

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaufferkrankungen

**Katheterbasierte Behandlungen der
akuten Lungenembolie //**

**Catheter-based therapies of acute
pulmonary embolism**

Rohla M, Atighetchi S, Stortecky S

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2026; 33

(5-6), 111-117

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Katheterbasierte Behandlungen der akuten Lungenembolie

M. Rohla¹, S. Atighetchi¹, S. Stortecky^{1,2}

Kurzfassung: Die antithrombotische Therapie mit Antikoagulanzen und der systemischen Thrombolyse stellt einen zentralen Bestandteil der Behandlung der akuten Lungenembolie dar. Das Feld der interventionellen katheterbasierten Therapien hat sich rasant entwickelt.

Im Folgenden möchten wir einen konzisen Überblick über die konservative und interventionelle Behandlung von Lungenembolien im intermediären bis hohen Risikospektrum bieten, unter Berücksichtigung der aktuellen Evidenz inklusiver neuer Guidelines.

Schlüsselwörter: Lungenembolie, antithrombotische Therapie, katheterbasierte Therapien

Abstract: Catheter-based therapies of acute pulmonary embolism. Antithrombotic therapy with anticoagulants and systemic fibrinolysis represents an integral part of the treatment of acute pulmonary embolisms. The field of interventional catheter-based therapies is evolving rapidly.

Abstract: Catheter-based therapies of acute pulmonary embolism. Antithrombotic therapy with anticoagulants and systemic fibrinolysis represents an integral part of the treatment of acute pulmonary embolisms. The field of interventional catheter-based therapies is evolving rapidly.

Keywords: Pulmonary embolism, antithrombotic therapies, catheter-based therapies

We aim to provide a concise overview of conservative and interventional therapies of intermediate- as well as high-risk pulmonary embolisms, taking the latest evidence and new guidelines into account. **J Kardiol 2026; 33 (5–6): 111–7.**

Keywords: Pulmonary embolism, antithrombotic therapies, catheter-based therapies

Einleitung

Die antithrombotische Therapie – in Form einer Antikoagulation oder systemischen Thrombolyse – bildet eine zentrale Säule in der Behandlung der akuten Lungenembolie. Die Wahl der Behandlungsmodalität richtet sich primär nach dem Schweregrad der Erkrankung (Abbildung 1). In den letzten Jahren hat sich das Feld der katheterbasierten Therapien

rasant weiterentwickelt. Hierzu zählen die kathetergestützte lokale Thrombolyse (CDT), die ultraschallassistierte lokale Thrombolyse (USAT, auch EKOS™-Lyse) sowie perkutane Thrombektomieverfahren. Die Erweiterung des therapeutischen Arsenalts ist für Patienten mit ausgedehnter Lungenembolie sowie für solche mit erhöhtem Blutungsrisiko bzw. Kontraindikationen gegen eine systemische Thrombolyse von besonderer Relevanz [1].

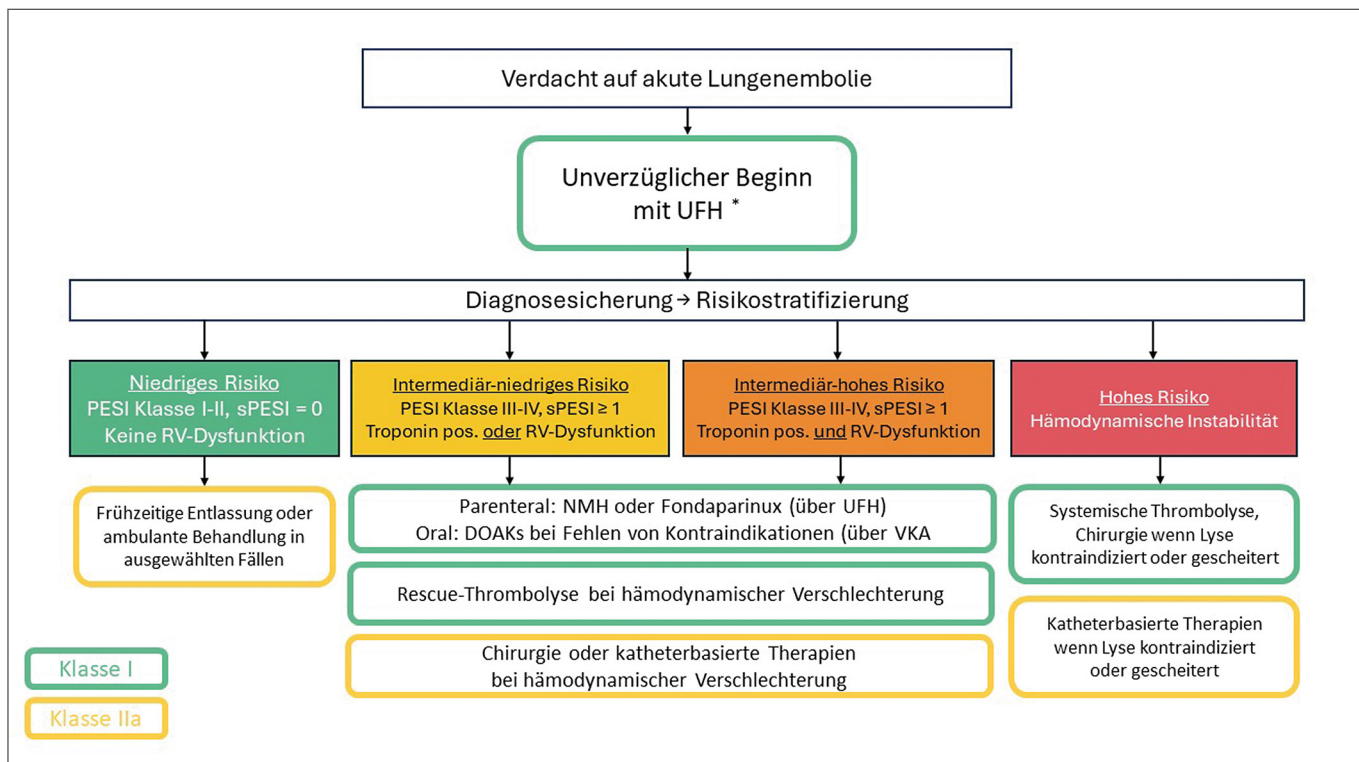


Abbildung 1: Risikostratifizierung und Management der akuten Lungenembolie

*bei Verdacht auf Lungenembolie mit intermediärem oder hohem Risiko UFH-Beginn vor Diagnosesicherung.

Legende: Gemäß Leitlinien der Europäischen Kardiologischen Gesellschaft 2019 [22] basiert die Stratifizierung der akuten Lungenembolie nach Mortalität innerhalb von 30 Tagen auf dem Vorliegen einer hämodynamischen Instabilität, dem PESI- bzw. sPESI-Score, einer Rechtsherzbelastung und erhöhtem Troponin als Ausdruck einer myokardialen Schädigung. LE – Lungenembolie; sPESI – simplified pulmonary severity index; RV – rechtsventrikulär; NMH – niedermolekulares Heparin; UFH – unfractioniertes Heparin; DOAK – direkt-wirkende orale Antikoagulanzen; VKA – Vitamin-K Antagonist.

Eingelangt am: 07.04.2026, angenommen am: 09.04.2026

Aus der ¹Universitätsklinik für Kardiologie, Universitätsspital Bern, Inselspital, Bern, und ²Abteilung für Kardiologie, Bürgerspital Solothurn, Schweiz

Korrespondenzadresse: Priv.-Doz. Dr. Miklos Rohla, PhD, Leiter Lungenembolie, Universitätsklinik für Kardiologie, Inselspital, CH-3010 Bern, Freiburgstraße 20, E-Mail: miklos.rohla@insel.ch

Tabelle 1: Ausgewählte Studien der systemischen Thrombolyse und katheterbasierten Verfahren zur Behandlung der Lungenembolie

Referenz	Studienpopulation	Teilnehmende	Studienarme	Primärer Endpunkt Definition	Primärer Endpunkt Ergebnis	weitere relevante Ergebnisse / Kommentar
Randomisierte Studien mit katheterbasierter lokaler Thrombolyse						
Kucher et al. – ULTIMA (2014) [23]	Intermediate-risk LE	59	UFH + EKOS™-Lyse mit 10–20 mg rtPA vs. UFH	RV/LV-Ratio nach 24h	USAT 0,30 ± 0,20; UFH 0,03 ± 0,16, p < 0,01	Keine schwere Blutungen, leichte Blutungen: n = 3 USAT, n = 1 UFH, p = 0,61
Tapson et al. – OPTALYSE PE (2018) [24]	Intermediate-risk LE	101	4 Gruppen EKOS™-Lyse mit 4–12 mg rtPA für 2–6h (pro Lungen-Seite)	Reduktion RV/LV-Ratio nach 48h	Alle Arme: -22,6 bis 26,3 %, p < 0,01	4 % schwere Blutungen, proportional zur Lyse-Dosis
Avgerinos et al. – SUNSET-sPE (2021) [25]	Intermediate-risk LE	81	EKOS-Lyse vs. CDT	Thrombusresolution innerhalb 48h (Miller-Score)	21 ± 13 vs. 22 ± 13, p = 0,76	
Kroupa et al. (2022) [26]	Intermediate-risk LE	23	CDT mit 20 mg rtPA vs. Antikoagulation	Verbesserung RV-Funktion, Verminderung Lungendruck, Reduktion Thrombuslast	58 % vs. 9 %, p < 0,01	BARC-3-Blutung n = 1 (Antikoagulation)
Sadeghipour et al. – CANARY (2022) [27]	Intermediate-High-risk LE	94 (85)	CDT mit 24 mg rtPA + UFH vs. Antikoagulation	RV/LV-Ratio > 0,9 nach 3 Monaten Follow-Up	4,3 % vs. 12,8 %, OR 0,31, p = 0,24	Vorzeitig abgebrochen aufgrund von COVID-19
Stortecky et al. (2024) [29]	Intermediate-High risk oder High-risk LE	27	EKOS™-Lyse vs. chirurgische Embolektomie	Unterschied RV/LV-Ratio nach 72h	-0,34 vs. -0,53, p nicht-Unterlegenheit = 0,80	Studie vorzeitig beendet.
Rosenfield et al. – HI-PEITHO (2026) [32]	Intermediate-risk LE	544	EKOS™-Lyse vs. Antikoagulation	LE-assoziierte Mortalität, kardiorespiratorische Dekompensation, symptomatisches LE-Rezidiv nach 7 Tagen	4,0 % vs. 10,3 %, OR 0,39, p < 0,01	Kein signifikanter Unterschied bei schweren Blutungen, keine intrakraniellen Blutungen in beiden Gruppen
Vergleichsstudien mit mechanischen Thrombektomieverfahren						
Silver et al. – FLAME (2023) [33]	High-risk LE	114	FlowTrierer® Embolektomie vs. systemische Lyse, CDT, Antikoagulation oder chirurgische Embolektomie	In-hospitaler Tod, Bailout zu Alternativstrategie, klinische Verschlechterung, schwere Blutung	17,0 % Flow-Trierer (gegenüber 32 % Performance Goal), 63,9 % im Vergleichsarm	Non-randomisierte Parallelgruppenstudie. Im Vergleichsarm 69 % systemische Lyse, 23 % Antikoagulation. Primärer Endpunkt hauptsächlich getrieben durch Reduktion von Mortalität, Bailout-Therapien und schweren Blutungen
Jaber et al. – PEERLESS (2025) [35]	Intermediate-risk LE	550	FlowTrierer® Embolektomie vs. CDT (60 % EKOS-Lyse)	„Win Ratio“ bestehend aus Tod, intrakranieller Blutung, schwerer Blutung, klinische Verschlechterung / Bail-Out-Therapie, ICU-Aufenthalte bzw. Hospitalisationsdauer	„Win Ratio“ zugunsten Flow-Trierer (5,0, 95 % KI 3,7–7,0, p < 0,01)	Randomisierte kontrollierte Multizenterstudie. „Win Ratio“ getrieben durch die Reduktion von postprozedurellen ICU-Eintritten, ICU-Verweildauer und Risiko für klinische Verschlechterung
Lookstein et al. – STORM-PE (2026) [37]	Intermediate-High-risk LE	100	Penumbra Embolektomie + Antikoagulation vs. Antikoagulation	LV/RV-Ratio nach 48h	0,5 ± 0,4 vs. 0,2 ± 0,4, -0,3 95 % KI 0,12–0,43, p < 0,01	Randomisierte kontrollierte Multizenterstudie. Schwere unerwünschte Ereignisse 4,3 % vs. 7,5 %, p = 0,68
Legende: EKOS™-Lyse – USAT (ultrasound-assisted catheter-directed thrombolysis – Ultraschall-assistierte kathetergestützte Thrombolyse); KI – Konfidenzintervall, LE – Lungenembolie; NMH – niedermolekulares Heparin; LV – linker Ventrikel; rtPA – rekombinanter Gewebsplasminogenaktivator, RV – rechter Ventrikel; CDT – catheter-directed thrombolysis (katheterbasierte Thrombolyse); sPAP – systolischer pulmonal-arterieller Druck; UFH – unfractioniertes Heparin						

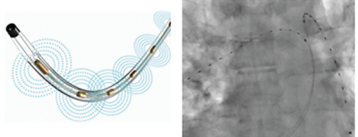
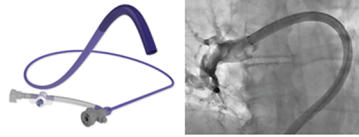
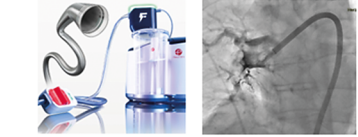
<p>Ultraschall-assistierte katheterbasierte Lyse (EKOS™ Boston Scientific)</p>  <p>Randomisierte Evidenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlegenheit gegenüber Antikoagulation bei Reduktion RV/LV-Ratio, Thrombusresolution, Lungendrucke. • Reduktion des Risikos für kardiorespiratorische Dekompensation gegenüber Antikoagulation (3.7% vs. 10.3%, $p < 0.05$) <p>Praktische Aspekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schnelle, technisch einfache Prozedur • Mitbehandlung peripherer Thrombosen durch systemische Lyse-Effekte • Sichere Prozedur (relevante Blutungen ~ 3-5 %) 	<p>Mechanische Thrombektomie FlowTrievers® (Inari)</p>  <p>Randomisierte Evidenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlegenheit gegenüber katheterbasierter Lyse bei kombiniertem Endpunkt, hauptsächlich getrieben durch die Reduktion von post-prozeduralen ICU-Eintritten / ICU Verweildauer sowie klinischer Verschlechterung. • Schwere Blutungen 0.7% vs. 0.4%, $p = 0.62$ <p>Praktische Aspekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichere Prozedur (gesamt unerwünschte Ereignisse ~ 2 % inkl. non-prozedurale) • Retransfusion des gesamten Blutvolumens möglich 	<p>Mechanische Thrombektomie Lightning Flash 2.0® (Penumbra)</p>  <p>Randomisierte Evidenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlegenheit gegenüber Antikoagulation bei Reduktion von RV/LV-Ratio nach 48h ($\downarrow 30$ %) • Überlegenheit bei Reduktion PA-Obstruktion (Miller Score, 42% vs. 16%, $p < 0.01$) <p>Praktische Aspekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sichere Prozedur (gesamt unerwünschte Ereignisse ~ 2 % inkl. non-prozedurale) • Retransfusion von Blut nicht möglich
--	--	--

Abbildung 2: Zusammenfassung von verfügbaren, häufig eingesetzten katheterbasierten Verfahren der Lungenemboliebehandlung (Symbolbilder mit freundlicher Genehmigung von Boston Scientific, Inari Medical und Penumbra Inc.)

Legende: RV – rechter Ventrikel; LV – linker Ventrikel; ICU – intensive care unit; PA – Pulmonalarterie

Im Folgenden geben wir einen kompakten Überblick über die konservativen und interventionellen Behandlungsoptionen bei Lungenembolien im intermediären bis hohen Risikospektrum und beziehen uns dabei auf die kürzlich veröffentlichten Leitlinien der American Heart Association und des American College of Cardiology (AHA / ACC) [2].

■ Die systemische Thrombolyse

Die Evidenz zur systemischen Lyse stammt überwiegend aus Studien der 1970er- bis 1990er-Jahre [3–15]. Die Studien, die zur heutigen Klasse-I-Empfehlung geführt haben, umfassen insgesamt lediglich 219 Patienten und zeigten eine Mortalitätsreduktion auf Kosten eines Anstieges schwerer sowie intrazerebraler Blutungen [3, 6, 13, 16]. Die Inzidenz schwerer Blutungen unter systemischer Thrombolyse liegt in der Größenordnung von etwa 10 %, jene von intrazerebralen Blutungen bei rund 2 % [16].

Seit den 2000er-Jahren liegt zunehmend auch Evidenz für das intermediäre Risikospektrum vor. In dieser Population scheint die systemische Thrombolyse jedoch nicht mit einem Überlebensvorteil verbunden zu sein [16–21]. Die qualitativ hochwertigste Studie PEITHO randomisierte 1005 Teilnehmende mit intermediär-hohem Risiko zu einer Behandlung mit körperrgewichtsadaptierter Tenecteplase (30–50 mg) oder Placebo. Der primäre Endpunkt, bestehend aus Tod oder hämodynamischer Dekompensation innerhalb von 7 Tagen, trat in 2,6 % der Probanden der Thrombolysegruppe und in 5,6 % der Placebogruppe auf (OR 0,4; 95 % KI 0,2–0,9; $p = 0,02$). Dieser Effekt war primär auf eine Reduktion hämodynamischer Dekompensationen (1,6 % vs. 5,0 %) zurückzuführen, ohne dass sich ein Unterschied in der Mortalität zeigte.

Demgegenüber stand ein signifikanter Anstieg schwerer Blutungen gemäß der Definition der International Society on Thrombosis and Haemostasis (ISTH) mit 11,5 % vs. 2,4 % (OR 5,6; 95 % KI 2,3–13,4, $p < 0,01$). Die Inzidenz hämorrhagischer Schlaganfälle lag bei 2,0 % vs. 0,2 % [19]. Vor diesem Hintergrund wird die systemische Thrombolyse bei initial intermediärem Risiko derzeit nur im Falle einer hämodynamischen Verschlechterung, also einer Transition zu hohem Sterblichkeitsrisiko, empfohlen [22].

■ Katheterbasierte Behandlungen

Eine zusammenfassende Darstellung der randomisierten Studienevidenz zu katheterbasierten Therapien findet sich in Tabelle 1. Nachfolgend werden die aktuell in Europa primär eingesetzten Verfahren überblicksartig dargestellt. (Abbildung 2).

Lokale katheterbasierte Thrombolyse

Der Großteil der randomisierten Evidenz zur lokalen katheterbasierten Thrombolyse – entweder durch die lokale Applikation von Fibrinolytika über einen Standardkatheter in der Pulmonalarterie oder durch ultraschallassistierte Systeme (USAT; EKOS™-Lyse) – wurde bei Patienten im intermediären Risikospektrum erhoben. Die primären Endpunkte dieser Studien basieren überwiegend auf Surrogatparametern der Thrombusauflösung (z. B. Miller-Score im CT) sowie der rechtsventrikulären Funktion (z. B. RV/LV-Verhältnis oder pulmonalarterielle Drücke) [23–27].

Das Ziel der lokalen Thrombolyse im Vergleich zur reinen Antikoagulation ist eine raschere Entlastung des rechten Ventrikels mit potenzieller Verminderung des „post pulmonary

embolism impairment“, eine beschleunigte klinische Erholung sowie eine Verkürzung der Hospitalisationsdauer – bei gleichzeitig geringerem Blutungsrisiko im Vergleich zur hochdosierten systemischen Thrombolyse. So werden Fibrinolytika (rtPA, rekombinant tissue plasminogen activator) über 6–24 Stunden in Gesamtdosen appliziert, die meist weniger als ein Fünftel der systemischen Dosis betragen [23, 24, 28, 29].

Im Berner ERASE-PE-Register wurden 315 Patienten, welche eine USAT erhalten haben (darunter 18 % Hochrisiko-Patienten) systematisch nachverfolgt. Die mittlere Gesamtdosis von Alteplase betrug 20 ± 7 mg bei einer durchschnittlichen Verabreichungsdauer von 14 ± 2 Stunden. Bis zum Spitalsaustritt, der im Durchschnitt nur 3 Tage nach dem Eingriff erfolgte, konnte die RV/LV-Ratio um fast 30 % reduziert und der mittlere Pulmonaldruck von 31 auf 23 mmHg gesenkt werden. Schwere Blutungen gemäß „Bleeding Academic Research Consortium“ (BARC 3) wurden in 5 % beobachtet, tödliche Blutungen traten nicht auf [30].

In einer Meta-Analyse von 12 Studien (davon 11 observativ) mit insgesamt 9.789 Patienten mit submassiver Lungenembolie war die kathetergestützte Thrombolyse im Vergleich zur alleinigen Antikoagulation mit einem signifikanten Überlebensvorteil assoziiert (relative Risikoreduktion im Spital 59 % und 64 % relative Risikoreduktion nach 90 Tagen). Die Rate an Blutungen und Transfusionen waren zwischen den beiden Gruppen vergleichbar [31].

Die HI-PEITHO-Studie wurde am 28.03.2026 veröffentlicht und untersuchte die Wirksamkeit und Sicherheit der EKOS™-Lyse im Vergleich zur alleinigen Antikoagulation bei 544 LE-Patienten mit intermediärem Risiko. Der kombinierte primäre Endpunkt umfaßte LE-assoziierte Mortalität, kardiorespiratorische Dekompensation oder Kollaps, sowie symptomatisches LE-Rezidiv binnen 7 Tagen. Dieser trat bei 4,0 % der Interventionsgruppe gegenüber 10,3 % der Kontrollgruppe auf (relatives Risiko 0,39; 95 %-KI 0,20–0,77; $p = 0,005$), was einer relativen Risikoreduktion von 61 % zugunsten der EKOS-Lyse entspricht. Der Effekt wurde hauptsächlich getrieben durch ein geringeres Risiko für eine kardiorespiratorische Dekompensation in der Interventionsgruppe. Ein „National Early Warning Score“ ≥ 9 war hauptsächlich für den Unterschied zwischen den Gruppen verantwortlich, jedoch waren im EKOS™-Studienarm weniger Rescue-Therapien notwendig (2,9 % vs. 9,2 %). Die Rate schwerer Blutungen innerhalb von 7 Tagen betrug 4,1 % in der Interventionsgruppe versus 2,2 % in der Kontrollgruppe ($p = 0,32$); innerhalb von 30 Tagen 4,1 % versus 3,0 % ($p = 0,64$). Es wurden keine intrakraniellen Blutungen in beiden Gruppen beobachtet [32]. Dies steht im deutlichen Kontrast zur PEITHO-Studie mit systemischer Thrombolyse, bei der intrakranielle Blutungen bei 2,0 % der Patienten auftraten.

Katheterbasierte mechanische Thrombektomieverfahren

Thrombolysefreie katheterbasierte Techniken ermöglichen eine unmittelbare Wiederherstellung der pulmonalen Perfusion, ohne Patienten dem Blutungsrisiko einer systemischen Thrombolyse auszusetzen oder einen großen herzchirurgischen Eingriff mit Sternotomie und Herz-Lungen-Maschine

zu erfordern. Die katheterbasierte Embolektomie ist insbesondere attraktiv bei Lyse-Kontraindikationen (z. B. postoperative Lungenembolien), bei erhöhtem Blutungsrisiko oder bei klinischer Sorge vor intrazerebralen Blutungen, etwa nach Synkope mit Kopfanprall.

In Europa kommen bei der akuten Lungenembolie derzeit hauptsächlich zwei Systeme zum Einsatz: die großlumige mechanische Embolektomie mittels FlowTriever® (Stryker, vormals Inari Medical, „large-bore mechanical thrombectomy“ – LBMT) sowie die Thrombektomie mit dem Penumbra-System (Penumbra Inc., „computer-assisted vacuum thrombectomy“ – CAVT).

Das FlowTriever®-System erfordert einen großlumigen venösen Gefäßzugang (24 French, ca. 0,8 cm). Mittels einer 60-ml-Spritze wird manuell ein Vakuum erzeugt, um den Embolus zu aspirieren. Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit der Retransfusion des aspirierten Blutvolumens über ein dediziertes Filtersystem (FlowSaver®). Das Penumbra-System ist etwas kleinlumiger (frühere Generation 12 French, aktuelle Iteration 16 French) und nutzt einen Computeralgorithmus zur Differenzierung zwischen Embolus und Blut, um den Blutverlust zu minimieren; eine Retransfusion ist hierbei nicht vorgesehen.

Neben Registerdaten liefern die kürzlich publizierten randomisierten Studien PEERLESS und STORM-PE wichtige Erkenntnisse zur Effektivität und Sicherheit dieser Systeme [33–37]. In PEERLESS wurde die FlowTriever®-Embolektomie mit einer katheterbasierten Thrombolyse (davon 60 % USAT) bei 550 Lungenemboliepatienten mit intermediärem Risiko verglichen. Der kombinierte hierarchisch bewertete „win ratio“-Endpunkt (Tod, intrakranielle Blutung, schwere Blutung, klinische Verschlechterung oder Bail-Out-Therapie sowie ICU-Aufenthalt und Hospitalisationsdauer), fiel signifikant zugunsten der FlowTriever®-Embolektomie aus (win ratio 5,0, 95 % KI 3,7–7,0, $p < 0,01$). Der Vorteil war insbesondere durch eine geringere Rate klinischer Verschlechterungen oder Bail-Out-Therapien (1,8 % vs. 5,4 %), eine niedrigere ICU-Aufnahmerate (42 % vs. 99 %), sowie eine kürzere ICU-Verweildauer (14h vs. 39h) bedingt. Die Mortalität war zwischen den Gruppen vergleichbar (nach 30 Tagen: 0,4 % vs. 0,8 %), ebenso die Rate Device- oder medikamentenassoziiierter Komplikationen (13 % vs. 12 %) [35].

Die FLAME-Studie, eine nicht-randomisierte Parallelgruppenstudie bei Patienten mit hohem Sterblichkeitsrisiko (massive LE, kardiogener Schock), untersuchte 114 mit FlowTriever® behandelte Patienten im Vergleich zu anderen Therapiestrategien (69 % systemische Thrombolyse, 23 % Antikoagulation). Hierbei zeigte sich eine deutlich niedrigere Inzidenz von intrahospitaler Mortalität (1,9 % vs. 29,5 %), Bailout-Therapien (3,8 % vs. 26,2 %) und schweren Blutungen (11,3 % vs. 24,6 %) zugunsten der mechanischen Embolektomie [33].

In STORM-PE wurde die CAVT (Penumbra-System) mit einer alleinigen Antikoagulation (unfraktioniertes oder niedermolekulares Heparin) verglichen. Diese Studie ist besonders relevant, da im Kontrollarm der aktuell leitlinienempfohlene Therapiestandard für Patienten mit intermediär-hohem Risiko

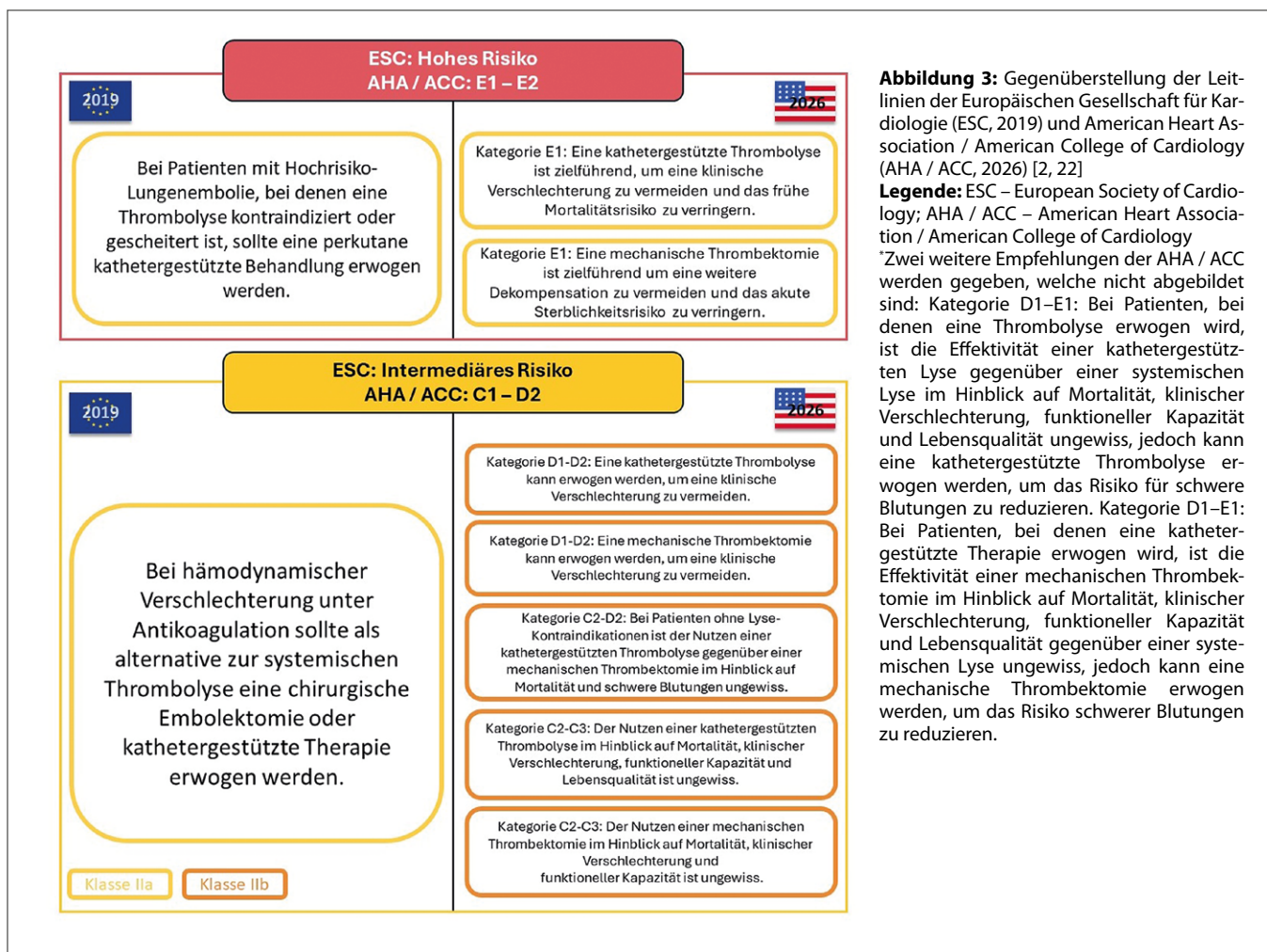


Abbildung 3: Gegenüberstellung der Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC, 2019) und American Heart Association / American College of Cardiology (AHA / ACC, 2026) [2, 22]

Legende: ESC – European Society of Cardiology; AHA / ACC – American Heart Association / American College of Cardiology
*Zwei weitere Empfehlungen der AHA / ACC werden gegeben, welche nicht abgebildet sind: Kategorie D1–E1: Bei Patienten, bei denen eine Thrombolyse erwogen wird, ist die Effektivität einer kathetergestützten Lyse gegenüber einer systemischen Lyse im Hinblick auf Mortalität, klinischer Verschlechterung, funktioneller Kapazität und Lebensqualität ungewiss, jedoch kann eine kathetergestützte Thrombolyse erwogen werden, um das Risiko für schwere Blutungen zu reduzieren. Kategorie D1–E1: Bei Patienten, bei denen eine kathetergestützte Therapie erwogen wird, ist die Effektivität einer mechanischen Thrombektomie im Hinblick auf Mortalität, klinischer Verschlechterung, funktioneller Kapazität und Lebensqualität gegenüber einer systemischen Lyse ungewiss, jedoch kann eine mechanische Thrombektomie erwogen werden, um das Risiko schwerer Blutungen zu reduzieren.

angewandt wurde. Insgesamt wurden 100 Patienten randomisiert; primärer Endpunkt war die Veränderung der RV/LV-Ratio nach 48 Stunden. Ausgehend von einer mittleren RV/LV-Ratio von 1,6 zu Therapiebeginn zeigte sich im CAVT-Arm eine Reduktion um 0,5 gegenüber 0,2 im Antikoagulationsarm (mittlere Differenz 0,27, 95 % KI 0,12–0,43, $p < 0,01$). Der mittlere Pulmonaldruck sank nach CAVT von durchschnittlich 31 mmHg auf 23 mmHg. Der mittlere Blutverlust betrug 300 ml. Schwere unerwünschte Ereignisse, einschließlich klinischer Verschlechterung, LE-assoziiertes Mortalität, Rezidivevents und schwerer Blutungen, traten mit 4,3 % versus 7,5 % in beiden Gruppen statistisch vergleichbar auf ($p = 0,68$) [37].

■ Was sagen die Guidelines?

Die Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) aus dem Jahr 2019 empfehlen bei Patienten mit hohem Sterblichkeitsrisiko – insbesondere bei hämodynamischer Instabilität oder obstruktivem Schock – eine systemische Thrombolyse. Für hämodynamisch stabile Patienten und Patienten ohne Kontraindikationen wird eine Antikoagulation, vorzugsweise mit direkt wirkenden oralen Antikoagulanzen (DOAKs), empfohlen. Kontraindikationen für DOAKs umfassen unter anderem eine schwere Niereninsuffizienz, Schwangerschaft oder das Antiphospholipidsyndrom [22].

Bei Patienten im intermediären Risikospektrum sollte gemäß ESC-Leitlinien Eskalationstherapien – bestehend aus

„Rescue-Thrombolyse“, chirurgischer Embolektomie oder katheterbasierten Verfahren – in Erwägung gezogen werden, wenn es unter oraler Antikoagulation zu einer hämodynamischen Verschlechterung kommt (Klasse IIa, Evidenzlevel C). Für Hochrisikopatienten und Patienten mit Kontraindikation gegen eine systemische Thrombolyse oder bei Therapieversagen wird ebenfalls eine katheterbasierte Therapie empfohlen (Klasse IIa, Evidenzlevel C) [22].

Das Evidenzlevel C (Expertenmeinung bzw. nicht-randomisierte Studien) reflektiert die im Jahr 2019 noch begrenzte Datenlage zu interventionellen Therapiealternativen. Seither hat sich dieses Feld jedoch dynamisch weiterentwickelt.

Die im Februar 2026 veröffentlichten Leitlinien der AHA / ACC und weiterer amerikanischer Fachgesellschaften konnten die in den letzten Jahren generierte Evidenz berücksichtigen. Die Formulierung der amerikanischen Empfehlungen ist historisch gewachsen jedoch mehrdeutig und lässt Spielraum für Interpretationen. Eine Gegenüberstellung der europäischen und amerikanischen Empfehlungen ist in Abbildung 3 zu finden. Die Risikostratifizierung erfolgt anhand der Gruppen A–E: Während die Gruppen A und B subklinische und symptomatische Lungenembolien mit niedrigem Risiko beinhalten, beschreibt Gruppe C Patienten mit erhöhtem Risiko (PESI-Score > 85 oder sPESI-Score ≥ 1 , Subgruppen C1–C3 nach Vorliegen von RV-Dysfunktion und/oder positiven Biomarkern). Gruppe D (D1–D2) umfasst Patienten mit inzipientem

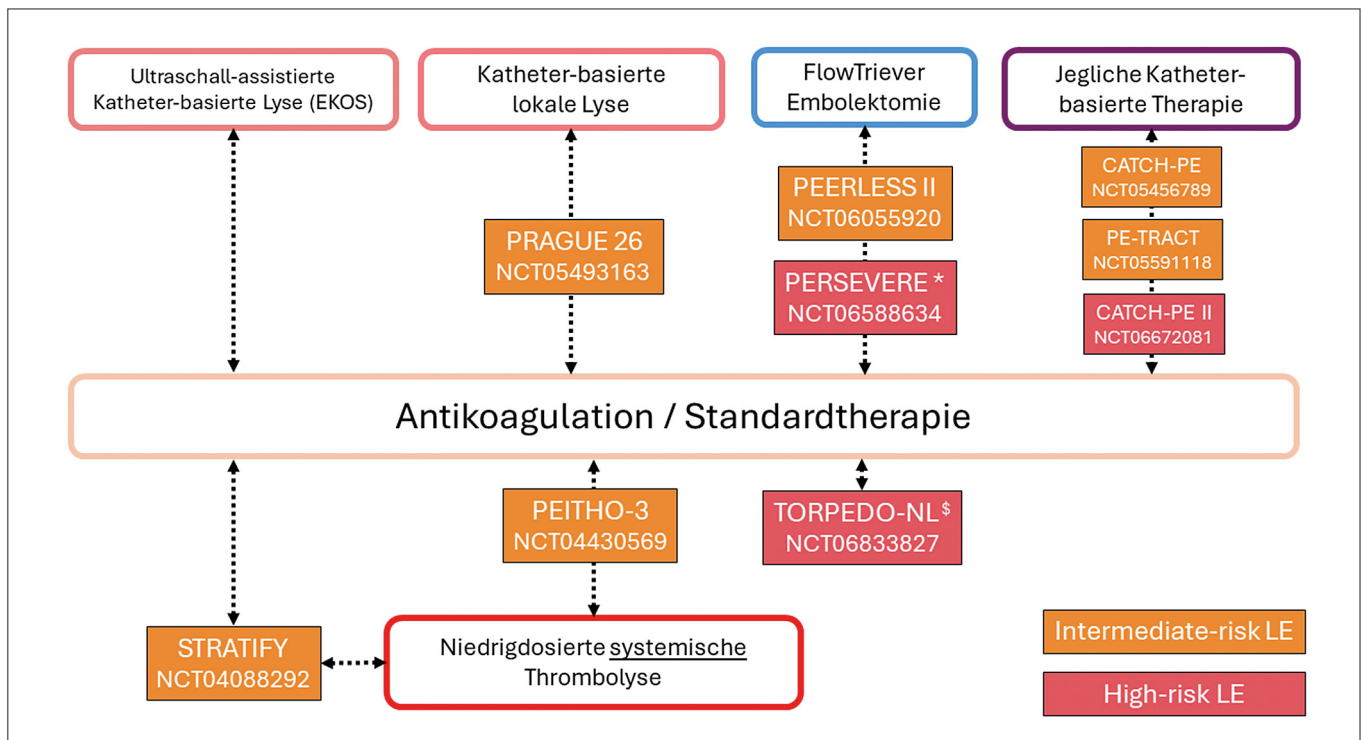


Abbildung 4: Laufende Studien mit katheterbasierten Therapien im intermediären und hohen Risikospektrum
Legende: LE – Lungenembolie; *Vergleichsarm: systemische Thrombolyse, chirurgische Embolektomie, extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO), Antikoagulation; \$Vergleichsarm: systemische Thrombolyse

kardiorespiratorischem Versagen, während Gruppe E (E1–E2) den kardiogenen Schock bzw. Kreislaufstillstand beschreibt [2].

Für Patientinnen und Patienten der Risikogruppe E1 (persistierende oder rezidivierende Hypotonie bzw. kardiogener Schock) sprechen die amerikanischen Leitlinien eine Klasse-IIa-Empfehlung sowohl für die kathetergestützte Thrombolyse als auch für mechanische Thrombektomieverfahren aus, mit dem Ziel, eine weitere klinische Verschlechterung zu verhindern und die Mortalität zu senken. In den Risikoklassen C2 bis E1 (mehrheitlich intermediär-hohes Risiko gemäß ESC) werden mehrere Klasse-IIb-Empfehlungen formuliert, aus denen sich jedoch kein klar strukturierter, praxisorientierter Behandlungsalgorithmus ableiten lässt.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass der Einfluss katheterbasierter Verfahren auf Mortalität, funktionelle Kapazität und Lebensqualität in diesen Gruppen weiterhin unklar ist. Ihr Einsatz kann jedoch erwogen werden, um das Risiko einer hämodynamischen Verschlechterung zu reduzieren und das Blutungsrisiko im Vergleich zur systemischen Thrombolyse zu senken [2].

■ Zusammenfassung und Ausblick

Zunehmend hochwertige Evidenz stärkt die Sicherheit in der Anwendung katheterbasierter Therapien und zeigt klinisch relevante Vorteile. Da das Sterblichkeitsrisiko bei Patienten im intermediären Risikospektrum niedrig ist (ERASE-PE-Register 1,6 % nach 30 Tagen, PEERLESS 0,5 %, STORM-PE 2 %, HI-PEITHO 1,4 %), liegt der primäre Nutzen dieser Verfahren in einer schnelleren Rekonvaleszenz und der Vermeidung

einer hämodynamischen Verschlechterung. Angesichts der niedrigen Komplikationsraten erscheint der Netto-Nutzen dieser Eingriffe insgesamt günstig.

Die kürzlich veröffentlichten Daten des „Pulmonary Embolism Response Team“- (PERT-) Consortiums zeigen, dass sowohl bei Intermediär-, als auch Hochrisikopatienten die systemische oder lokale Thrombolyse zunehmend durch mechanische Thrombektomieverfahren verdrängt wird (im Jahr 2024 bereits 73 % aller Fälle) [1].

Die geplanten und laufenden groß angelegten randomisierten Studien zu katheterbasierten Therapien sowie zur niedrig-dosierten systemischen Lyse (Abbildung 4) werden wesentliche Erkenntnisse liefern. Insbesondere der direkte Vergleich mit den aktuell leitlinienempfohlenen Erstlinientherapien (Antikoagulation und systemische Thrombolyse) wird für die zukünftige Therapiealgorithmik von zentraler Bedeutung sein.

■ Take-Home Message

- Das Feld der katheterbasierten Therapien hat sich in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt.
- Aktuelle Evidenz zur katheterbasierten lokalen Thrombolyse und mechanischen Embolektomie im intermediären bis hohen Risikospektrum zeigt klinisch relevante Vorteile bei geringerem Risiko für eine hämodynamische Verschlechterung, schnellerer Rekonvaleszenz, bei gleichzeitig niedrigen Komplikationsraten.
- Laufende groß angelegte Studien bei Patienten mit hohem Sterblichkeitsrisiko werden die Rolle katheterbasierter Verfahren als potenzielle Alternative zur systemischen Thrombolyse weiter klären.

■ Interessenkonflikte

Keine in Zusammenhang mit dem vorgelegten Manuskript.

Literatur:

- Kim JM, Horbal SR, Mewaldt C, Ramachandran A, Yeh RW, Secemsky EA, et al. Mechanical thrombectomy and catheter-directed thrombolysis in acute pulmonary embolism: trends and practice patterns in the PERT Consortium Registry (2016–2024). *J Am Coll Cardiol* 2026; 87: 1574–90.
- Creager MA, Barnes GD, Giri J, Mukherjee D, Jones WS, Burnett AE, et al. 2026 AHA/ACC/ACCP/ACEP/CHEST/SCAI/SHM/SIR/SVM/SVN guideline for the evaluation and management of acute pulmonary embolism in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2026; 87: 1626–710.
- No authors listed. Urokinase pulmonary embolism trial. Phase 1 results: a cooperative study. *JAMA* 1970; 214: 2163–72.
- Tibbitt DA, Davies JA, Anderson JA, Fletcher EW, Hamill J, Holt JM, et al. Comparison by controlled clinical trial of streptokinase and heparin in treatment of life-threatening pulmonary embolism. *Br Med J* 1974; 1: 343–7.
- Ly B, Arnesen H, Eie H, Hol R. A controlled clinical trial of streptokinase and heparin in the treatment of major pulmonary embolism. *Acta Med Scand* 1978; 203: 465–70.
- Dotter CT, Seaman AJ, Rösch J, Porter JM. Streptokinase and heparin in the treatment of pulmonary embolism: a randomized comparison. *Vascular Surgery* 1979; 13: 42–52.
- No authors listed. Tissue plasminogen activator for the treatment of acute pulmonary embolism. A collaborative study by the PLOPED Investigators. *Chest* 1990; 97: 528–33.
- Levine M, Hirsh J, Weitz J, Cruickshank M, Neemeh J, Turpie AG, et al. A randomized trial of a single bolus dosage regimen of recombinant tissue plasminogen activator in patients with acute pulmonary embolism. *Chest* 1990; 98: 1473–9.
- Dalla-Volta S, Palla A, Santolicandro A, Giuntini C, Pengo V, Visioli O, et al. PAIMS 2: alteplase combined with heparin versus heparin in the treatment of acute pulmonary embolism. Plasminogen activator Italian multicenter study 2. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 520–6.
- Goldhaber SZ, Kessler CM, Heit JA, Elliott CG, Friedenberg WR, Heiselman DE, et al. Recombinant tissue-type plasminogen activator versus a novel dosing regimen of urokinase in acute pulmonary embolism: a randomized controlled multicenter trial. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 24–30.
- Goldhaber SZ, Haire WD, Feldstein ML, Miller M, Toltzis R, Smith JL, et al. Alteplase versus heparin in acute pulmonary embolism: randomised trial assessing right-ventricular function and pulmonary perfusion. *Lancet* 1993; 341: 507–11.
- Goldhaber SZ, Agnelli G, Levine MN. Reduced dose bolus alteplase vs conventional alteplase infusion for pulmonary embolism thrombolysis. An international multicenter randomized trial. The Bolus Alteplase Pulmonary Embolism Group. *Chest* 1994; 106: 718–24.
- Jerjes-Sanchez C, Ramirez-Rivera A, de Lourdes Garcia M, Arriaga-Nava R, Valencia S, Rosado-Buzzo A, et al. Streptokinase and heparin versus heparin alone in massive pulmonary embolism: a randomized controlled trial. *J Thromb Thrombolysis* 1995; 2: 227–9.
- Meneveau N, Schiele F, Vuilleminot A, Valette B, Grollier G, Bernard Y, et al. Streptokinase vs alteplase in massive pulmonary embolism. A randomized trial assessing right heart haemodynamics and pulmonary vascular obstruction. *Eur Heart J* 1997; 18: 1141–8.
- Meneveau N, Schiele F, Metz D, Valette B, Attali P, Vuilleminot A, et al. Comparative efficacy of a two-hour regimen of streptokinase versus alteplase in acute massive pulmonary embolism: immediate clinical and hemodynamic outcome and one-year follow-up. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 1057–63.
- Marti C, John G, Konstantinides S, Combescuré C, Sanchez O, Lankeit M, et al. Systemic thrombolytic therapy for acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J* 2015; 36: 605–14.
- Konstantinides S, Geibel A, Heusel G, Heinrich F, Kasper W, Management S, et al. Heparin plus alteplase compared with heparin alone in patients with submassive pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2002; 347: 1143–50.
- Kline JA, Nordenholz KE, Courtney DM, Kabrhel C, Jones AE, Rondina MT, et al. Treatment of submassive pulmonary embolism with tenecteplase or placebo: cardiopulmonary outcomes at 3 months: multicenter double-blind, placebo-controlled randomized trial. *J Thromb Haemost* 2014; 12: 459–68.
- Meyer G, Vicaut E, Danays T, Agnelli G, Becattini C, Beyer-Westendorf J, et al. Fibrinolysis for patients with intermediate-risk pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2014; 370: 1402–11.
- Taherkhani M, Taherkhani A, Hashemi SR, Faghghi Langroodi T, Sadeghi R, Beyranvand M. Thrombolytic-plus-anticoagulant therapy versus anticoagulant-alone therapy in submassive pulmonary thromboembolism (TVASPE Study): a randomized clinical trial. *J Tehran Heart Cent* 2014; 9: 104–8.
- Sinha SK, Sachan M, Goel A, Singh K, Mishra V, Jha MJ, et al. Efficacy and safety of thrombolytic therapy in acute submassive pulmonary embolism: follow-up study. *J Clin Med Res* 2017; 9: 163–9.
- Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J* 2020; 41: 543–603.
- Kucher N, Boekstegers P, Müller OJ, Kupatt C, Beyer-Westendorf J, Heitzer T, et al. Randomized, controlled trial of ultrasound-assisted catheter-directed thrombolysis for acute intermediate-risk pulmonary embolism. *Circulation* 2014; 129: 479–86.
- Tapson VF, Sterling K, Jones N, Elder M, Tripathy U, Brower J, et al. A randomized trial of the optimum duration of acoustic pulse thrombolysis procedure in acute intermediate-risk pulmonary embolism: the OPTALYSE PE Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2018; 11: 1401–10.
- Avgerinos ED, Jaber WA, Lacomis J, Markel K, McDaniel M, Rivera-Lebron BN, et al. Randomized trial comparing standard versus ultrasound-assisted thrombolysis for submassive pulmonary embolism: the SUNSET sPE Trial. *JACC Cardiovasc Interv* 2021; 14: 1364–73.
- Kroupa J, Buk M, Weichet J, Malikova H, Bartova L, Linkova H, et al. A pilot randomized trial of catheter-directed thrombolysis or standard anticoagulation for patients with intermediate-high risk acute pulmonary embolism. *EuroIntervention* 2022; 18: e639–46.
- Sadeghipour P, Jenab Y, Moosavi J, Hosseini K, Mohebbi B, Hosseinsabet A, et al. Catheter-directed thrombolysis vs anticoagulation in patients with acute intermediate-high-risk pulmonary embolism: the CANARY randomized clinical trial. *JAMA Cardiol* 2022; 7: 1189–97.
- Valerio L, Mavromanolis AC, Barco S, Abele C, Becker D, Bruch L, et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension and impairment after pulmonary embolism: the FOCUS study. *Eur Heart J* 2022; 43: 3387–98.
- Stortecky S, Barco S, Windecker S, Heg D, Kadner A, Englberger L, et al. Ultrasound-assisted catheter-directed thrombolysis versus surgical pulmonary embolectomy for intermediate-high or high-risk pulmonary embolism: a randomized phase II non-inferiority trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 2024; 66: ezae252.
- Draxler DF, Johannes JK, Nakase M, Heg D, Dobner S, Turovskij E, et al. Clinical outcomes in patients with acute pulmonary embolism undergoing ultrasound-assisted catheter-directed thrombolysis. *J Am Heart Assoc* 2025; 14: e035916.
- Ismayl M, Machanahalli Balakrishna A, Aboeata A, Gupta T, Young MN, Altin SE, et al. Meta-analysis comparing catheter-directed thrombolysis versus systemic anticoagulation alone for submassive pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 2022; 178: 154–62.
- Rosenfield K, Klok FA, Piazza G, Sharp ASP, Ainle FN, Jaff MR, et al. HI-PEITHO investigators. Ultrasound-facilitated, catheter-directed fibrinolysis for acute pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2026, Mar 28 [online ahead of print].
- Silver MJ, Gibson CM, Giri J, Khandhar S, Jaber W, Toma C, et al. Outcomes in high-risk pulmonary embolism patients undergoing flowtriever mechanical thrombectomy or other contemporary therapies: results from the FLAME study. *Circ Cardiovasc Interv* 2023; 16: e013406.
- Toma C, Jaber WA, Weinberg MD, Bunte MC, Khandhar S, Stegman B, et al. Acute outcomes for the full US cohort of the FLASH mechanical thrombectomy registry in pulmonary embolism. *EuroIntervention* 2023; 18: 1201–12.
- Jaber WA, Gonsalves CF, Stortecky S, Horr S, Pappas O, Gandhi RT, et al. Large-bore mechanical thrombectomy versus catheter-directed thrombolysis in the management of intermediate-risk pulmonary embolism: primary results of the PEERLESS randomized controlled trial. *Circulation* 2025; 151: 260–73.
- Moriarty JM, Schiro BJ, Dohad SY, Tamaddon H, Davis HC, Shavelle DM, et al. Periprocedural results and right ventricular outcomes of computer assisted vacuum thrombectomy treatment of acute pulmonary embolism: interim analysis of 300 patients from the STRIKE-PE study. *J Am Heart Assoc* 2025; 14: e039975.
- Lookstein RA, Konstantinides SV, Weinberg J, Dohad SY, Rosol Z, Kopec G, et al. Randomized controlled trial of mechanical thrombectomy with anticoagulation versus anticoagulation alone for acute intermediate-high risk pulmonary embolism: primary outcomes from the STORM-PE trial. *Circulation* 2026; 153: 21–34.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

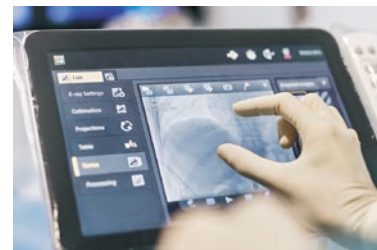
[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)