN, USA*), mit einer PFA-Technologie (*Farapulse, Boston Scientific*) randomisiert, prospektiv an 210 Patienten untersucht. Es zeigte sich eine Nichtunterlegenheit der PFA- gegenüber der Kryoballoonablationsgruppe (50,7 % vs. 37,1 % Rezidivrate) [50].

Ein Vorteil der PFA besteht in der niedrigen Komplexität der Handhabung und kurzen Prozedurzeiten, insbesondere in Anbetracht des steigenden Bedarfs an interventionellen Therapien von AF [17, 28, 51, 52]. Im Hinblick auf den intraprozeduralen Ablationserfolg muss bedacht werden, dass der herkömmliche Endpunkt des Entrance- oder Exitblocks der jeweiligen Pulmonalvene bei PFA nur eingeschränkt verwertbar ist. Durch teils reversible myokardiale „Stunning“-Phänomene verschwindet das lokale elektrische Signal oft bereits nach der ersten Impulsabgabe [53]. Für die Durabilität der Läsionen sind aber die Optimierung des Gewebekontakts und eine adäquate Katheterpositionierung am Pulmonalvenenostium relevant [54, 55]. Mittlerweile sind für die klinische Anwendung verschiedene PFA-Systeme verfügbar, die sich durch unterschiedliche Protokolle der Impulsabgabe und unterschiedliche Katheterformen auszeichnen. Die Evidenz zu direkten Systemvergleichen hinsichtlich Effektivität und Sicherheit ist aktuell gering, jedoch zeigen die meisten Systeme eine mit bisherigen AF-Ablationsverfahren vergleichbare Effektivität. Jedoch müssen die individuelle Effektivität und das Komplikationsprofil in Zukunft weiter evaluiert werden.

Trotz vermeintlich reduzierter prozeduraler Komplexität ist auch für diese Technologie eine ausreichende Erfahrung hinsichtlich linksatrialer Ablationsprozeduren notwendig. Die Bedeutung neuartiger, bislang seltener Komplikationen wie Hämolyse und Koronarspasmen bedarf weiterer

Beobachtung und wissenschaftlicher Aufarbeitung in größeren klinischen Kollektiven.

Fazit

Eine PVI, die den Grundpfeiler der AF-Ablation darstellt, wird derzeit vor allem mittels RF-, Kryoballoonablation und PFA durchgeführt. Diese Verfahren zeigen sich in der langfristigen Effektivität vergleichbar.

Bei der RF-Ablation können Anpresskraft, Ablationsindizes und ggf. der Einsatz von HPSD dazu beitragen, die Prozedurzeiten zu reduzieren und die Rezidivrate zu senken.

Die Kryoballoonablation ist als „Single-shot“-Verfahren mit günstigem Sicherheits- und Effektivitätsprofil etabliert. Das Vermeiden von permanenten Phrenikusläsionen kann durch intraprozedurale Maßnahmen unterstützt werden (s. Abschn. 8.4.).

Bei PFA bestehen Hinweise auf eine Reduktion spezifischer Komplikationen wie Phrenikusparese und ösophageale Komplikationen und eine kürzere Prozedurdauer.

6. Strategie für persistierendes Vorhofflimmern

Trotz der vielfältigen technologischen Weiterentwicklungen gibt es nur wenige konkrete Empfehlungen für die Ablation von persistierendem AF über die PVI hinaus. Einer der zentralen „Advice TODO“-Empfehlungen besagt, dass bei jedem Patienten die elektrische Isolation der Pulmonalvenen als Endpunkt der Prozedur erreicht werden soll. Darüber hinaus wird empfohlen, im Falle von zusätzlicher linearer Ablation einen bidirektionalen Block der Ablationslinien sicherzustellen.

Für die Alkoholablation der „vein of Marshall“ besteht entsprechend dem Konsensuspapier der EHRA eine „May be appropriate to do“-Indikation [8]. Zudem wird in diesem Papier ausdrücklich auf die „Advice NOT TO DO“-Empfehlung für die Substrat-ablation, basierend auf MRT-Daten, hingewiesen. Die übrigen Ablationskonzepte sind zwar nicht explizit empfohlen, werden jedoch der Vollständigkeit halber im Folgenden kurz erwähnt. Insgesamt ist die Evidenzlage aber so gering, dass in der ESC-Leitlinie keine Empfehlung über eine PVI hinaus erfolgt, während, entsprechend den US-amerikanischen Leitlinien, diese zusätzlichen Strategien zumindest erwogen werden können [56].

Die Hinterwand des linken Vorhofs (LA) hat embryonale Gemeinsamkeiten mit den Pulmonalvenen und potenziell arrhythmogene Eigenschaften [57]. Insofern bietet sich die empirische Substratmodifikation bzw. Isolation der Hinterwand des LA (LP-WI) möglicherweise an, um etwaige Trigger aus dieser Region zu eliminieren. Bisherige Studien konnten allerdings keinen reproduzierbaren Benefit zeigen, wenn zusätzlich zur reinen PVI eine Isolation der LA-Hinterwand erfolgte [58–60].

Additive lineare Läsionen zur Substratmodifikation neben einer Dachlinie und einer inferioren LA-Linie zur Isolation der Hinterwand sind insbesondere die anteriore Linie und die posteriore Mitralisthmuslinie. Wenngleich die Anlage solcher Ablationslinien eine Berechtigung bei linksatrialen Tachykardien hat, ist die Datenlage hinsichtlich einer empirischen Anlage zur Vermeidung von Vorhofflimmerrezidiven inkonsistent. Kürzlich publizierte Untersuchungen konnten bei Patienten mit persistierendem AF und Niedervoltage im LA eine Reduktion der Rezidivrate atrialer Tachyarrhythmien durch zusätzliche Ablationslinien bzw. Substratmodifikation im Vergleich zur reinen PVI zeigen [61, 62]. In den älteren STAR-AF II- und CHASE-AF-Studien konnte in der rein empirischen, an fraktionierten Elektrogrammen orientierten zusätzlichen Substratmodifikation kein Benefit gegenüber einer alleinigen PVI bei vergleichbarer Sicherheit gezeigt werden [63, 64].

Die elektrische Isolation des linken Vorhofes kann potenziell die Rezidivfreiheit von atrialen Tachyarrhythmien erhöhen, wie in der randomisierten BELIEF-Studie bei Patienten mit lang anhaltend persistierendem AF gezeigt wurde [65]. Die kürzlich publizierte randomisierte ASTRO-AF-Studie konnte allerdings keinen Benefit hinsichtlich einer verbesserten Rezidivfreiheit nach LAA-Isolation mittels Kryoballoon bei paroxysmalem oder persistierendem AF und isolierten Pulmonalvenen im Vergleich zur Substratmodifikation nachweisen. Somit bleibt der Stellenwert der LAA-Isolation unklar und aktuell Patienten mit nachgewiesenen Triggern oder atrialen Tachykardien mit LAA-Ursprung vorbehalten [66]. Abhängig von der technischen Umsetzung der LAA-Isolation (segmentale LAA-Isolation bzw. LAA-Isolation mittels

Anlage langer linearer Läsionen im LA) wurde zudem eine erhöhte Rate thromboembolischer Ereignisse trotz adäquater Antikoagulation beschrieben [67–69].

Im Fall eines Wiederauftretens von AF empfehlen die ESC-Leitlinien zur Therapie von Vorhofflimmern eine Wiederholung der Ablationsbehandlung, wenn Patienten initial von der Prozedur profitiert haben (IIa) [7]. Sollte eine erneute Ablationsbehandlung notwendig sein, empfiehlt die DGK, die Zweitprozedur nicht mit der initial verwendeten Technologie durchzuführen. Präferenziell sollte die Wiederholungsprozedur mit elektroanatomischer Darstellung des Substrates und Punkt-für-Punkt-Ablation mittels Hochfrequenzstrom erfolgen, insbesondere, wenn neben Vorhofflimmern atriale Tachykardien aufgetreten und dokumentiert sind.

Fazit

Die elektrische Isolation der Pulmonalvenen ist der wichtigste Endpunkt für die AF-Ablation und sollte bei jedem Patienten erreicht werden.

Sollten lineare Läsionen erforderlich und angelegt worden sein, so ist deren bidirektionaler Leitungsblock zu erreichen und nachzuweisen.

7. Katheterablation von Vorhofflimmern bei Herzinsuffizienz

Vorhofflimmern und Herzinsuffizienz treten häufig gemeinsam auf und verstärken sich gegenseitig. Die Prävalenz von AF ist höher bei Herzinsuffizienz und erhaltener Ejektionsfraktion (HFpEF) als bei Herzinsuffizienz mit reduzierter Ejektionsfraktion (HFrEF). Da Komorbiditäten und Risikofaktoren als zentraler Bestandteil des Patientenmanagements in den aktuellen Leitlinien verankert sind, spielt das Management der Herzinsuffizienz eine zentrale Rolle in der Behandlung von AF [7].

Randomisierte kontrollierte Studien belegen, dass die Katheterablation von AF bei Patienten mit Herzinsuffizienz und reduzierter Ejektionsfraktion zu einer Reduktion der AF-Last und einer Verbesserung der LVEF führt. Außerdem führte die AF-Ablation bei ausgewählten Patienten zu einer Reduktion der Mortalität und Herzinsuffizienzhospitalisierungen [24, 70–79]. In der CAMERA-MRI-Studie wurden 66 Pati-

enten mit persistierendem AF und nichtischämischer Kardiomyopathie entweder zu einer Katheterablation oder einer medikamentösen Frequenzkontrolle randomisiert [74]. Patienten in der Gruppe der Katheterablation zeigten eine signifikante Besserung der LVEF im Vergleich zu Patienten in der Frequenzkontrollgruppe. Darüber hinaus kann die Katheterablation bei HFrEF-Patienten die Prognose begünstigen. Die CASTLE-AF-Studie untersuchte Patienten mit paroxysmalem oder persistierendem AF und Herzinsuffizienz NYHA-Klasse > I mit mittlerer LVEF $\leq 35\%$ und implantiertem ICD. Die Patienten wurden randomisiert in Katheterablation oder medikamentöse Therapie mit Frequenz- oder Rhythmuskontrolle. In der Katheterablationsgruppe trat der primäre Endpunkt (Tod jeglicher Ursache oder Hospitalisierung aufgrund Verschlechterung der Herzinsuffizienz) nach 3,1 Jahren signifikant seltener auf. Zudem war die Mortalität in der Katheterablationsgruppe relativ um 47% reduziert [23]. In der CASTLE-HTx-Studie zeigte die Katheterablation im Vergleich zur medikamentösen Therapie bei Patienten mit symptomatischem AF und fortgeschrittener HFrEF eine signifikante Reduktion des kombinierten Endpunkts aus Tod jeglicher Ursache, Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems oder dringlicher Herztransplantation [24]. Deshalb sollte eine Ablation bei Patienten mit HFrEF aus prognostischen Gründen in Erwägung gezogen werden.

Für den Behandlungserfolg ist eine enge Zusammenarbeit von Herzinsuffizienzspezialisten und Rhythmologen essenziell und muss in jedem Ablationszentrum etabliert sein. Faktoren wie NYHA-Klasse (III/IV), ischämische Ätiologie der Herzinsuffizienz, paroxysmales AF, verlängerte QRS-Dauer (> 120 ms), hochgradige Dilatation des linken Vorhofs (> 50 ml/m²) sowie atriale und ventrikuläre Fibrose sind Prädiktoren der Verbesserung der LVEF nach der Katheterablation [76, 78, 80–82].

Die ESC-Leitlinie von 2024 empfiehlt die Katheterablation von AF bei HFrEF und hoher Wahrscheinlichkeit einer Tachykardie- oder AF-induzierten Kardiomyopathie (s. **Abb. 1**; [7]).

Der prognostische Nutzen der Katheterablation bei Patienten mit HFpEF ist weniger gut etabliert als bei HFrEF [48, 82–88].

Eine Subanalyse der CABANA-Studie ergab, dass bei Patienten mit Herzinsuffizienzsymptomen (NYHA-Klasse $\geq$ II), Patienten mit LVEF $\geq 50\%$ (79% der Patienten in der CABANA-Studie) die Katheterablation im Vergleich zur medikamentösen Therapie zur Reduktion der Rezidivraten und Verbesserung der Lebensqualität und des Überlebens führte [89]. Bei HFpEF (LVEF $\geq 50\%$) reduzierte die Ablation die Mortalität im Vergleich zur medikamentösen Therapie um 60%. [79]. Die laufende randomisierte Studie CABA-HFpEF adressiert diese Fragestellung [90].

8. Komplikationen der Vorhofflimmerablation

Die Katheterablation von AF ist ein komplexes elektrophysiologisches Verfahren, das trotz prozeduralem und technischem Fortschritt weiterhin eine relevante Komplikationsrate aufweist. Für die Qualitätssicherung des abladierten Zentrums ist die Kenntnis aller Komplikationen essenziell. Darüber hinaus wird auch in den Voraussetzungen für die Zertifizierung des Ablationszentrums gefordert, dass eine SOP für das Erkennen und das Management dieser Komplikationen vorliegt. Inhaltlich müssen hier vor allem lokale Gegebenheiten wie Notfall-Telefonnummern, Bestellungen von Blutprodukten, Kontakt zu neurologischen oder herzchirurgischen Abteilungen detailliert im Sinne eines für jeden anwendbaren „Kochrezeptes“ hinterlegt und für jeden an der Prozedur Beteiligten zugänglich sein.

Die Komplikationsrate der Katheterablation von AF liegt konsistent im Bereich von 2,5–8%. Todesfälle im Krankenhaus sind sehr selten. In erfahrenen Zentren liegt die Krankenhaussterblichkeitsrate im Bereich von 0,05–0,1% [91, 92].

Die Komplikationsrate scheint mit steigender Erfahrung zu sinken [93]. Eine Metaanalyse der Sicherheitsendpunkte randomisierter kontrollierter Studien zeigte einen signifikanten Rückgang der Gesamtkomplikationsrate im Zusammenhang mit der Katheterablation von AF in den Jahren 2018–2022 im Vergleich zum Zeitraum 2013–2017 [91]. Das weibliche Geschlecht scheint unabhängig mit einem höheren Risiko für Komplikationen und längere Krankenhausaufenthalte assoziiert zu sein [94].

Tab. 2 Häufigkeiten der Hauptkomplikationen der Vorhofflimmerablation [99]

Komplikation	Häufigkeit (%)
Periprozeduraler Tod	0,05–0,1
Atrioösophageale Fistel	0,02–0,1
Periprozedurale Thromboembolie	0,15–0,5
Perikardtamponade	0,4–1,3
Schwere Pulmonalvenenstenose	0–0,5
Permanente Phrenikusparese	0,08–0,1
Leistenkomplikationen	1–4
Asymptomatische zerebrale Läsionen	5–30

Eine persistierende N.-phrenicus-Lähmung nach einer PVI wird selten, aber fast ausschließlich nach Kryoablation beobachtet, während die ebenfalls sehr seltenen Ösophagusperforationen eher bei Ablationsverfahren mit Hochfrequenzstrom beschrieben sind [95, 96].

Für die PFA sind die Daten derzeit noch limitiert, deuten jedoch auf eine ähnliche Gesamtkomplikationsrate im Vergleich zu den thermischen Energiequellen hin [28]. Aufgrund des spezifischen Effekts der Elektroporation auf Kardiomyozyten scheinen weniger extrakardiale Nebenwirkungen aufzutreten. Bei ausgedehnten PFA-Applikationen sind sowohl Hämolyse als auch Koronarspasmen beobachtet worden [49, 97, 98].

Die Hauptkomplikationen der Katheterablation von AF sind in **Tab. 2** aufgeführt. Einige Komplikationen wie die Perikardtamponade, der Schlaganfall oder die atrioösophageale Fistel sind schwerwiegend oder unmittelbar lebensbedrohlich und erfordern sofortige und notfallmäßige Behandlung.

8.1. Gefäßkomplikationen

Die häufigsten Komplikationen der Katheterablation von AF und umfassen Leistenhämatome, Pseudoaneurysmen der Femoralarterien, arteriovenöse Fisteln und retroperitoneale Blutungen. Aktuelle Schätzungen nach liegt die Inzidenz zwischen 1 und 4 % [91].

Die meisten Leistenhämatome können konservativ oder mittels Kompression behandelt werden. Komplikationen wie das

Pseudoaneurysma, die arteriovenöse Fistel und retroperitoneale Blutungen können jedoch Bluttransfusionen und/oder chirurgische oder perkutane Versorgungen erforderlich [100] machen, was zu erhöhter Morbidität und längerem Krankenhausaufenthalt führt.

Zur Reduktion von Gefäßkomplikationen sollte eine Ultraschall-gesteuerte Punktion erwogen werden, da erste randomisierte Daten einen Vorteil für dieses Vorgehen zeigen konnten [101, 102].

8.2. Thrombembolische Ereignisse

Thrombembolische Ereignisse gehören zu den relevantesten Komplikationen der AF-Ablation. Sie manifestieren sich klinisch in nahezu allen Fällen als Schlaganfälle oder transitorisch-ischämische Attacken (TIA). In aktuellen großen Fallserien liegt die Inzidenz von Schlaganfällen oder TIA nach Katheterablation im Bereich von 0,15–0,5 % [92].

Thrombembolische Ereignisse treten typischerweise innerhalb von 24 h nach der Ablation auf, wobei sich die Hochrisikoperiode auf die ersten 2 Wochen nach der Ablation erstreckt [103, 104]. Mögliche Gründe für thrombembolische Komplikationen sind die Entwicklung von Thromben an oder in Schleusen und Ablationskathetern, Karbonisierung („Charring“) an dessen Spitze, die Mobilisierung eines bereits vorhandenen LA-Thrombus und eine elektrische Kardioversion während der Prozedur. Daher wird ein striktes Antikoagulationsprotokoll während des Eingriffs mit einer Ziel-ACT von > 300 s empfohlen (**Abb. 2**). Die Heparin-Gabe sollte unmittelbar nach Erreichen des Zugangs zum linken Vorhof erfolgen. Entsprechend dem Konsensusdokument der EHRA kann ein Teil der Gabe als Bolus auch vor der transeptalen Punktion appliziert werden [8]. Die Diagnose thrombembolischer Ereignisse erfolgt über die Anamnese, die körperliche Untersuchung und die Bildgebung mittels CT und MRT. Die Einbeziehung von Neurologen und interventionellen Radiologen mit Erfahrung in der interventionellen Behandlung zentraler Embolien ist von großer Bedeutung.

8.3. Herzbeutel-tamponade

Die Herzbeutel-tamponade ist nach wie vor die häufigste, potenziell lebensbedrohliche Komplikation der Vorhofflimmerablation. Die Inzidenz liegt zwischen 0,4 und 1,3 % [92]. Die höhere Inzidenz einer Herzbeutel-tamponade während der AF-Ablation im Vergleich zu anderen elektrophysiologischen Prozeduren ist in der Notwendigkeit des transeptalen Zugangs, einer umfangreichen Kathetermanipulation und -ablation im linken wie im rechten Vorhof sowie der erforderlichen Antikoagulation während des Eingriffs begründet. Die häufigsten Ursachen für eine Herzbeutel-tamponade während einer AF-Ablation sind eine transeptale Fehlpunktion, ein direktes mechanisches Trauma des LA und Überhitzung während der RF-Energieabgabe mit oder ohne Entwicklung eines „Steam-Pops“.

Eine Herzbeutel-tamponade präsentiert sich entweder als abrupt oder allmählicher Blutdruckabfall. Ein frühes Anzeichen einer Herzbeutel-tamponade kann eine verringerte oder fehlende Exkursion der Herzsilhouette in der Röntgendurchleuchtung (LAO) bei gleichzeitigem Blutdruckabfall und Anstieg der Herzfrequenz sein. Die Diagnose wird durch eine sofortige Echokardiographie bestätigt. Wichtig ist, dass sich eine Herzbeutel-tamponade auch verspätet zeigen kann [100].

Ein frühzeitiges Erkennen und die schnelle angemessene Behandlung einer Herzbeutel-tamponade mittels Perikardpunktion und Drainage ist zwingend erforderlich (**Abb. 3**). Sobald das Perikard drainiert wurde, muss der Patient in Bezug auf anhaltende Blutungen überwacht werden. Die Antagonisierung der Antikoagulation mit Protamin kann hilfreich sein, um die Blutung zu stoppen. Sie kann allerdings auch zur Bildung eines Thrombus im Pigtail-Katheter oder Thrombosierung des Perikards führen. Der Drainagekatheter wird häufig für einige Stunden belassen, kann je nach Ausmaß der Blutung und Ermessen der Untersucher auch bereits im Katheterlabor entfernt werden.

Für die gegebenenfalls notwendige operative (herzchirurgische) Versorgung von Patienten mit Perikardtamponade müssen standardisierte Vorgehensweisen



Abb. 2 ◀ Prävention, Diagnose und Management der zerebralen Thromboembolie

(SOP) vorhanden sein. In diesen muss neben dem jeweiligen Ansprechpartner in der Herzchirurgie möglichst auch das Vorgehen zur Verlegung in einen kardiochirurgischen OP beschrieben sein. Bei Zentren ohne interne Herzchirurgie wird eine Kooperation mit einem herzchirurgischen Zentrum zur notfallmäßigen Übernahme und Versorgung dieser Patienten gefordert.

8.4. Phrenikusparesie

Die Phrenikusparesie resultiert aus einer direkten Verletzung des N. phrenicus (NP). Der rechte NP ist nahezu ausschließlich betroffen, da er in unmittelbarer Nähe der Ablationsstellen zu den beiden rechtsseitigen Lungenvenen und der V. cava superior verläuft. Eine Phrenikusparesie wird bei allen Technologien der thermischen AF-Ablation beobachtet, die Mehrheit der Fälle tritt jedoch nach einer Kryoablation auf [105, 106]. Basierend auf aktuellen PFA-

Registern mit dem „Pentaspline“-PFA-Katheter ist das Auftreten einer NP-Lähmung mit einer PFA-basierten Ablation (Farapulse, Boston Scientific) äußerst selten [51].

Die Phrenikusfunktion muss vor allem während der Kryoablation überwacht werden (▣ Abb. 4). Die Ablation sollte beim ersten Anzeichen einer Phrenikusverletzung sofort unterbrochen werden. Eine Phrenikuslähmung kann asymptomatisch sein oder Dyspnoe, Tachypnoe, Husten, Schluckauf und Brustschmerzen verursachen. Bei Patienten mit anhaltender NP-Lähmung erholt sich die Nervenfunktion innerhalb von Wochen und bei der überwiegenden Mehrheit innerhalb von 12 Monaten. Bei 0,08–0,1 % der Patienten persistiert die PN-Paresie [95].

8.5. Pulmonalvenenstenose

Die Pulmonalvenenstenose entsteht durch thermische Verletzungen des Endothels der Pulmonalvenen (PV). Mit Verlassen

der ostialen hin zur antralen Ablation und dem gestiegenen Bewusstsein, dass eine Energieabgabe innerhalb der PV vermieden werden sollte, hat sich die Rate dieser Komplikation erheblich verringert (aktuell 0–0,5 %) [91]. Pulmonalvenenstenosen wurden sowohl bei Punkt-für-Punkt-RF-Ablationen als auch bei Kryoballonablationen beschrieben [107, 108]. Ablationen innerhalb der PV sollten vermieden werden, können jedoch aufgrund von Verschiebungen in der dreidimensionalen elektroanatomischen Karte, Atembewegungen und/oder mangelnder Katheterstabilität auftreten. Symptome treten gegebenenfalls Wochen bis Monate nach der Ablation auf und umfassen (Belastungs-)Dyspnoe, Hämoptysen, Husten, (wiederkehrende) Pneumonien sowie Brustschmerzen. Die Diagnose wird durch CT-Angiographie, MRT, Perfusionsscans, TEE oder invasive Pulmonalvenenangiographie gestellt. Die bevorzugte Bildgebungsmodalität ist die MRT- oder CT-Angiographie, da sie eine



Abb. 3 ◀ Prävention, Diagnose und Management der Perikardtamponade

genaue Visualisierung des Ortes und des Schweregrades der PV-Stenose ermöglicht.

Die Behandlung einer PV-Stenose ist schwierig. Bei Symptomen kann eine interventionelle (PV-Angioplastie) oder chirurgische Behandlung in Betracht gezogen werden. Das Dilatationsverfahren ist oft komplex, insbesondere wenn die Ziel-PV vollständig verschlossen ist. Restenosen treten in bis zu 50 % der Fälle auf. Chirurgische Maßnahmen bis hin zu einer Lobektomie oder Pneumektomie werden sehr selten notwendig [109, 110].

8.6. Luftembolie

Die häufigste Ursache einer Luftembolie ist das Eindringen von Luft über die transeptale Schleuse (vor allem in Kombination mit komplexen Katheterdesigns, wie z. B. bei Single-Shot-Ablations-Kathetern) entweder durch die Infusionsleitung oder durch Sog beim Entfernen der Katheter.

Eine häufige Manifestation einer Luftembolie ist eine akute inferiore Koronarischämie und/oder ein AV-Block als Folge von Luftembolien in die rechte Koronararterie. Eine konservative Therapie führt in der Regel innerhalb von Minuten zu einer vollständigen Auflösung. Bei anhaltender Hypotonie und AV-Block können jedoch eine Stimulation und kardiopulmonale Reanimation bzw. Koronarangiographie mit Luftaspiration erforderlich sein. Zur Vermeidung dieser Komplikation muss besonders auf das Vermeiden von Luft in den Spül- und Infusionsleitungen geachtet werden.

8.7. Akute Koronararterienstenose und -verschluss

Verletzungen der Koronararterien während der AF-Ablation sind selten. Der R. circumflexus der LCA kann während der Ablation innerhalb des CS, des Mitralisthmus oder der Basis des linken Vorhofohrs

geschädigt werden. Eine Koronararterienverletzung kann sich als Kammerflimmern oder akuter Myokardinfarkt manifestieren. Eine sofortige Koronarangiographie und Intervention sind in diesem Falle indiziert [111].

Hervorzuheben sind aktuelle Berichte über schwere Koronarspasmen während oder nach der Katheterablation mittels PFA. Diese Komplikationen treten meist während der PFA-Anwendung in der Nähe einer Koronararterie auf. Seltener wurde ein generalisierter Koronarspasmus beschrieben, selbst wenn eine Ablation in der Nähe einer Koronararterie durchgeführt wurde. Dieses Risiko kann durch die Verabreichung von Nitroglycerin vor der PFA-Anwendung in Hochrisikobereichen (CTI/MK-Anulus) reduziert werden [112]. Es bleibt jedoch unklar, ob eine Vorbehandlung mit Nitroglycerin eine direkte Koronararterien-schädigung durch PFA verhindern kann [113].

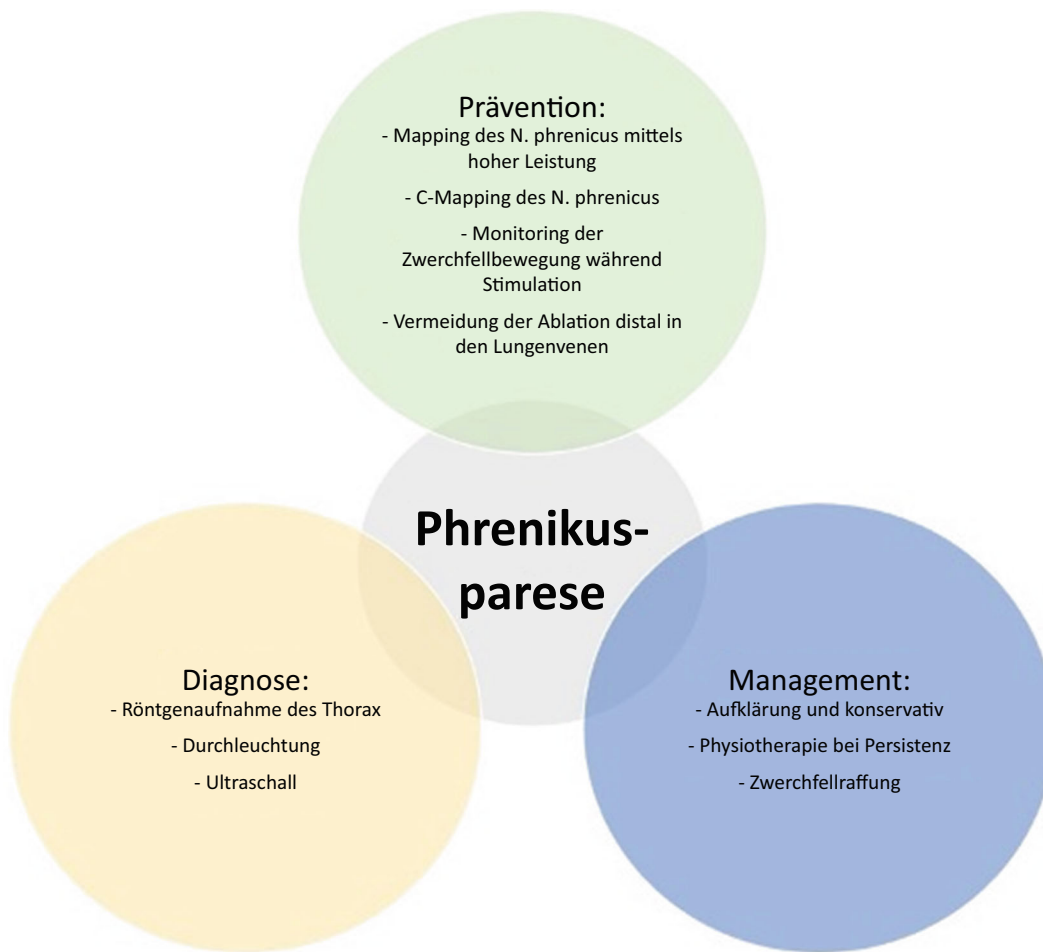


Abb. 4 ◀ Prävention, Diagnose und Management der Phrenikusparesis

Für die Qualitätssicherung des abladierenden Zentrums ist die Kenntnis dieser Komplikationen essenziell. Darüber hinaus wird auch in den Voraussetzungen für die Zertifizierung des Ablationszentrums gefordert, dass eine SOP für das Erkennen und die Behandlung dieser Komplikationen vorliegt. Inhaltlich müssen hier vor allem lokale Gegebenheiten wie Telefonnummern, Bestellungen von Blutprodukten, Kontakt zu neurologischen oder herzchirurgischen Abteilungen detailliert im Sinne eines für jeden anwendbaren Ablaufs hinterlegt und für jeden an der Prozedur Beteiligten zugänglich sein.

Fazit

Auch wenn die AF-Ablation in den letzten Jahren zunehmend sicherer geworden ist, können weiterhin Komplikationen auftreten, die mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln vermieden werden müssen. Personelle, apparative und organisatorische Ablaufoptimierung können helfen, die Häu-

figkeit der Komplikationen zu reduzieren. Zentren mit einer größeren Anzahl von Prozeduren scheinen weniger Komplikationen zu verursachen.

9. Ausblick und neue Entwicklungen

Die Katheterablation von AF hat sich seit der letzten Version dieses Positionspapiers im Jahr 2017 weiterentwickelt. Das schließt neben veränderten Empfehlungsgraden für die Indikation zur Ablation neue Ablationsmodalitäten und innovative Ablationsstrategien ein.

9.1. Patientenselektion

Es besteht Konsens, dass selektionierte Patientengruppen in Bezug auf eine Symptom- und/oder Prognoseverbesserung von einer Ablation ihres Vorhofflimmerns profitieren. Weitere randomisierte Studien müs-

sen abgewartet werden, um eindeutige Empfehlungen für die Ablation als Erstlinientherapie bei Patienten mit Herzinsuffizienz und erhaltener LV-Funktion (HFpEF) aussprechen zu können. Letztere Gruppe ist Gegenstand mehrerer randomisierter Multicenterstudien (z.B. CABA-HFpEF) [114].

9.2. Thrombembolieprophylaxe nach Katheterablation von AF

Bisher gilt nach AF-Ablation die Empfehlung zu einer OAK für mindestens 2 bis 3 Monate. Danach folgt anhand des individuellen CHA₂DS₂-VA-Scores ein Fortführen der OAK unabhängig vom Erfolg der Katheterablation. Im klinischen Alltag zeigt sich aber, dass eine Vielzahl der Patienten dieser Empfehlung nicht folgt und die OAK beendet wird [115]. Es ist vorstellbar, dass bei Eliminierung des AF oder erheblicher Verminderung der AF-Last der Nutzen einer OAK nicht mehr gegeben ist. In der

Tab. 3 Kriterien für DGK-„Ablationszentren“			
Kriterium	Aktuell	Vorher	Anmerkungen
Mindestanzahl jährliche Vorhofflimmerablationen/Zentrum	150 [119]	75	–
Rezertifizierung	Nach 3 Jahren	Erstmalig nach 3 Jahren, dann alle 5 Jahre	Anpassung an die IQTIG-Qualitätskriterien
Rhythmologische Struktur zur tagesgleichen Entlassung	Keine eigenständige Rhythmusambulanz gefordert, allerdings sollte eine Nachsorge der abladierten Patienten standardisiert erfolgen, ggf. in Kooperation mit niedergelassenen Kardiologen	Eigenständige Rhythmusambulanz zur Nachsorge der abladierten Patienten gefordert	–
Präinterventionelle Indikationsstellung	Hierfür sollte eine Struktur vorgehalten werden (ggf. im Rahmen der prästationären Visite), die es Patienten ermöglicht, in ausreichendem Abstand vor dem Eingriff zur differenzierten Indikationsstellung, Durchführung und Nachsorge mündlich und schriftlich aufgeklärt zu werden	Keine Vorgabe	–
Analgosedierung	Ärztliches und Assistenzpersonal muss im Bereich der Sedierung ausreichend geschult sein [120]	Keine Vorgabe	–
Nachsorge/Überwachung	In individuell durch den behandelnden Arzt festzulegenden Fällen können Patienten auch kürzer als 24 h überwachungspflichtig sein. Die Dauer der telemetrischen Überwachung wird durch den behandelnden Arzt unter Berücksichtigung der aktuellen patientenindividuellen Charakteristika festgelegt	Überwachung für mindestens 24–48 h nach Ablation. Mindestens 12 h postinterventionelle EKG-telemetrische Überwachung	–

randomisierten OCEAN-Studie wird aktuell geprüft, ob bei erfolgreich abladierten Patienten nach einem Jahr ASS statt DOAK verordnet werden kann [116].

Eine interventionelle Schlaganfallprophylaxe mittels Vorhofflohrkluder nach AF-Ablation wurde in der OPTION-Studie an 1600 Patienten mit einer fortgeführten DOAK-Therapie verglichen. Nach Vorhofflohrverschluss zeigten sich signifikant weniger Blutungen im Verlauf von 3 Jahren nach der Implantation. Bezüglich des kombinierten Endpunktes aus Sterblichkeit, Schlaganfall und systemischer Embolie konnte bei für diesen Endpunkt nicht ausreichend gepowerter Studie keine Aussage getroffen werden [117].

9.3. Identifikation von Ablationszielen

Insbesondere bei Patienten mit nichtparoxysmalem AF werden häufig Ablationsstrategien zusätzlich zur PVI angewendet. Dies beinhaltet sowohl empirische als auch individualisierte Ablationskonzepte. Letztere werden faktisch immer anhand von Mappinginformationen definiert wie Regionen mit niedrigen Spannungsamplituden („low voltage“) oder Regionen mit charakteristischen lokalen Elektrogram-

men. Möglicherweise kann die Identifikation kritischer Areale durch Software-Algorithmen unter Anwenden künstlicher Intelligenz (KI) unterstützt werden. Erste vielversprechende Ergebnisse haben gezeigt, dass eine KI-basierte Ablation von für die Aufrechterhaltung von AF kritischen Bereichen im linksatrialen Myokard (spatiotemporal Dispersion) zu einer Reduktion des Wiederauftretens von Vorhofflimmern führen kann, auch wenn in dieser Studie eine höhere Rate von atrialen Tachykardien zu beobachten war [118].

Darüber hinaus könnte KI möglicherweise auch die Patientenauswahl, die Auswahl der optimalen Ablationsstrategie und/oder das Management (z. B. Indikation zur OAK) des individuellen Patienten im Sinne einer Präzisionsmedizin verbessern.

10. Zertifizierung von Vorhofflimmerzentren der DGK

Katheterablationen für AF sollten nur durchgeführt werden, wenn sowohl Zentrum und Operateure hierfür qualifiziert und zertifiziert sind. Die Zertifizierung von AF-Zentren erfolgt durch die DGK und evaluiert die Qualität von Indikationsstellung und Therapiekonzeption, räumlicher und organisatorischer Voraussetzungen, struk-

tureller sowie organisatorischer Anforderungen an die Behandlung von Patienten mit AF in den zu zertifizierenden Zentren. Einen entscheidenden Punkt der Zertifizierung stellt die Prozessqualität des Managements von Komplikationen im Rahmen einer AF-Ablation dar. Ziel der Zertifizierung von AF-Zentren ist die Dokumentation der optimierten und standardisierten Betreuung und Behandlung von AF-Patienten inklusive der AF-Ablation, basierend auf Kriterien, die von der DGK entwickelt und durch Gutachter im Peer-Review-Verfahren geprüft werden.

Die detaillierten Kriterien zur Zertifizierung sind publiziert (Qualitätskriterien zur Durchführung der Katheterablation von Vorhofflimmern) und werden bei Bedarf regelmäßig aktualisiert. Relevante Veränderungen zur Vorversion, die mit Publikation dieses Manuskripts Gültigkeit erhalten, sind in **Tab. 3** aufgeführt.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. Daniel Steven

Abteilung für Elektrophysiologie, Herzzentrum der Universität zu Köln
Kerpener Str. 62, 50937 Köln, Deutschland
daniel.steven@uk-koeln.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Den Interessenkonflikt der Autoren finden Sie online auf der DGK-Homepage unter <http://leitlinien.dgk.org/> bzw. auf der Herzmedizin-Homepage unter <https://herzmedizin.de/fuer-aerzte-und-fachpersonal/leitlinien/leitlinien-katalog.html> bei der entsprechenden Publikation.

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

Literatur

1. Deutscher Herzbericht 2024. (2024).
2. AOK Rheinland/ Hamburg. Gesundheitsreport 2024 AOK. (2024).
3. Zylla MM et al (2024) Same-day discharge vs. overnight stay following catheter ablation for atrial fibrillation: a comprehensive review and meta-analysis by the European Heart Rhythm Association Health Economics Committee. *Europace* 26:euae200
4. Stellbrink C et al (2023) Strukturelle, prozedurale und personelle Voraussetzungen für eine ambulante bzw. stationäre Erbringung kardiologischer Leistungen: Structural, procedural and personnel prerequisites for outpatient vs. in-hospital provision of cardiological services. *Die Kardiologie* 17:95–110
5. Eckardt, L. & Willems, S. S3-Leitlinie Vorhofflimmern. (2025).
6. Andrade JG et al (2024) Atrial fibrillation progression after cryoablation vs. radiofrequency ablation: the CIRCA-DOSE trial. *Eur Heart J* 45:510–518
7. Van Gelder IC et al (2024) ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *eur Heart J* Ehae 176: (2024)
8. Tzeis S et al (2024) European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* (2024)
9. Chew DS et al (2022) Diagnosis-to-ablation time predicts recurrent atrial fibrillation and rehospitalization following catheter ablation. *Heart Rhythm* 023:23–31
10. Takamiya T et al (2021) Impact of diagnosis-to-ablation time on non-pulmonary vein triggers and ablation outcomes in persistent atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 32:1251–1258
11. Tønnesen J et al (2024) Lower Recurrence Rates of Atrial Fibrillation and MACE Events After Early Compared to Late Ablation: A Danish Nationwide Register Study. *J Am Heart Assoc* 13:e32722
12. De Greef Y, Bogaerts K, Sofianos D, Buysschaert I (2023) Impact of Diagnosis-to-Ablation Time on AF Recurrence: Pronounced the First 3 Years, Irrelevant Thereafter. *JACC Clin Electrophysiol* 9:2263–2272
13. Verdecchia P, Angeli F, Reboldi G (2018) Hypertension and Atrial Fibrillation: Doubts and Certainties From Basic and Clinical Studies. *Circ Res* 122:352–368
14. Parkash R et al (2017) Effect of Aggressive Blood Pressure Control on the Recurrence of Atrial Fibrillation After Catheter Ablation: A Randomized, Open-Label Clinical Trial (SMAC-AF [Substrate Modification With Aggressive Blood Pressure Control]). *Circulation* 135:1788–1798
15. Congrete S et al (2018) Effect of obstructive sleep apnea and its treatment of atrial fibrillation recurrence after radiofrequency catheter ablation: A meta-analysis. *J Evid Based Med* 11:145–151
16. Authors, Task FM et al (2023) Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 26:5–17 (2024)
17. Tzeis S et al (2024) European Heart Rhythm Association/Heart Rhythm Society/Asia Pacific Heart Rhythm Society/Latin American Heart Rhythm Society expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace* 26:euae43 (2024)
18. Goette A et al (2024) Atrial cardiomyopathy revisited-evolution of a concept: a clinical consensus statement of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC, the Heart Rhythm Society (HRS), the Asian Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). *Europace* 26:euae204
19. Lange T et al (2025) DGK-Positionspapier zur Schnittbildgebung Teil II: Kardiale Magnetresonanztomographie zur periprozeduralen Planung und Durchführung von kardialen Interventionen: Position paper of the German Cardiac Society on sectional imaging part II: cardiovascular magnetic resonance imaging for periprocedural planning and performance of cardiac interventions. *Die Kardiologie* 19:147–159
20. Nong Q, Liang S, Zhu W, Chen Y, Zhang T (2025) Direct Oral Anticoagulants vs. Vitamin K Antagonists for Atrial Fibrillation in Cardiac Amyloidosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Rev Cardiovasc Med* 26:26948
21. Dittrich S et al (2023) Implementation and first outcomes of a novel standard operating procedure for preprocedural transoesophageal echocardiography screening in course of atrial arrhythmia ablation. *Europace* 25:eua279
22. Wolfes J, Ellermann C, Frommeyer G, Eckardt L (2025) Comparison of the Latest ESC, ACC/AHA/ACCP/HRS, and CCS Guidelines on the Management of Atrial Fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol* 11:836–849
23. Marrouche NF et al (2018) Catheter Ablation for Atrial Fibrillation with Heart Failure. *N Engl J Med* 378:417–427
24. Sohns C et al (2023) Catheter Ablation in End-Stage Heart Failure with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*
25. Kuck K-H et al (2021) Catheter ablation or medical therapy to delay progression of atrial fibrillation: the randomized controlled atrial fibrillation progression trial (ATTEST). *Ep Eur* 23:362–369
26. Kuck KH et al (2016) Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med* 374:2235–2245
27. Hindricks G et al (2021) 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur Heart J* 42:373–498
28. Reddy VY et al (2023) Pulsed Field or Conventional Thermal Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med* 389:1660–1671
29. Ekanem E et al (2024) Safety of pulsed field ablation in more than 17,000 patients with atrial fibrillation in the MANIFEST-17K study. *Nat Med* 30:2020–2029
30. Ouyang F et al (2010) Long-term results of catheter ablation in paroxysmal atrial fibrillation: lessons from a 5-year follow-up. *Circulation* 122:2368–2377
31. Iden L et al (2021) Pulmonary vein isolation using radiofrequency ablation. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 32:395–405
32. Whitaker J et al (2018) Lesion Index-Guided Ablation Facilitates Continuous, Transmural, and Durable Lesions in a Porcine Recovery Model. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 11:e5892
33. Das M et al (2017) Ablation index, a novel marker of ablation lesion quality: prediction of pulmonary vein reconnection at repeat electrophysiology study and regional differences in target values. *Europace* 19:775–783
34. Duytschaever M et al (2020) Long-term impact of catheter ablation on arrhythmia burden in low-risk patients with paroxysmal atrial fibrillation: The CLOSE to CURE study. *Heart Rhythm* 17:535–543
35. Hussein A et al (2018) Use of Ablation Index-Guided Ablation Results in High Rates of Durable Pulmonary Vein Isolation and Freedom From Arrhythmia in Persistent Atrial Fibrillation Patients: The PRAISE Study Results. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 11:e6576
36. Philips T et al (2018) Improving procedural and one-year outcome after contact force-guided pulmonary vein isolation: the role of interlesion distance, ablation index, and contact force variability in the „CLOSE“-protocol. *Europace* 20:f419–f427
37. Amin AM et al (2024) Efficacy and safety of high-power short-duration ablation for atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Interv Card Electrophysiol* 67:1445–1461
38. Sultan A et al (2025) High Power short duration radiofrequency ablation or cryoballoon ablation

- for paroxysmal Atrial Fibrillation (HIPAF trial). *Europace* 27:eua666
39. Popa MA et al (2023) Safety profile and long-term efficacy of very high-power short-duration (60–70 W) catheter ablation for atrial fibrillation: results of a large comparative analysis. *Europace* 25:408–416
40. Ravi V et al (2021) High-power short duration vs. conventional radiofrequency ablation of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Europace* 23:710–721
41. Reddy VY et al (2023) A Focal Ablation Catheter Toggling Between Radiofrequency and Pulsed Field Energy to Treat Atrial Fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol* 9:1786–1801
42. Tohoku S et al (2024) Initial real-world data on catheter ablation in patients with persistent atrial fibrillation using the novel lattice-tip focal pulsed-field ablation catheter. *Europace* 26:euae129
43. Anter E et al (2024) Dual-energy lattice-tip ablation system for persistent atrial fibrillation: a randomized trial. *Nat Med* 30:2303–2310
44. Metzner A et al (2024) A novel platform allowing for pulsed field and radiofrequency ablation: First commercial atrial fibrillation ablation procedures worldwide with and without general anesthesia. *Heart Rhythm* 21:497–498
45. KuckKH et al (2016) Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med* 374:2235–2245
46. Andrade JG et al (2019) Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation Assessed by Continuous Monitoring: A Randomized Clinical Trial. *Circulation* 140:1779–1788
47. Andrade JG et al (2021) Cryoablation or Drug Therapy for Initial Treatment of Atrial Fibrillation. *N Engl J Med* 384:305–315
48. Rordorf R et al (2021) Cryoballoon Ablation for the Treatment of Atrial Fibrillation in Patients With Concomitant Heart Failure and Either Reduced or Preserved Left Ventricular Ejection Fraction: Results From the Cryo AF Global Registry. *J Am Heart Assoc* 10:e21323
49. Ekanem E et al (2024) Safety of pulsed field ablation in more than 17,000 patients with atrial fibrillation in the MANIFEST-17K study. *Nat Med* 30:2020–2029
50. Reichlin T et al (2025) Pulsed Field or Cryoballoon Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*
51. Schmidt B et al (2023) European real-world outcomes with Pulsed field ablation in patients with symptomatic atrial fibrillation: lessons from the multi-centre EU-PORIA registry. *Europace* 25:eua185
52. Katov L, Teumer Y, Bothner C, Rottbauer W, Weinmann-Emhardt K (2024) Pulmonary Vein Isolation with Pulsed Field Ablation and Size-Adjustable Cryo-Balloon: A Comparative Procedural Analysis of First-Time Use. *J Clin Med* 13:3113
53. Chun KJ et al (2024) State-of-the-art pulsed field ablation for cardiac arrhythmias: ongoing evolution and future perspective. *Europace* 26:euae134
54. Okumura Y et al (2024) In vivo assessment of catheter-tissue contact using tissue proximity indication and its impact on cardiac lesion formation in pulsed field ablation. *Heart Rhythm*: S1547–S271 ((24)03392)
55. Nakagawa H et al (2024) Evaluation of Ablation Parameters to Predict Irreversible Lesion Size During Pulsed Field Ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 17:e12814
56. Wolfes J, Ellermann C, Frommeyer G, Eckardt L (2025) Comparison of the Latest ESC, ACC/AHA/ACCP/HRS, and CCS Guidelines on the Management of Atrial Fibrillation. *JACC Clin Electrophysiol* 11:836–849
57. Suenari K et al (2011) Discrepant electrophysiological characteristics and calcium homeostasis of left atrial anterior and posterior myocytes. *Basic Res Cardiol* 106:65–74
58. Kistler PM et al (2023) Effect of Catheter Ablation Using Pulmonary Vein Isolation With vs Without Posterior Left Atrial Wall Isolation on Atrial Arrhythmia Recurrence in Patients With Persistent Atrial Fibrillation: The CAPLA Randomized Clinical Trial. *JAMA* 329:127–135
59. William J et al (2025) Radiofrequency catheter ablation of persistent atrial fibrillation by pulmonary vein isolation with or without left atrial posterior wall isolation: long-term outcomes of the CAPLA trial. *Eur Heart J* 46:132–143
60. Gunawardene MA et al (2023) Left Atrial Posterior Wall Isolation with Pulsed Field Ablation in Persistent Atrial Fibrillation. *J Clin Med* 12:6304
61. Huo Y et al (2022) Low-Voltage Myocardium-Guided Ablation Trial of Persistent Atrial Fibrillation. *Nejm Evid 1:EVIDoa2200141*
62. Sang C et al (2025) Pulmonary Vein Isolation With Optimized Linear Ablation vs Pulmonary Vein Isolation Alone for Persistent AF: The PROMPT-AF Randomized Clinical Trial. *JAMA* 333:381–389
63. Verma A et al (2015) Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med* 372:1812–1822
64. Vogler J et al (2015) Pulmonary Vein Isolation Versus Defragmentation: The CHASE-AF Clinical Trial. *J Am Coll Cardiol* 66:2743–2752
65. Di Biase L et al (2016) Left Atrial Appendage Isolation in Patients With Longstanding Persistent AF Undergoing Catheter Ablation: BELIEF Trial. *J Am Coll Cardiol* 68:1929–1940
66. Schmidt B et al (2024) Ablation Strategies for Repeat Procedures in Atrial Fibrillation Recurrences Despite Durable Pulmonary Vein Isolation: The Prospective Randomized ASTRO AF Multicenter Trial. *Circulation*
67. Rillig A et al (2016) Unexpectedly High Incidence of Stroke and Left Atrial Appendage Thrombus Formation After Electrical Isolation of the Left Atrial Appendage for the Treatment of Atrial Tachyarrhythmias. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 9:e3461
68. Heeger CH et al (2019) Left Atrial Appendage Isolation in Patients Not Responding to Pulmonary Vein Isolation. *Circulation* 139:712–715
69. Lakkireddy DR et al (2024) Pulmonary Vein Isolation With or Without Left Atrial Appendage Ligation in Atrial Fibrillation: The aMAZE Randomized Clinical Trial. *JAMA* 331:1099–1108
70. Khan MN et al (2008) Pulmonary-vein isolation for atrial fibrillation in patients with heart failure. *N Engl J Med* 359:1778–1785
71. MacDonald MR et al (2011) Radiofrequency ablation for persistent atrial fibrillation in patients with advanced heart failure and severe left ventricular systolic dysfunction: a randomised controlled trial. *Heart* 97:740–747
72. Jones DG et al (2013) A randomized trial to assess catheter ablation versus rate control in the management of persistent atrial fibrillation in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 61:1894–1903
73. Kuck KH et al (2019) Catheter Ablation Versus Best Medical Therapy in Patients With Persistent Atrial Fibrillation and Congestive Heart Failure: The Randomized AMICA Trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 12:e7731
74. Prabhu S et al (2017) Catheter Ablation Versus Medical Rate Control in Atrial Fibrillation and Systolic Dysfunction: The CAMERA-MRI Study. *J Am Coll Cardiol* 70:1949–1961
75. Hunter RJ et al (2014) A randomized controlled trial of catheter ablation versus medical treatment of atrial fibrillation in heart failure (the CAMTAF trial). *Circ Arrhythm Electrophysiol* 7:31–38
76. Parkash R et al (2022) Randomized Ablation-Based Rhythm-Control Versus Rate-Control Trial in Patients With Heart Failure and Atrial Fibrillation: Results from the RAFT-AF trial. *Circulation* 145:1693–1704
77. Di Biase L et al (2016) Ablation Versus Amiodarone for Treatment of Persistent Atrial Fibrillation in Patients With Congestive Heart Failure and an Implanted Device: Results From the AA-TAC Multicenter Randomized Trial. *Circulation* 133:1637–1644
78. Sohns C et al (2020) Impact of Left Ventricular Function and Heart Failure Symptoms on Outcomes Post Ablation of Atrial Fibrillation in Heart Failure: CASTLE-AF Trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 13:e8461
79. Packer DL et al (2021) Ablation Versus Drug Therapy for Atrial Fibrillation in Heart Failure: Results From the CABANA Trial. *Circulation* 143:1377–1390
80. Bergonti M et al (2022) A new prediction model for left ventricular systolic function recovery after catheter ablation of atrial fibrillation in patients with heart failure: The ANTWOORD Study. *Int J Cardiol* 358:45–50
81. Kirstein B et al (2020) Left atrial fibrosis predicts left ventricular ejection fraction response after atrial fibrillation ablation in heart failure patients: the Fibrosis-HF Study. *Europace* 22:1812–1821
82. Ishiguchi H et al (2022) Long-term events following catheter-ablation for atrial fibrillation in heart failure with preserved ejection fraction. *Esc Heart Fail* 9:3505–3518
83. von Olshausen G et al (2022) Catheter ablation for patients with atrial fibrillation and heart failure: insights from the Swedish Heart Failure Registry. *Eur J Heart Fail* 24:1636–1646
84. Shiraishi Y et al (2023) Catheter ablation for patients with atrial fibrillation and heart failure with reduced and preserved ejection fraction: insights from the KiCS-AF multicentre cohort study. *Europace* 25:83–91
85. Gu G et al (2022) Catheter ablation of atrial fibrillation in patients with heart failure and preserved ejection fraction: A meta-analysis. *Clin Cardiol* 45:786–793
86. Yamauchi R et al (2021) Catheter ablation for non-paroxysmal atrial fibrillation accompanied by heart failure with preserved ejection fraction: feasibility and benefits in functions and B-type natriuretic peptide. *Europace* 23:1252–1261
87. Aldaas OM et al (2021) Meta-analysis of the Usefulness of Catheter Ablation of Atrial Fibrillation in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Am J Cardiol* 142:66–73
88. Black-Maier E et al (2018) Catheter ablation of atrial fibrillation in patients with heart failure and preserved ejection fraction. *Heart Rhythm* 15:651–657
89. Martens P et al (2025) Effects of Atrial Fibrillation Ablation for Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Insights From CABANA. *JACC Heart Fail* 13:785–794
90. Parwani AS et al (2024) Catheter-based ablation to improve outcomes in patients with atrial fibrillation

and heart failure with preserved ejection fraction: Rationale and design of the CABA-HFPEF-DZHK27 trial. *Eur J Heart Fail* 26:2203–2212

91. Benali K et al (2023) Procedure-Related Complications of Catheter Ablation for Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 81:2089–2099
92. Hsu JC et al (2023) Initial Findings From the National Cardiovascular Data Registry of Atrial Fibrillation Ablation Procedures. *J Am Coll Cardiol* 81:867–878
93. Cheung JW et al (2020) Inpatient hospital procedural volume and outcomes following catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 31:1908–1919
94. Mszar R et al (2023) Sex-based differences in atrial fibrillation ablation adverse events. *Heart* 109:595–605
95. Heeger CH et al (2022) Phrenic Nerve Injury During Cryoballoon-Based Pulmonary Vein Isolation: Results of the Worldwide YETI Registry. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 15:e10516
96. Tilz RR et al (2023) A worldwide survey on incidence, management, and prognosis of oesophageal fistula formation following atrial fibrillation catheter ablation: the POTTER-AF study. *Eur Heart J* 44:2458–2469
97. Popa MA et al (2024) Characterization and Clinical Significance of Hemolysis After Pulsed Field Ablation for Atrial Fibrillation: Results of a Multicenter Analysis. *Circ Arrhythm Electrophysiol* e012732
98. Venier S et al (2023) Severe acute kidney injury related to haemolysis after pulsed field ablation for atrial fibrillation. *Europace* 26:eua371
99. Deshmukh A et al (2013) In-hospital complications associated with catheter ablation of atrial fibrillation in the United States between 2000 and 2010: analysis of 93 801 procedures. *Circulation* 128:2104–2112
100. Eckardt L et al (2023) Major in-hospital complications after catheter ablation of cardiac arrhythmias: individual case analysis of 43 031 procedures. *Europace* 26:eua361
101. Ströcker E et al (2019) Value of ultrasound for access guidance and detection of subclinical vascular complications in the setting of atrial fibrillation cryoballoon ablation. *Europace* 21:434–439
102. Yamagata K et al (2018) Ultrasound-guided versus conventional femoral venipuncture for catheter ablation of atrial fibrillation: a multicentre randomized efficacy and safety trial (ULTRA-FAST trial). *Europace* 20:1107–1114
103. Liu Y et al (2016) Incidence and outcomes of cerebrovascular events complicating catheter ablation for atrial fibrillation. *Europace* 18:1357–1365
104. Kosiuk J et al (2014) Early cerebral thromboembolic complications after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: incidence, characteristics, and risk factors. *Heart Rhythm* 11:1934–1940
105. Andrade JG et al (2021) Cryoballoon Ablation as Initial Treatment for Atrial Fibrillation: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 78:914–930
106. Mörtzell D et al (2019) Cryoballoon vs. radiofrequency ablation for atrial fibrillation: a study of outcome and safety based on the ESC-EHRA atrial fibrillation ablation long-term registry and the Swedish catheter ablation registry. *Europace* 21:581–589
107. Andrade JG et al (2011) Efficacy and safety of cryoballoon ablation for atrial fibrillation: a systematic review of published studies. *Heart Rhythm* 8:1444–1451
108. Arentz T et al (2003) Incidence of pulmonary vein stenosis 2 years after radiofrequency catheter

Quality criteria for performance of catheter ablation of atrial fibrillation—Position paper of the German Cardiac Society. From the Committee for Clinical Cardiovascular Medicine in cooperation with the Working Group Electrophysiology (AGEP)

The updated position paper of the German Cardiac Society (DGK) on catheter ablation of atrial fibrillation (AF) presents the current evidence, techniques and quality standards, which have clearly evolved since 2017 together with the indications, techniques and the role of ablation in treatment. Pulmonary vein isolation (PVI) remains the cornerstone of AF ablation. In addition to established procedures, such as radiofrequency and cryoballoon ablation, pulsed field ablation (PFA) is gaining in importance. For persistent AF clear recommendations beyond PVI are lacking, despite growing evidence supporting adjunctive ablation strategies. The healthcare landscape shows a marked increase in ablation, with same day discharge procedures recommended only for carefully selected patients. Precise patient selection, including medical history, risk factors and imaging, is critical for procedural success and safety. The importance of periprocedural management and structured follow-up is emphasized. Complications such as pericardial tamponade, stroke and phrenic nerve paresis require structured protocols and experienced teams. Ablation can potentially improve the prognosis, particularly in patients with heart failure. Certification of centers by the DGK supports quality assurance. New developments, such as artificial intelligence (AI)-assisted ablation planning and studies on postablation oral anticoagulation strategies, are expected to further influence clinical practice.

Keywords

Arrhythmia · Atrial fibrillation · Anticoagulation · Catheter ablation · Interventional cardiology

- ablation of refractory atrial fibrillation. *Eur Heart J* 24:963–969
109. Fender EA et al (2016) Severe Pulmonary Vein Stenosis Resulting From Ablation for Atrial Fibrillation: Presentation, Management, and Clinical Outcomes. *Circulation* 134:1812–1821
110. Schoene K et al (2018) Acquired Pulmonary Vein Stenosis After Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation: Single-Center Experience in Catheter Interventional Treatment. *JACC Cardiovasc Interv* 11:1626–1632
111. Chugh A et al (2013) Manifestations of coronary arterial injury during catheter ablation of atrial fibrillation and related arrhythmias. *Heart Rhythm* 10:1638–1645
112. Higuchi S et al (2022) Effect of Epicardial Pulsed Field Ablation Directly on Coronary Arteries. *JACC Clin Electrophysiol* 8:1486–1496
113. Gunawardene MA et al (2021) Coronary Spasm During Pulsed Field Ablation of the Mitral Isthmus Line. *JACC Clin Electrophysiol* 7:1618–1620
114. Parwani AS, Kossmann B, Schweiger V (2025) Targeting atrial fibrillation in HFpEF: the emerging role of pulsed field ablation. *Front Physiol* 16:1621118
115. Wang X, Li M, Wang X, Zhang Z (2023) It can be safe to discontinue oral anticoagulants after successful atrial fibrillation ablation: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Med (Baltimore)* 102:e35518
116. Verma A et al (2018) The Optimal Anti-Coagulation for Enhanced-Risk Patients Post-Catheter Ablation for Atrial Fibrillation (OCEAN) trial. *Am Heart J* 197:124–132
117. Wazni OM et al (2024) Left Atrial Appendage Closure after Ablation for Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*
118. Deisenhofer I et al (2025) Artificial intelligence for individualized treatment of persistent atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *Nat Med*
119. Kattel S et al (2025) Procedural volume and outcomes with atrial fibrillation ablation: A report from the NCDR AFib Ablation Registry. *Heart Rhythm* 22:37–48
120. Tilz RR et al (2024) Analgosedierung in der Kardiologie: Analgosedation in cardiology. *Die Kardiologie* 18:187–199
121. Kuck K, Böcker D, Chun J et al (2017) Qualitätskriterien zur Durchführung der Katheterablation von Vorhofflimmern. *Kardiologie* 11:161–182. <https://doi.org/10.1007/s12181-017-0146-0>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.