

Künstliche Intelligenz in
der Anästhesie und
Intensivmedizin



Prof. Dr. med. Bettina Jungwirth

Klinik für Anästhesiologie und
Intensivmedizin Universitätsklinikum Ulm

ANÄSTHESIE FORUM

ALPBACH

REPETITORIUM



Vor 176 Jahren



Die erste moderne Narkose am 16. Oktober 1846: Der Zahnarzt Thomas William Green Morton (6. von links) versetzt einen Patienten mit Äther in tiefen Schlaf, damit ihm der Chirurg John Collins Warren (Mitte) einen Tumor am Hals entfernen kann. Darstellung des Malers Robert C. Hinckley.

Heute



Technische Voraussetzungen



Erster Supercomputer 1956
IBM 305 RAMAC
5MB Speicherkapazität



Supermuc-NG
719 TB Arbeitsspeicher
26,9 PetaFlop/s





ChatGPT



SI

Sag mal Chatty, wie würdest Du Dich selber beschreiben? Was bist Du?



Als virtueller Assistent bin ich ein sogenannter "Language Model" oder "Natural Language Processing (NLP) Model". Ich wurde von OpenAI entwickelt und bin darauf trainiert, natürliche Sprache zu verstehen und menschenähnlich auf Fragen zu antworten. Mein Ziel ist es, bei einer Vielzahl von Aufgaben und Fragen zu helfen und so Menschen auf der ganzen Welt zu unterstützen.  

Konkret basiert mein Wissen auf einer riesigen Menge an Texten und Daten, die mir im Rahmen meines Trainings zur Verfügung gestellt wurden. Dadurch verfüge ich über ein breites Spektrum an Kenntnissen und Fähigkeiten, die ich in vielen verschiedenen Bereichen einsetzen kann, von der Beantwortung von allgemeinen Fragen über Wissensmanagement bis hin zur maschinellen Übersetzung und der Analyse von Daten.

Als digitale Entität habe ich natürlich keine eigene Persönlichkeit oder Meinung, sondern existiere nur als Programmcode. Mein Hauptzweck ist es, Fragen so genau wie möglich zu beantworten und Benutzern dabei zu helfen, Probleme zu lösen und Wissen zu erwerben.

Was ist so neu an ChatGPT?



Expertensystem

```
bash src -- ruby -- 110x34
ruby
:src Marcus$ ruby startmycin.rb
-1 -----
MARCUS BLOICE

-1 -----
was specimen CULTURE-1 taken? ?
blood

was specimen CULTURE-1 taken? BLOOD
go was this culture (CULTURE-1) obtained? ?
r

go was this culture (CULTURE-1) obtained? 3
M-1 -----
ity (genus) of ORGANISM-1? WHY
ue of identity being asked for?)
of the goal parameters.

ity (genus) of ORGANISM-1? ?
pseudomonas, klebsiella, entero, staphylo, bacteroides, etc.

ity (genus) of ORGANISM-1? ENTERO
```

Seit den 1970er Jahren
ein Fachgebiet
Hinterlegte Regeln
Zunehmend KI-Einsatz

ChatGPT



Trainiert mit großer
Datenmenge
Fachübergreifend,
erkennt Kontext
Flexibel
Einfache Interaktion

ChatGPT: nützlich in Anästhesie und Intensivmedizin



SI

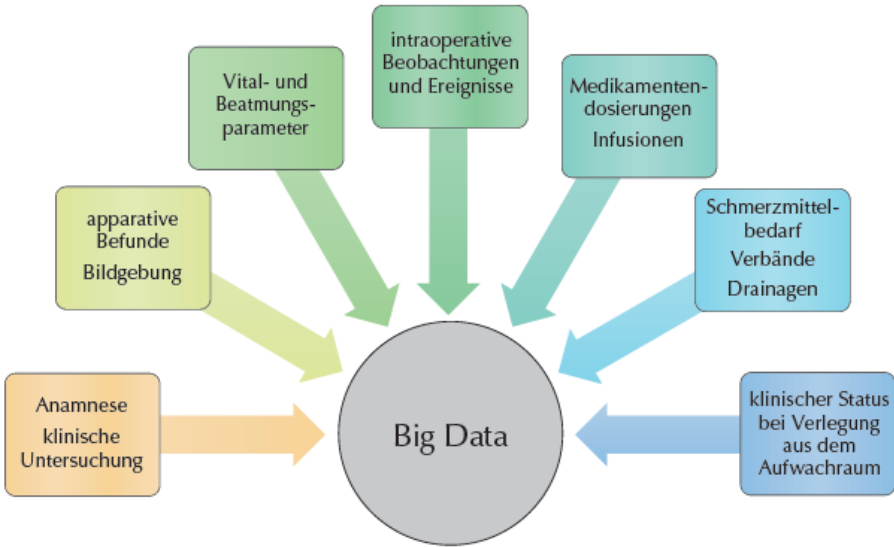
Denkst Du, dass Du in Anästhesie und Intensivmedizin hilfreich sein kannst?



Als virtueller Assistent verfüge ich über ein breites Spektrum an Wissen und Fähigkeiten, das in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt werden kann, einschließlich der Anästhesie und Intensivmedizin. Ich kann beispielsweise allgemeine Fragen zu medizinischen Themen beantworten, bei der Suche nach Informationen und Ressourcen helfen, medizinische Abkürzungen und Begriffe erklären oder sogar bestimmte klinische Entscheidungen unterstützen, indem ich auf aktuelle Forschungsergebnisse und medizinische Leitlinien hinweise.



Was machen mit den Daten?



Patienten- daten

- administrative Daten
- Patientenakte
- PDMS
- Bildgebung
- Labor
- Untersuchungsbefunde



Data Warehouse

- extrahieren
- transformieren
- strukturieren



Anwendung en

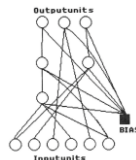
- personalisierte Medizin
- Entscheidungsunterstützung
- Risikoprädiktion
- Hypothesengenerierung
- Signalanalyse
- Prozessoptimierung
- Pharmakokinetik

Machine Learning – „statistisches Lernen“

Entwicklung



Trainingsdaten



Algorithmus



Testdaten

Produktivbetrieb

Daten



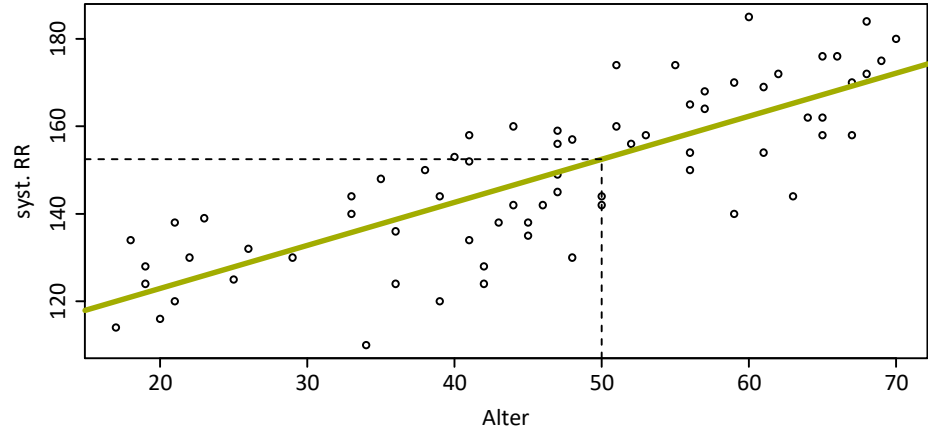
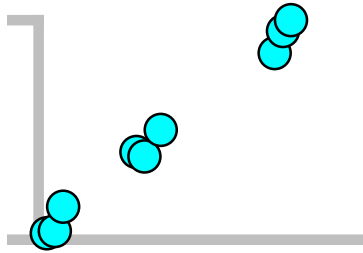
Vorhersage

Regression/Klassifikation

Regression



Vorhersage von stetigen Werten



$$y = a + b * x$$

Lineare Regression $y = a + b * x$

```
predict(systRR,list(Alter=50))
```

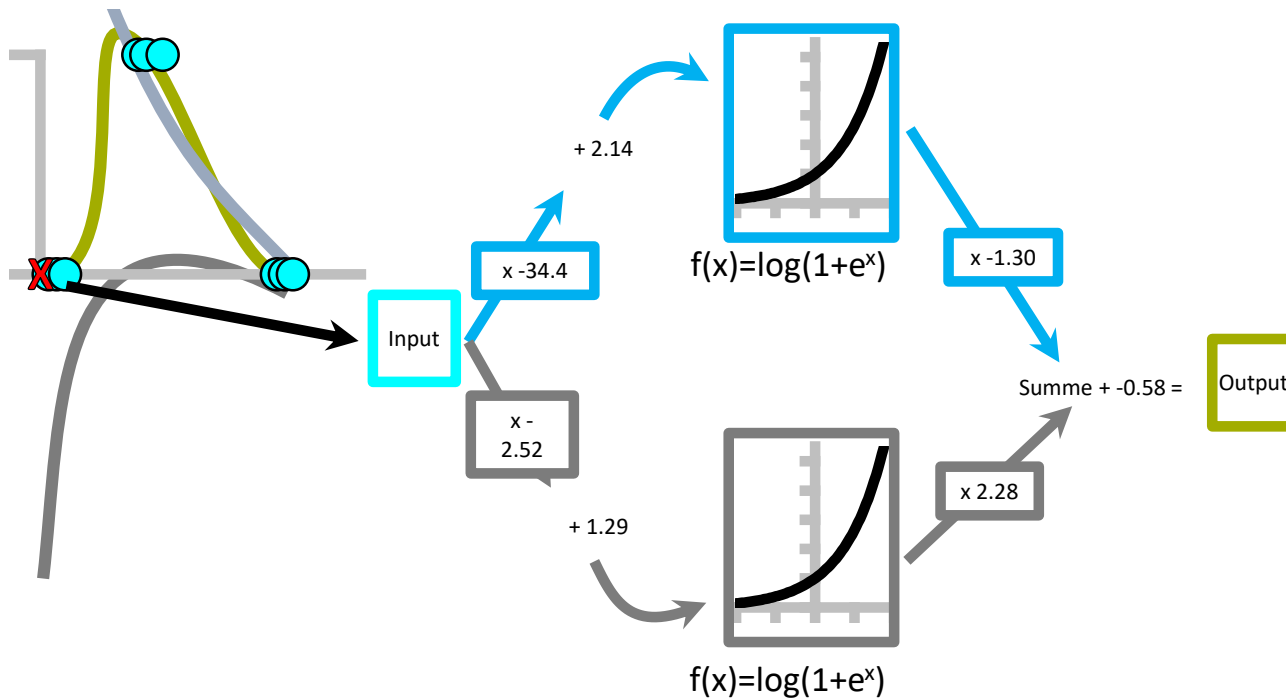
syst. RR = $103 + 0.98 * \text{Alter}$

152.5

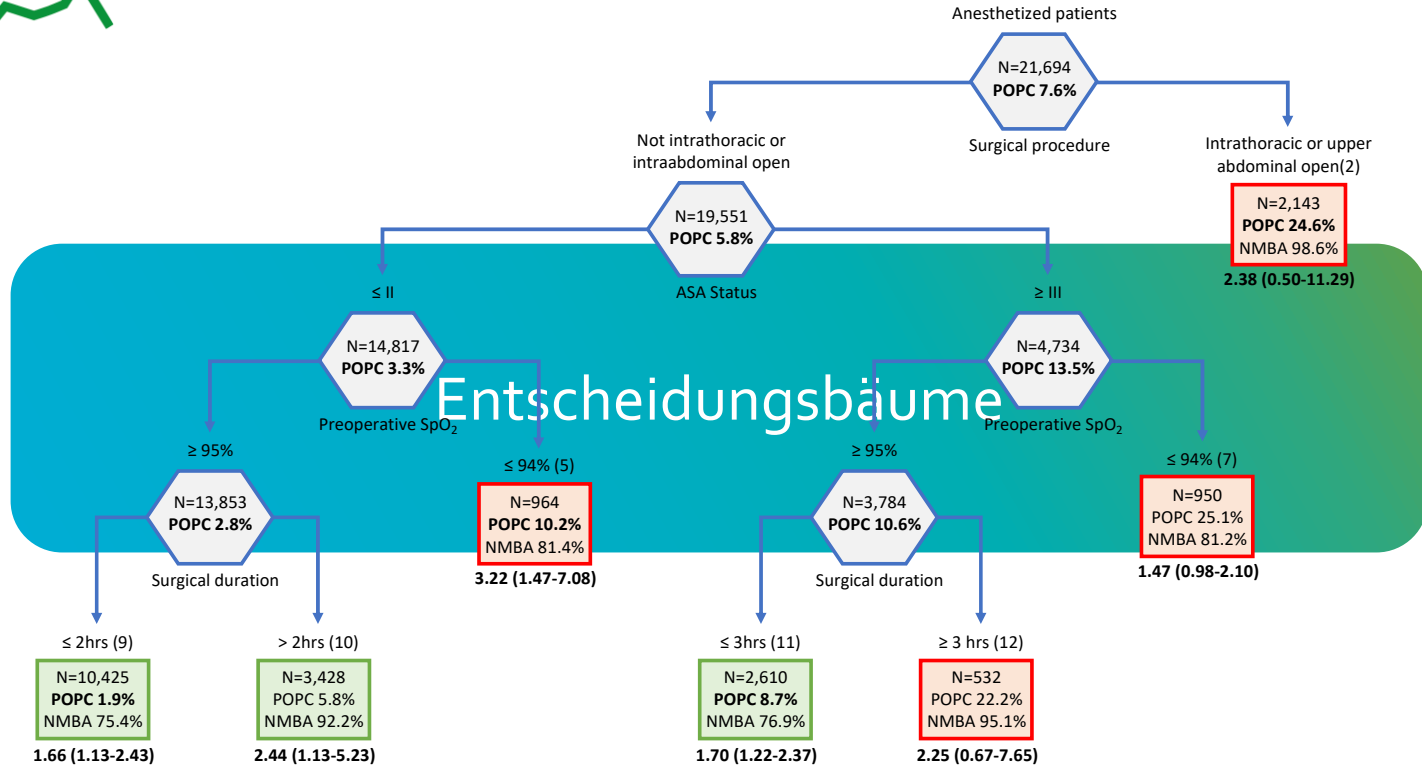
Regression mit neuronalem Netz



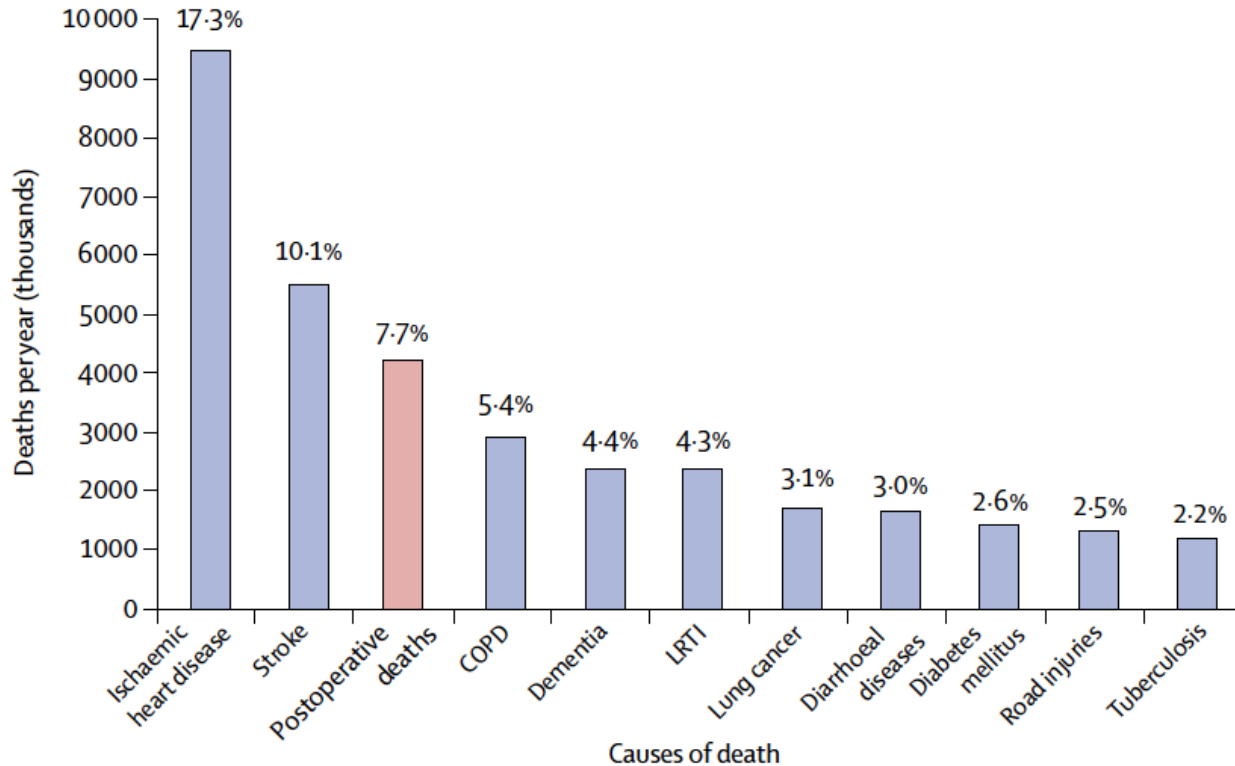
Anpassung bei komplexeren Kurvenformen



Klassifikation – Vorhersage von Gruppenzugehörigkeit



Warum brauchen wir KI?





Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study

*Rupert M Pearse, Rui P Moreno, Peter Bauer, Paolo Pelosi, Philipp Metnitz, Claudia Spies, Benoit Vallet, Jean-Louis Vincent, Andreas Hoeft, Andrew Rhodes, for the European Surgical Outcomes Study (EuSOS) group for the Trials groups of the European Society of Intensive Care Medicine and the European Society of Anaesthesiology**

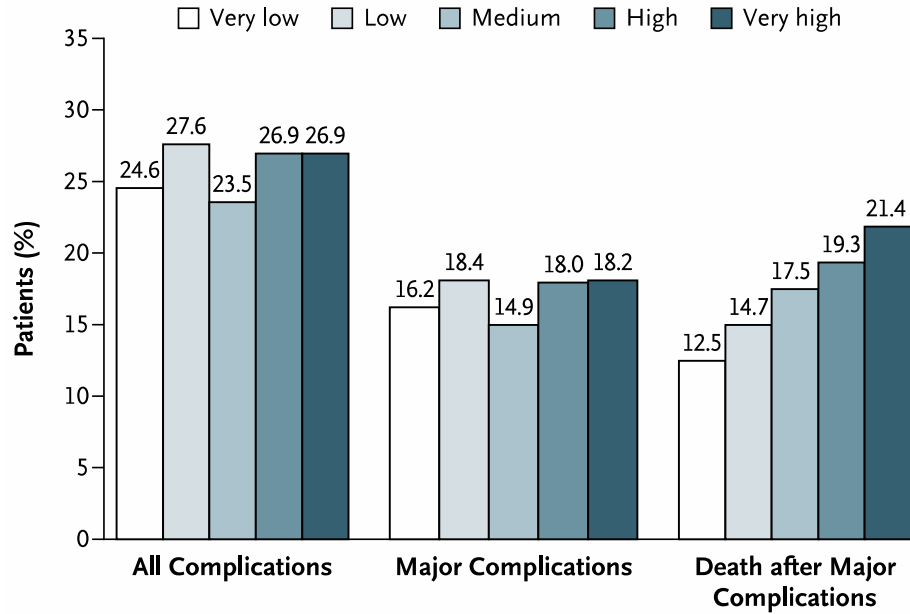
- Postoperative Mortalität in Deutschland 2,5%
- 73% davon versterben auf Normalstation

Bei 30 000 OPs sterben 750 Patienten / Jahr

Postoperative Komplikationen

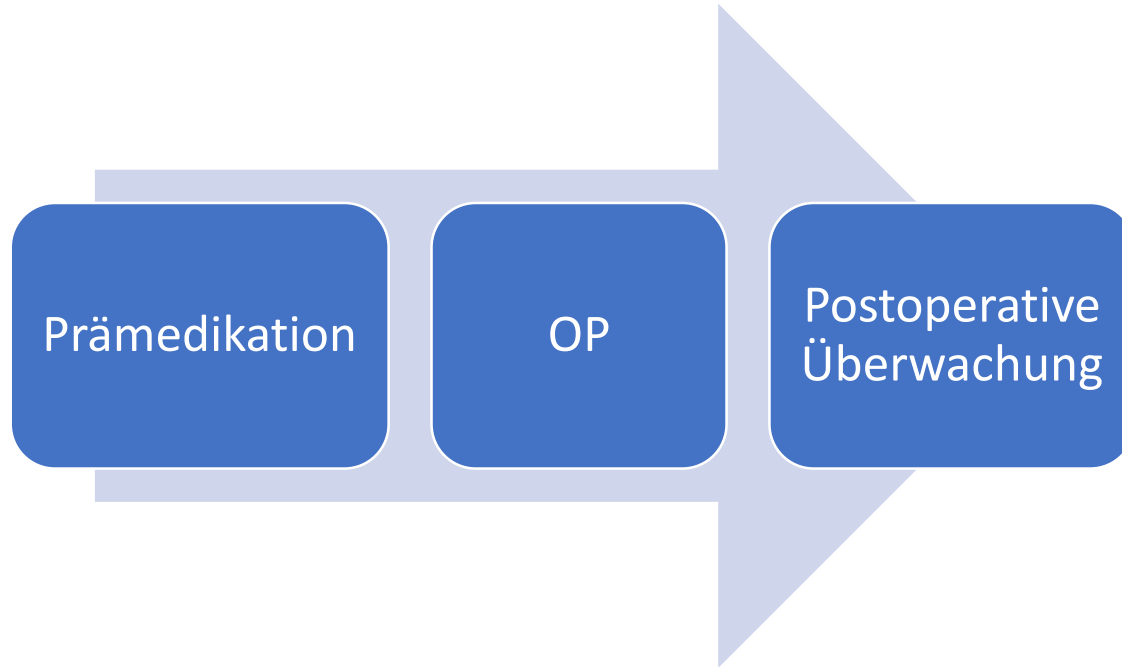


Failure to rescue



84.730 Patienten der Allgemein- und Gefäßchirurgie

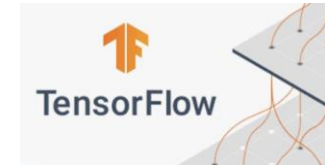
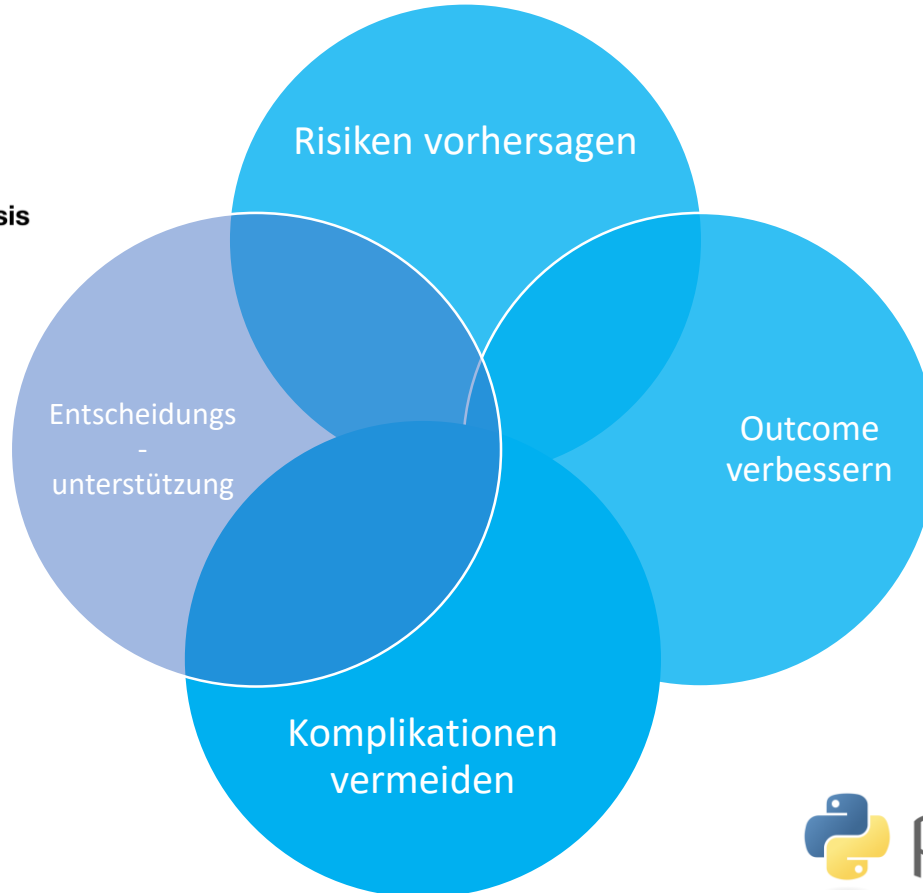
Perioperativer Verlauf



Ziele des KI-Einsatzes



Statistical Data Analysis



Entscheidungsunterstützung



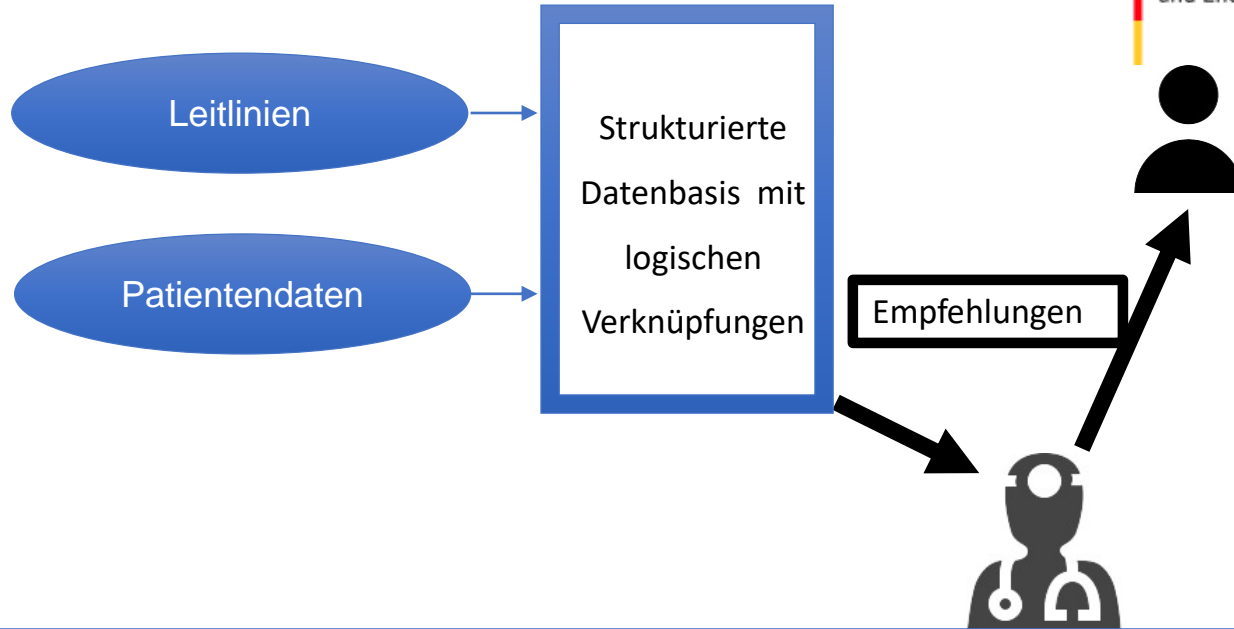
Prämedikation

Leitliniengerechte
Vorbereitung
Risikobewertung



Über 90 deutsche und
europäische Empfehlungen und
Leitlinien

Expertensystem zur Entscheidungsunterstützung



Ziel: standardisierte präoperative Beurteilung

Anforderung: Umstrukturierung PDMS



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Ausgabe von Empfehlungen und Scores



```
promedicationScript.py | GeneratedScript.py
8882 Guide.Node('COMMENTS').AddAnswer(1089,'Lungenfunktionsprüfung empfohlen','Apparat Untersuch;Pulmo;Laborwerte')
8883 Guide.Node('COMMENTS').AddInput('SpO2',1,1089,'Hypox')
8884 Guide.Node('COMMENTS').AddInput('3.8',1,1089,'I')
8885 Guide.Node('COMMENTS').AddInputRelation('!I and Hypox',1089)
8886
8887 Guide.Node(
8888 Guide.Node(
8889 Guide.Node(
8890 Guide.Node(
8891
8892 Guide.Node(
8893 Guide.Node(
8894 Guide.Node(
8895 Guide.Node(
8896 Guide.Node(
8897 Guide.Node(
8898
8899 Guide.Node(
8900 Guide.Node(
8901 Guide.Node(
8902 Guide.Node(
8903 Guide.Node(
8904 Guide.Node(
8905 Guide.Node(
8906
8907 Guide.Node(
8908 Guide.Node(
8909 Guide.Node(
8910 Guide.Node(
8911 Guide.Node(
8912 Guide.Node(
8913 Guide.Node(
8914
8915 Guide.Node('COMMENTS').AddAnswer(95,'Stressecho/Myokardszinti (ESA 2014 Klasse IIb)','Scores;ESA 2B;Kardio;Apparative')
8916 Guide.Node('COMMENTS').AddInput('METorMETna',1,95,'MET')
8917 Guide.Node('COMMENTS').AddInput('2.2.0',0,95,'BCPT')
```

COMMENTS SECTION

Kardio	ESA	Allgemein	Empfehlung anderer Leitlinien	Stoffwechsel	Apparat Untersuch	Nervensystem	Pulmo	Scores
Kreislauf-Gefäßerkrankung	Niere	KDIGO 2012						

Apparative

- EKG empfohlen (im Rahmen des Screenings auf Endorganschäden, ESA 2014)

Laborwerte

- Elektrolyte bestimmen
- aktuelles HbA1c (<3 Monate) (ESA 2018 2A)
- Kreatininbestimmung empfohlen laut NICE-Guidelines 2016 (Referenz zu ESA 2018)

Risikostratifizierung

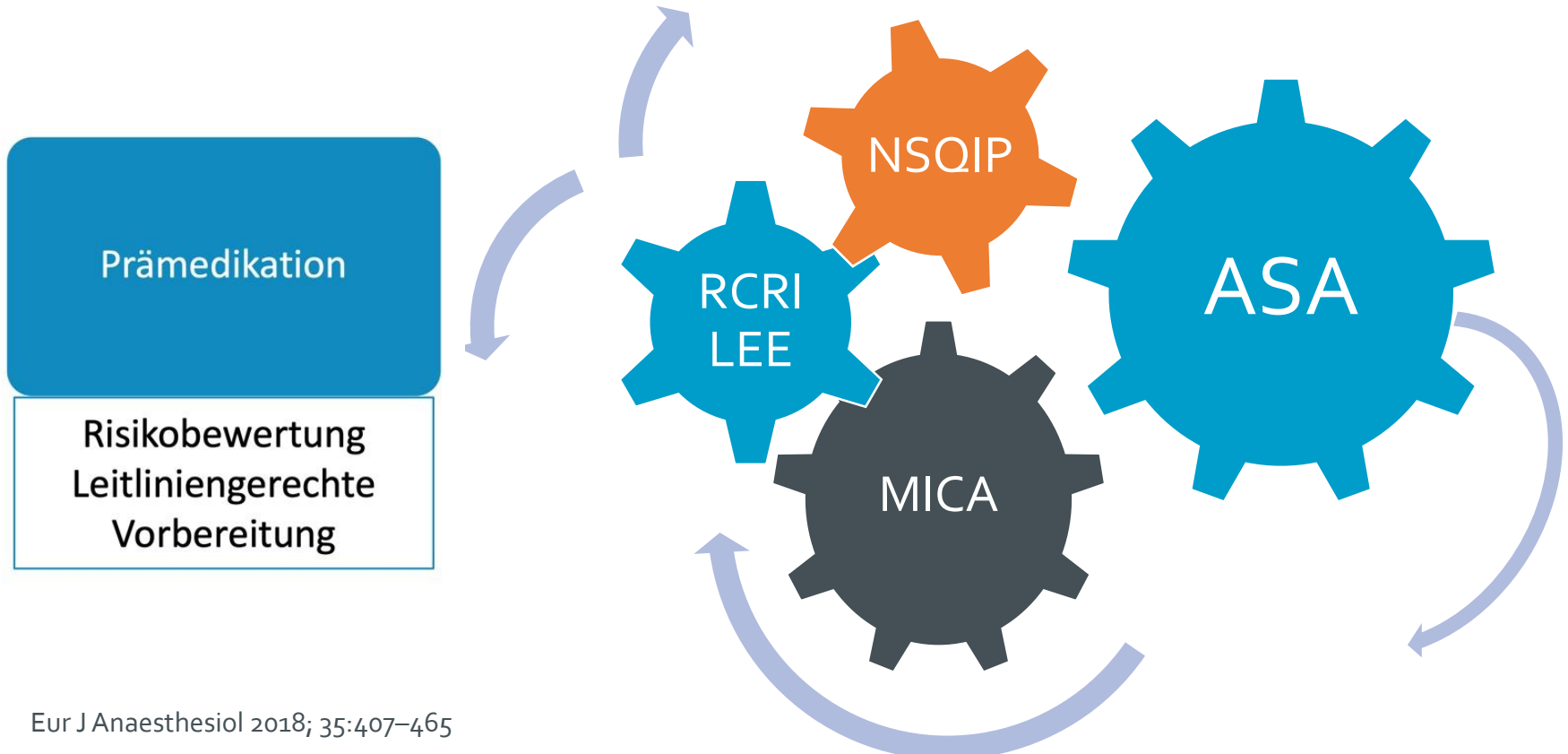
- POSPOM Score: 0,026
- OSAS-Risiko: mittel
- Behandeln wie KHK-Patient (ESA 2018 2A)
- Risikofaktor für schwierigen Atemweg (ESA 2018 2C)
- Diabetes: erhöhtes Risiko für Niereninsuffizienz
- ein oder mehrere Risikofaktoren für Delir vorhanden (nach ESA postoperative delirium 2017)

Anordnungen

- Nüchtern-Blutzucker präop bestimmen

Python file | length: 763.321 | lines: 13.448 | Ln: 8.911 | Col: 57 | Sel: 0 | 0 | Windows (CR LF)

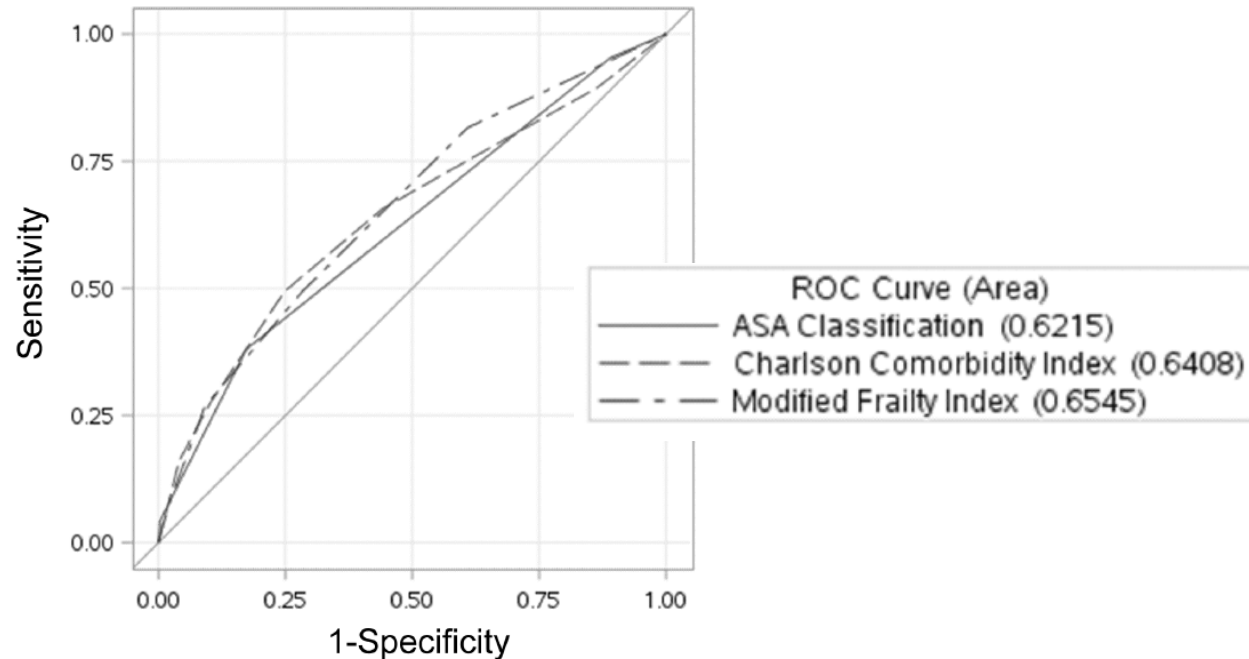
Präoperative Risikoevaluation



Scores zur präoperativen Risikoevaluation



Comparison of Receiver Operating Characteristic Curves for 30-Day Mortality



Datenquellen



Präoperativ



PDMS
(Qcare/HIM)

- Anamnese
- Medikation

KIS
(i.s.h.med/SAP)

- Bewegungsdaten
- OPS-Codes

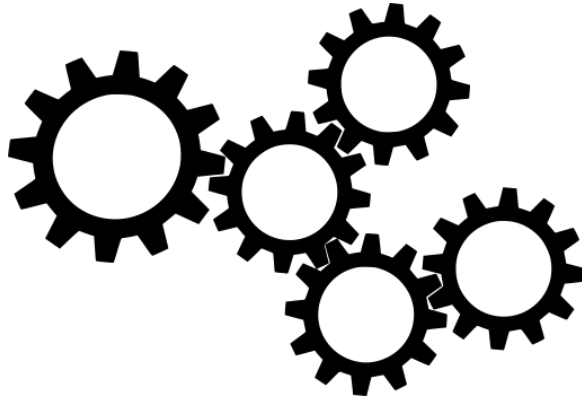
Labor
(swisslab/Lauris)

- Klinische Chemie
- Blutdepot

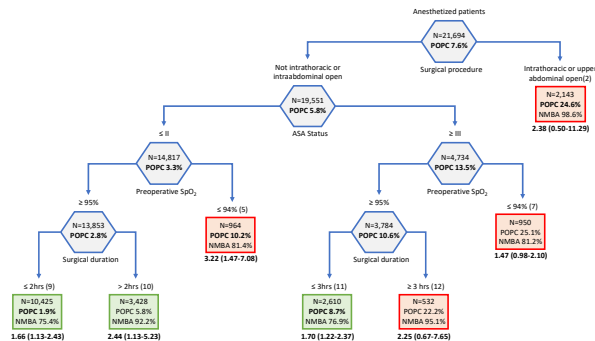
Freitext

strukturiert

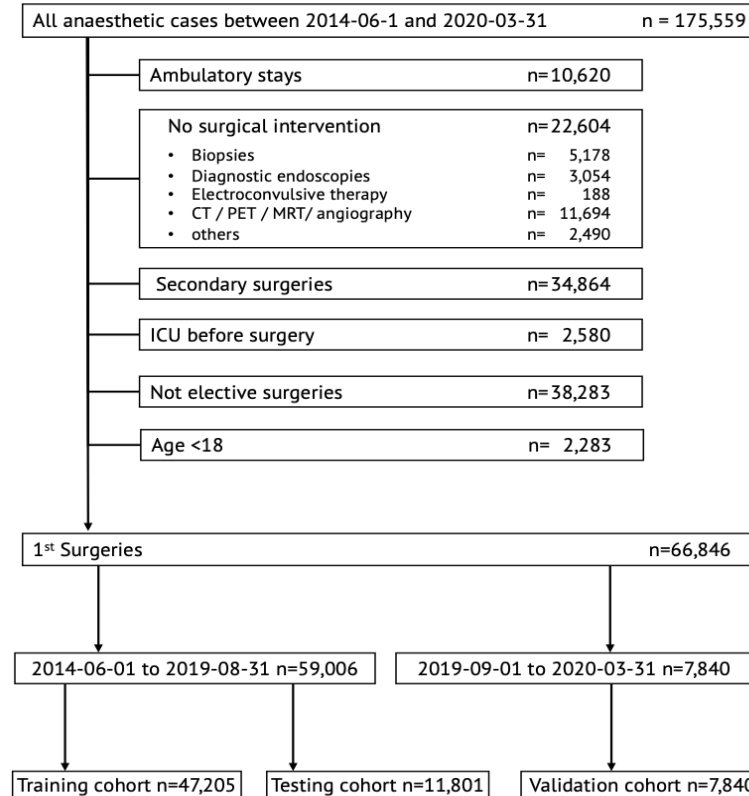
eXtreme Gradient Boosting



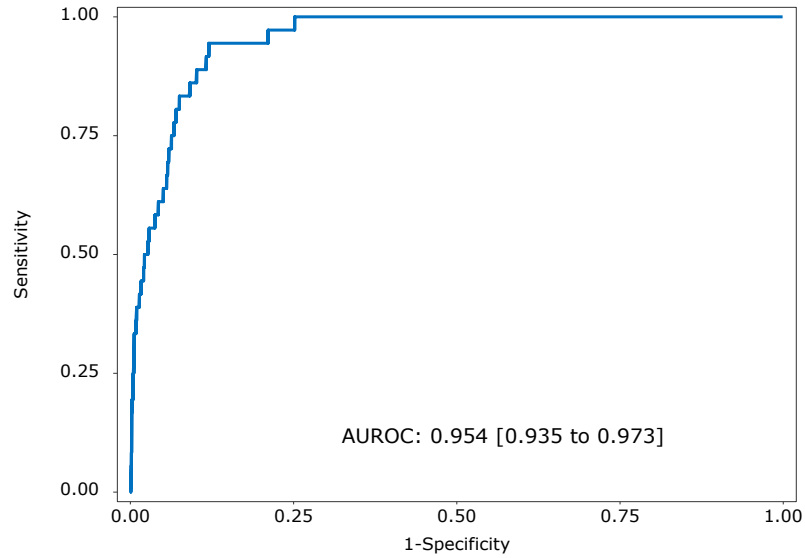
- Überwachtes maschinelles Lernen
- genaue Vorhersagen trotz fehlender Daten
- kurze Laufzeiten
- Vermeidung von Overfitting



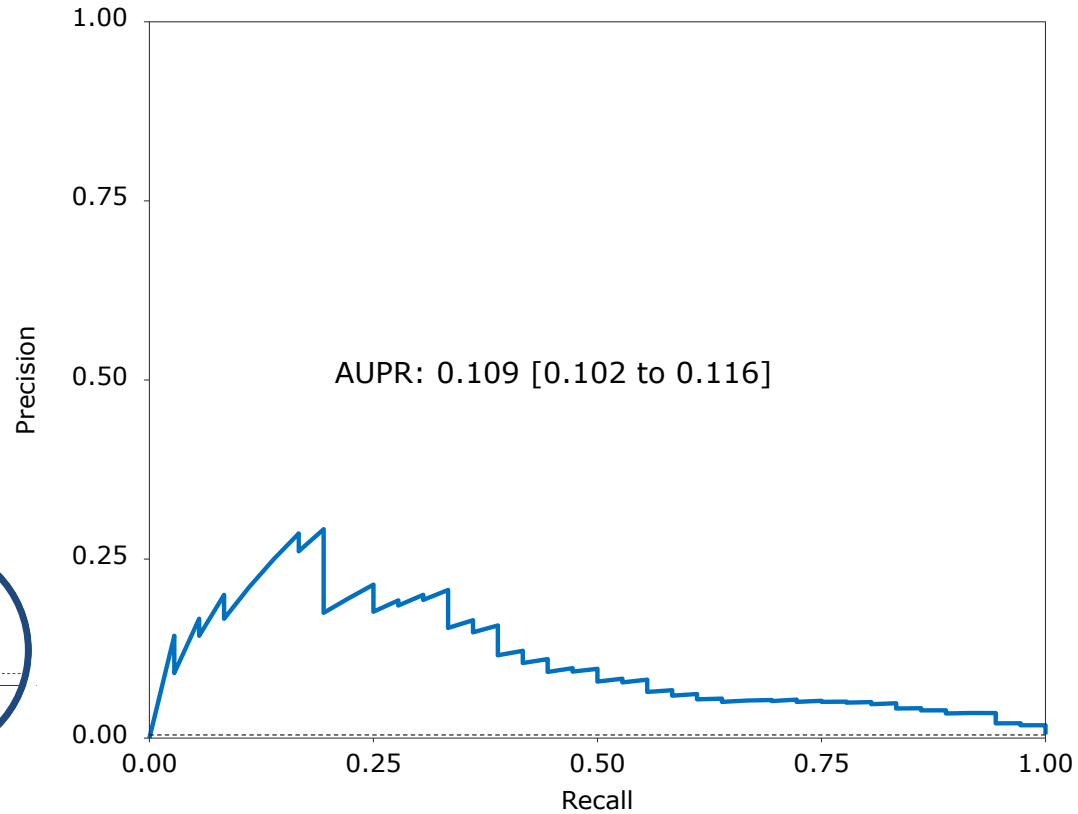
Mortalitätsprädiktion anhand präoperativer Daten



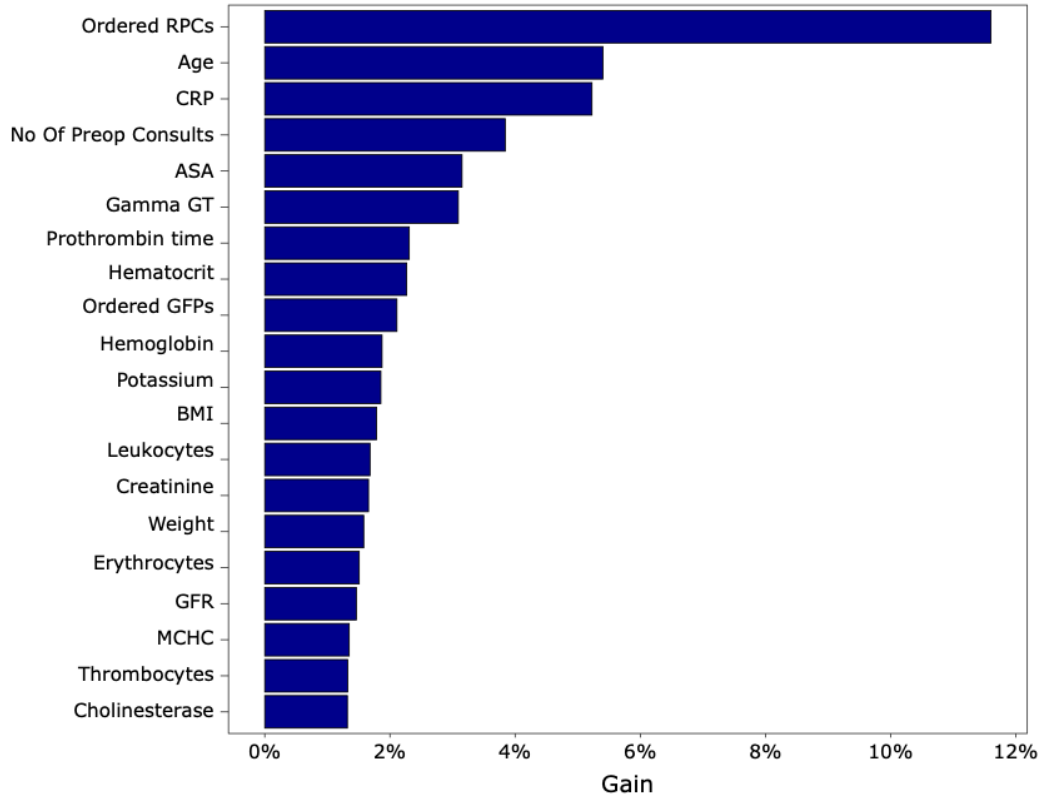
XGBoost: besser als herkömmliche Scores



Precision Recall Curve



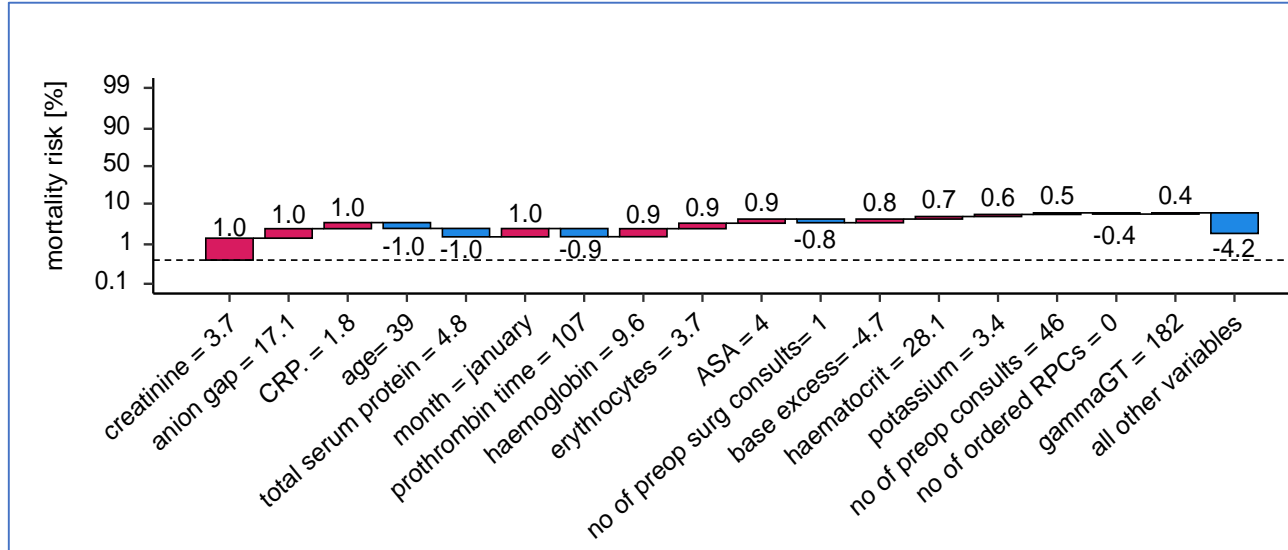
Welche Faktoren machen die Prädiktion aus?



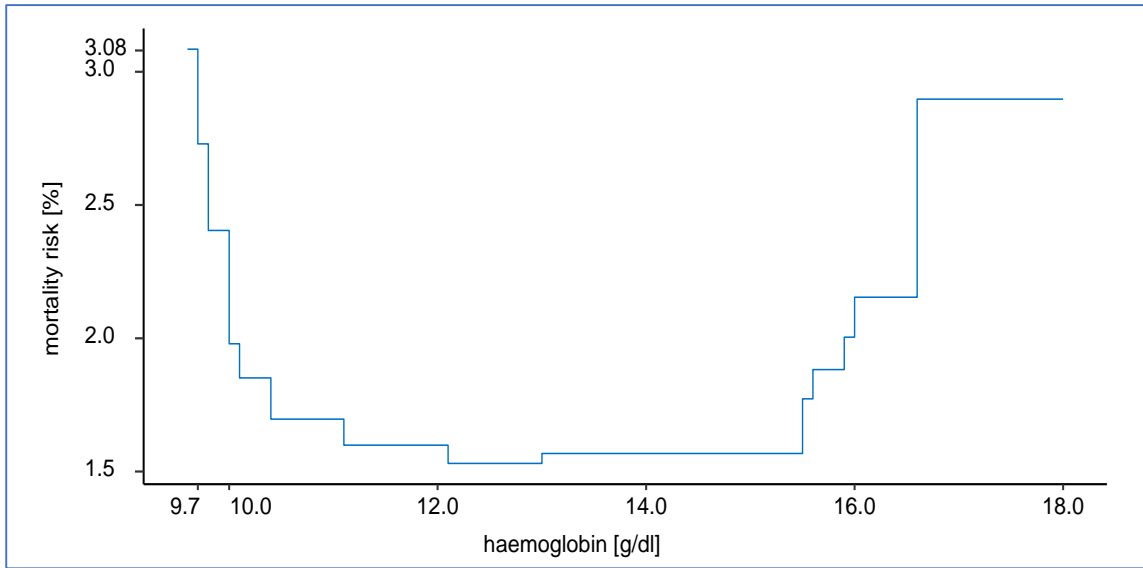
Medizinethik fordert Interpretierbarkeit



Individualisierte Vorhersagen



Modifizierbarkeit des Risikos

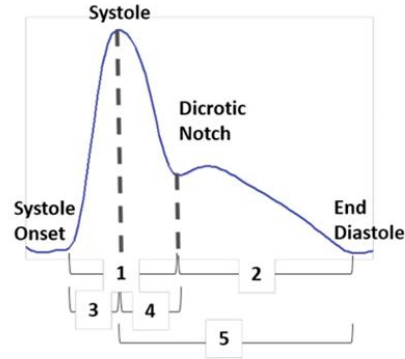


Ceteris-Paribus Plot

Hypotension Prediction Index (HPI)

One arterial pressure cardiac cycle separated into **5 Phases:**

1. Systolic Phase
2. Diastolic Phase
3. Systolic Rise Phase
4. Systolic Decay Phase
5. Overall Decay Phase



Hypotension: MAP < 65mmHg

For each Phase, calculate Individual Features:

1. Signal Features
2. FloTrac Features
3. COTrek Features
4. Complexity Features
5. Baroreflex Features
6. Variability Features
7. Spectral Features
8. Delta Change Features

3,022 Individual Features

2,606,147 Waveform Features Total

Machine Learning Model Training

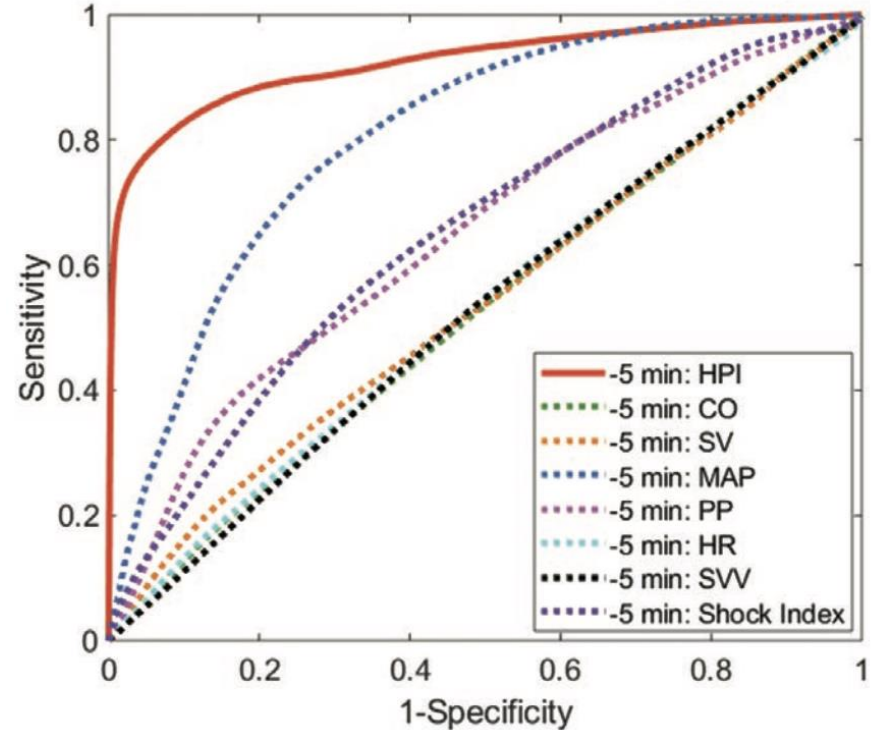
Final Predictive Model

Create Combinatorial Features:

Power combinations of features from previous step

2,603,125 Combinatorial Features

Prädiktion der Hypotension



Davies S, Anesth Analg. 2020 Feb;130(2):352-359.

AUC 0,926 (95% CI: 0,925 – 0,926)

Prädiktion der Hypotension



Prospektive Interventionsstudie,
n=60

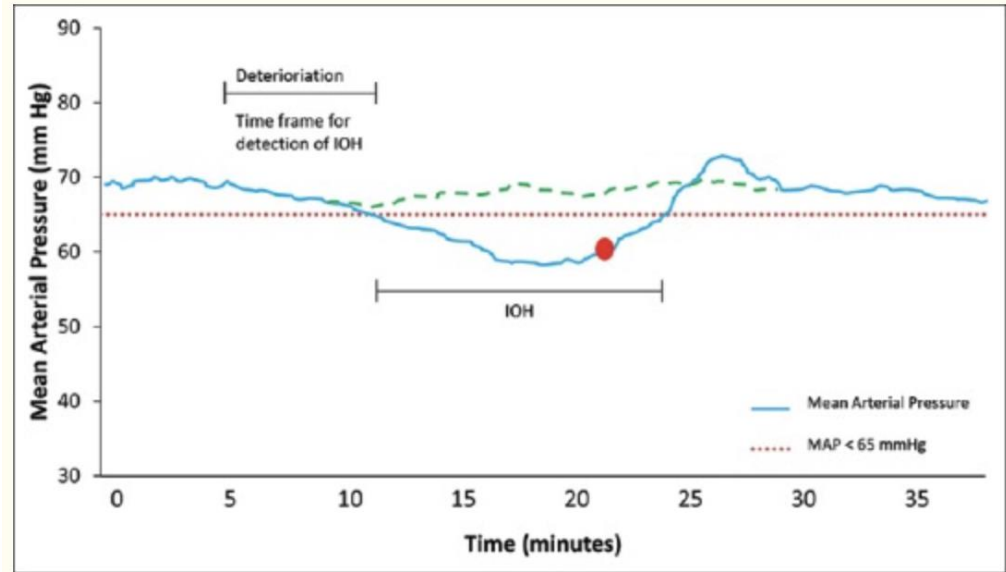


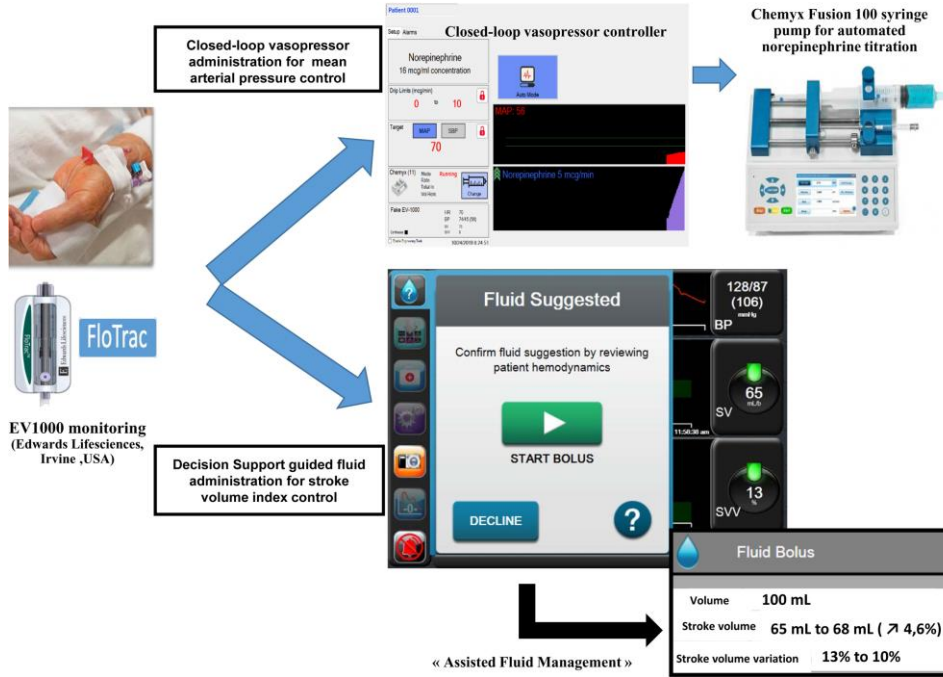
Table 2. Primary and Secondary End Points

	Median (Interquartile Range) ^a		Median Difference (95% CI) ^b	P Value ^c
	Intervention (n = 31)	Control (n = 29)		
Primary End Point				
Time-weighted average of hypotension, mm Hg	0.10 (0.01-0.43)	0.44 (0.23-0.72)	0.38 (0.14 to 0.43)	.001

Erweitertes Monitoring



Computer-assisted Goal Directed Therapy protocol

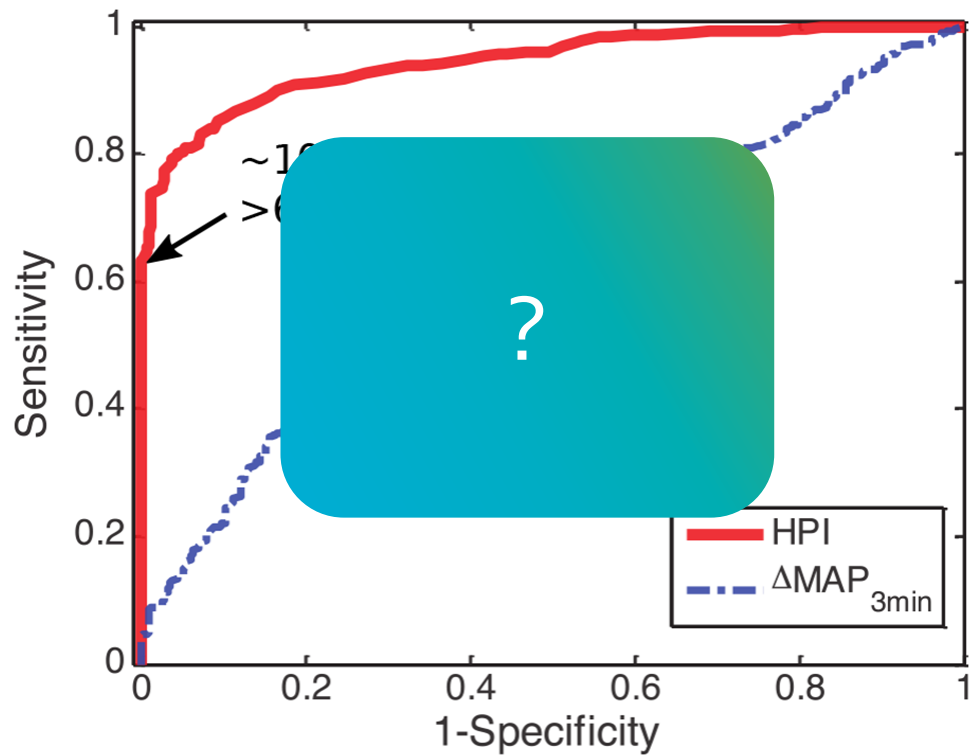


Intraoperative Hypotonie

21,5% vs. 1,2%

Differenz -21 (95%-CI -16 bis -28)

Komplikationsrate vergleichbar





Sind wir bereit für AI?

KI in der Intensivmedizin: Erwartungen und Befürchtungen



Höhere
Patientensicherheit

Besseres
Patientenoutcome

Höhere Effizienz

Sinkende Kosten

Störungen des
Workflows

Alarmfatigue

Verlust klinischer
Fähigkeiten

Unausgereifte
Algorithmen





ChatGPT



ChatGPT: Freund oder Feind?



Erstellt Entlassberichte

vereinfacht radiologische Befunde

- Entlastung des medizinischen Personals
- Automatisierung von Prozessen

ChatGPT is a game changer, but we're not quite ready to play¹

Schreibt wissenschaftliche Artikel

- Plagiarismus
- Fehleranfälligkeit
- Verlust intellektueller Fähigkeiten



Zusammenfassung



Große Datenmengen in Anästhesie und Intensivmedizin sowie Super-Computer ermöglichen KI

Maschinelles (statistisches) Lernen erlaubt präzise Vorhersagen

Interpretierbare Algorithmen ermöglichen individualisierte Prognosen und Anpassung des klinischen Vorgehens

Algorithmen entscheiden nicht

Verständnis der Grundlagen ist essentiell

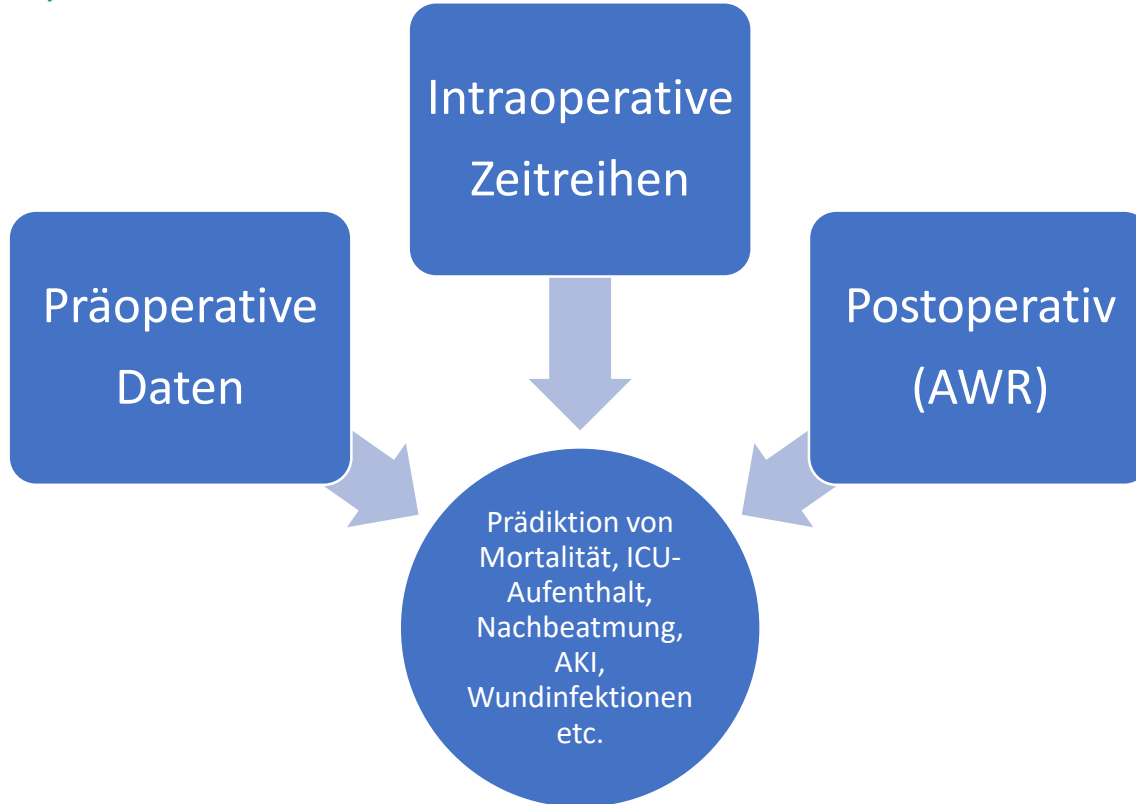


Wissenschaftlicher Arbeitskreis Digitale Medizin

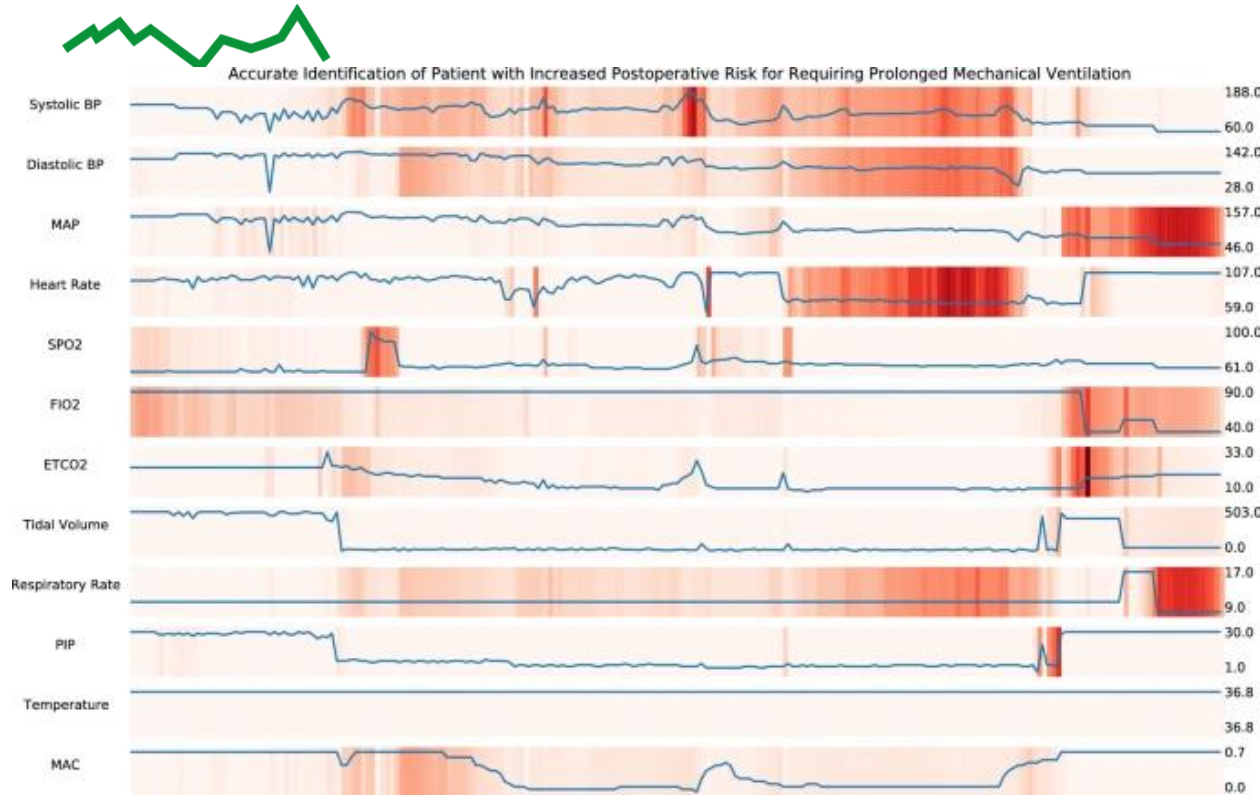
Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit



Prädiktion postoperativer Komplikationen



Vorhersage prolongierter Nachbeatmung



- Muster, die für die Risikovorhersage entscheidend sind, sind farblich hervorgehoben:
- HF-Verlauf
 - etCO₂-Anstieg
 - Anstieg des PIP
 - Änderungen der SpO₂