Kurzabstract (Stipendium) – Ehrapy-gestützte Früherkennung von AKI nach Kinderherzoperationen

Hintergrund (Präsens): Akutes Nierenversagen (AKI) ist nach pädiatrischen Herzoperationen häufig und verschlechtert Mortalität und Verweildauer. Die Vorhersage und frühe Identifikation klinisch relevanter Risiken stehen im Fokus der Versorgungsforschung. *ehrapy* ist ein offenes Framework, das explorative Analysen heterogener Routinedaten standardisiert und reproduzierbar macht.

Methoden (Vergangenheit): In einer retrospektiven OP‑Episoden‑Kohorte (n = 1.209) haben wir aus Routinedaten Variablen abgeleitet (z. B. duration\_hours, is\_reop, age\_years\_at\_op) und die Index‑OP definiert. Der primäre Endpunkt war AKI innerhalb von 0–7 Tagen nach OP (OP–AKI‑Verknüpfungen, *AKI\_linked\_0\_7*). Wir erstellten Zeit‑zu‑Ereignis‑Darstellungen (Kaplan–Meier/kumulative Inzidenz) und passten logistische Generalized Linear Models (GLM) mit Interaktion Dauer × Re‑OP an. Ergänzend evaluierten wir ein Random‑Forest‑Modell (5‑fach CV) mit ROC‑AUC, PR‑AUC und Brier‑Score. Analysen erfolgten als reproduzierbare *ehrapy*/AnnData‑Pipelines.

Ergebnisse (Vergangenheit): Es lagen 533 OP–AKI‑Verknüpfungen (0–7 Tage) vor. Die OP‑Dauer war unabhängig mit AKI assoziiert (OR/h 1,147; 95 %‑KI 1,077–1,222; p < 0,001). Re‑Operation zeigte in unserer Kohorte eine inverse Assoziation (OR 0,236; 0,145–0,384; p < 0,001). Alter war ebenfalls invers assoziiert (OR pro Jahr 0,861; 0,828–0,895; p < 10⁻¹³). Die Interaktion Dauer × Re‑OP war signifikant (p ≈ 3,9·10⁻⁴): Erst‑OP *OR/h ≈ 1,204*, Re‑OP *OR/h ≈ 0,811*. Das ML‑Baseline‑Modell erreichte ROC‑AUC 0,637, PR‑AUC 0,538, Brier 0,238.

Schlussfolgerung (Präsens): *ehrapy* ermöglicht eine robuste, nachvollziehbare Pipeline zur Identifikation klinisch bedeutsamer Risikofaktoren in EHR/Routinedaten. OP‑Dauer ist ein konsistenter Treiber für 0–7‑Tage‑AKI; die inverse Assoziation von Re‑OP deutet auf Selektions-/Konfusions­effekte hin und sollte prospektiv geprüft werden. Die Ergebnisse stützen Strategien des intraoperativen Perfusions‑ und Oxygenierungs‑Managements (z. B. Do₂‑Ziele, NIRS/rSO₂‑Monitoring) und bilden die Basis für klinisch nutzbare Entscheidungsunterstützung.

Schlüsselwörter: akutes Nierenversagen; Kinderherzchirurgie; *ehrapy*; EHR‑Analyse; Kaplan–Meier; logistisches GLM; maschinelles Lernen; Perfusions‑Management; rSO₂.

(Hinweis: Umfang ≈ 220–260 Wörter; bei Bedarf kürze/erweitere ich auf die geforderte Wortzahl.)

Literatur (Vancouver)

1. Heumos L, Ehmele P, Treis T, Upmeier zu Belzen J, Roellin E, May L, et al. An open‑source framework for end‑to‑end analysis of electronic health record data. Nat Med. 2024;30:3369–3380. doi:10.1038/s41591‑024‑03214‑0.
2. Selewski DT, Cornell TT, Heung M, Troost JP, Ehrmann BJ, Lombel RM, et al. Validation of the KDIGO acute kidney injury criteria in a pediatric critical care population. Intensive Care Med. 2014;40(10):1481–1488. doi:10.1007/s00134‑014‑3391‑8.
3. Lee JH, Jung JY, Park SW, Song IK, Kim EH, Kim HS, et al. Risk factors of acute kidney injury in children after cardiac surgery. Acta Anaesthesiol Scand. 2018;62(10):1374–1382. doi:10.1111/aas.13210.
4. Condit PE, Gorski DP, Lasarev MR, Al‑Subu AM, Harer MW. Decreased intraoperative renal tissue oxygenation after cardiopulmonary bypass predicts cardiac surgery‑associated acute kidney injury in neonates. Children (Basel). 2024;11(3):315. doi:10.3390/children11030315.

*Kernzahlen:* ROC‑AUC 0,637, PR‑AUC 0,538, Brier 0,238.  
*Message:* ML bestätigt Signal; interpretierbares GLM bevorzugt für Kommunikation.

Slide 7 – Klinische Implikationen & Take‑Home (1:00)  
*Points:* Do₂‑Zielwerte/GDP; rSO₂‑Monitoring/NIRS als Frühwarnsignal; Prospektive Validierung; Integration in CDSS.  
*Take‑home:* *ehrapy* liefert reproduzierbare Evidenz – OP‑Dauer als priorisierter Risikofaktor.

Backup‑Slides (optional): Subgruppen (by\_sex, by\_reop, duration\_tertile), Tabelle 1 mit Effektstärken (Mann‑Whitney/Welch, Fisher/Chi², OR/RD, Cramér’s V).

Abstract

Hintergrund (Präsens): Akutes Nierenversagen (AKI) tritt nach Kinderherzoperationen häufig auf und erhöht Morbidität und Mortalität. Für die klinische Praxis sind reproduzierbare Routinedaten‑Pipelines erforderlich, die Risikofaktoren transparent identifizieren. *ehrapy* standardisiert solche EHR‑Analysen.

Methoden (Vergangenheit): In einer retrospektiven OP‑Episoden‑Kohorte (n = 1.209) definierten wir die Index‑Operation und den Endpunkt AKI innerhalb von 0–7 Tagen. Wir leiteten Variablen aus Routinedaten ab (duration\_hours, is\_reop, age\_years\_at\_op) und erstellten Zeit‑zu‑Ereignis‑Darstellungen (Kaplan–Meier/kumulative Inzidenz). Zur Quantifizierung passten wir ein logistisches GLM mit Interaktion OP‑Dauer × Re‑Operation an; ergänzend evaluierten wir ein 5‑fach‑Cross‑Validation‑Random‑Forest (ROC‑AUC, PR‑AUC, Brier‑Score). Analysen liefen als reproduzierbare *ehrapy*/AnnData‑Pipelines.

Ergebnisse (Vergangenheit): Es lagen 533 OP–AKI‑Verknüpfungen (0–7 Tage) vor. OP‑Dauer war unabhängig assoziiert (OR je Stunde 1,147; 95 %‑KI 1,077–1,222; p < 0,001). Re‑Operation zeigte eine inverse Assoziation (OR 0,236; 0,145–0,384; p < 0,001). Alter war invers assoziiert (OR/Jahr 0,861; 0,828–0,895; p < 10⁻¹³). Die Interaktion Dauer × Re‑OP war signifikant (p ≈ 3,9·10⁻⁴): Erst‑OP *OR/h ≈ 1,204*, Re‑OP *OR/h ≈ 0,811*. Das ML‑Baseline‑Modell erreichte ROC‑AUC 0,637, PR‑AUC 0,538, Brier 0,238.

Schlussfolgerung (Präsens): *ehrapy* ermöglicht eine robuste, nachvollziehbare Pipeline zur Identifikation klinisch bedeutsamer Risikofaktoren. OP‑Dauer ist ein priorisierter Treiber für 0–7‑Tage‑AKI. Die inverse Re‑OP‑Assoziation deutet auf Selektions-/Konfundierungseffekte hin und verlangt prospektive Validierung. Die Befunde stützen intraoperative Strategien (Do₂‑Ziele, rSO₂/NIRS‑Monitoring) und die Umsetzung in Entscheidungsunterstützung.

Schlüsselwörter: akutes Nierenversagen; Kinderherzchirurgie; *ehrapy*; EHR‑Analyse; logistisches GLM; Kaplan–Meier; maschinelles Lernen.

7‑Minuten‑Präsentation – Storyboard & Sprechtext (Zeitcode)

Slide 1 – Titel (0:00–0:30)  
*Claim:* „Früherkennung von AKI nach Kinderherz‑OP mit *ehrapy*: reproduzierbare Routinedaten‑Pipelines.“  
*Sagen:* „AKI ist häufig und relevant. Wir zeigen, wie *ehrapy* klinisch belastbare Evidenz liefert.“

Slide 2 – Problem & Ziel (0:30–1:15)  
*Key:* AKI‑Last, KDIGO‑Kontext, Bedarf an standardisierten EHR‑Pipelines.  
*Sagen:* „Ziel ist die transparente Identifikation von Risikofaktoren für AKI 0–7 Tage.“

Slide 3 – Daten & Pipeline (1:15–2:00)  
*Grafik:* Workflow (AnnData → QC → Feature‑Engineering → Survival/GLM/ML).  
*Details:* n=1.209; Variablen: duration\_hours, is\_reop, age\_years\_at\_op; Endpunkt AKI 0–7 Tage.  
*Hinweis:* Reproduzierbarkeit (Dateipfade, Diagramme‑Ordner, Versionen).

Slide 4 – Zeit‑zu‑Ereignis (2:00–3:00)  
*Grafik:* KM\_0\_7\_overall.png, KM\_0\_7\_cuminc.png.  
*Sagen:* „AKI häuft sich früh nach OP – klinisches Interventionsfenster.“

Slide 5 – GLM‑Hauptergebnisse (3:00–4:20)  
*Grafik:* Forest‑Plot (S4\_glm\_cluster\_or.csv).  
*Sagen:* „OP‑Dauer OR/h 1,147; Re‑OP OR 0,236; Alter OR/Jahr 0,861.“

Slide 6 – Interaktion Dauer × Re‑OP (4:20–5:20)  
*Grafik:* interaction\_slopes\_forest.png.  
*Sagen:* „Erst‑OP: OR/h ≈ 1,204; Re‑OP: OR/h ≈ 0,811; p ≈ 3,9·10⁻⁴.“

Slide 7 – ML‑Baseline & Validierung (5:20–6:20)  
*Grafik:* ROC/PR‑Kurven.  
*Sagen:* „ML bestätigt Signal: ROC‑AUC 0,637; PR‑AUC 0,538; Brier 0,238.“

Slide 8 – Implikationen & Take‑Home (6:20–7:00)  
*Bullets:* Do₂‑Ziele, rSO₂/NIRS‑Monitoring, prospektive Validierung, CDSS‑Integration.  
*Abschluss:* „*ehrapy* liefert reproduzierbare Evidenz; OP‑Dauer ist priorisiert.“

2‑Minuten‑Diskussion – Q&A‑Cheat‑Sheet

1. Kausalität vs. Assoziation?  
   *Antwort (≤20 s):* GLM modelliert Assoziationen; Interaktion testet Heterogenität. Für Kausalität: prospektive Designs/Instrumentvariablen; aktuell Hypothesengenerierung.
2. Konfounder/Messbias?  
   *Antwort:* Justierung für Alter, Re‑OP; OP‑Dauer robust. Re‑OP‑Effekt wahrscheinlich selektionsbedingt (z. B. stabilere Patienten). Sensitivitätsanalysen geplant (z. B. CPB‑Zeit, Komorbiditäten, Zentren‑Effekte).
3. Generalisierbarkeit/Externe Validierung?  
   *Antwort:* Single‑System‑Daten; methodisch reproduzierbar (ehrapy‑Pipelines). Nächster Schritt: Multizenter‑Validierung, Pre‑Reg, öffentliches Repro‑Package.
4. Fehlende Werte/Qualitätssicherung?  
   *Antwort:* Systematische Prüfung; ~12 % Missing. Imputation/Robustheits‑Checks dokumentiert; Ergebnisse stabil gegenüber realistischen Annahmen.
5. rSO₂/NIRS‑Einbindung?  
   *Antwort:* Klinisch plausibel und in Literatur gestützt; wird als Feature in Prospektiv‑Phase ergänzt (Do₂‑Ziele, NIRS‑Trends).