

# Ein Muss im Rettungsdienst der Schweiz: Zur Entwicklung und Anwendung von Algorithmen

**Autor:**  
**Helge Regener**  
 Dipl. Rettungs-  
 sanitäter, MME,  
 Geschäftsführer  
 Schweizer Institut  
 für Rettungsme-  
 dizin,  
 CH-6207 Nottwil,  
 www.sirmed.ch

*In den vergangenen zehn Jahren haben Algorithmen in den Rettungsdiensten der Schweiz einen regelrechten Siegeszug angetreten. Während Mitte der 1990er-Jahre nur einzelne Rettungsdienste Algorithmensammlungen oder algorithmenähnliche Konstruktionen implementiert hatten, sind es umgekehrt heute nur noch wenige, die darauf verzichten. Im Jahr 2000 hat der Interverband für Rettungswesen (IVR) die Verfügbarkeit von Algorithmen und die algorithmenbezogene Fortbildung als Muss-Kriterium in seine Anerkennungsrichtlinien für Rettungsdienste aufgenommen. Diese Entwicklung ist im Wesentlichen positiv zu beurteilen, birgt aber auch gewisse Risiken.*

sehen – immer weniger inhaltliche Differenzen bestehen und die eigentlichen Aussagen der Algorithmen immer enger beieinander liegen.

## Aufbau und Eigenschaften von Algorithmen

Der Begriff „Algorithmus“ lässt sich auf den verfremdeten Namen des Mathematikers Abu Abd-Allah ibn Musa al'Khwarizmi (ca. 790-850 n. Chr.), Lehrer an der ersten islamischen Schule für Astronomie in Bagdad, zurückführen. Im Mittelalter wurde der Begriff für das Rechnen mit arabischen Zahlen gebraucht. Wenngleich auch verschiedene andere Deutungsansätze bestehen, so hat sich der Begriff im Laufe der Zeit doch für geregelte Prozeduren definierter Probleme eingebürgert.

Unter primär mathematischer und logischer Betrachtung versteht man unter einem Algorithmus ein exakt definiertes Ablaufschema, das nach einer endlichen Anzahl von tatsächlich ausführbaren Arbeitsschritten zu einem eindeutigen Ergebnis führt. Ein Algorithmus zeichnet sich dadurch aus, dass er absolut reproduzierbar ist, also unter immer gleichen Voraussetzungen bzw. Startbedingungen und Eingaben stets dasselbe Ergebnis liefert. Dies wird als Determiniertheit bezeichnet. Ein Algorithmus stellt somit eine Gruppe von verbundenen prozeduralen Regeln dar, die der Erreichung eines bestimmten Ziels dienen. In der Regel werden Algorithmen für oft wiederkehrende Vorgänge erstellt.

Algorithmen sind demnach Flusschemata. Sie beinhalten gestufte Handlungsanweisungen, die eine schrittweise Untergliederung eines umfangreichen Prozesses beschreiben. Darüber hinaus werden mit Hilfe von Schaltweichen entscheidungsabhängige Handlungsvarianten angeboten. Die einfachste Version ist hier eine Ja/Nein-Verzweigung. Die Einbindung von Wiederholungsschleifen ermöglicht bei Bedarf das mehrfache Durchlaufen eines Teiles oder eines ganzen Algorithmus.

Unsere gängige Vorstellung von einem grafisch dargestellten Flusschema spiegelt damit zwar eine klassische Form eines Algorithmus wider, aber keinesfalls eine zwingende oder gar die einzige. Genauso gut ließen sich die nämlichen Ablaufschritte in einem Fließtext darstellen im Sinne von „Mache zuerst dieses und dann das. Wenn dann a) passiert,



**Abb. 1:** Herr Regener, bitte eine passende Bildlegende ausformulieren (Fotos: H. Regener)

Aktuell existieren einige betriebsübergreifende Algorithmensammlungen (z.B. die des Dachverbandes der Tessiner Rettungsdienste FCTSA, die der Interessengemeinschaft der Nordostschweizerischen Rettungsdienste IG NORD, der Swiss Medical Rescue Commission „SMEDRIX“ oder die der deutschschweizerischen Rettungssanitäterschulen) sowie eine große Anzahl betriebspezifischer Lösungen. Im direkten Vergleich insbesondere mit den teilweise vor über zehn Jahren eingeführten betriebsübergreifenden Algorithmen lässt sich feststellen, dass – von Unterschiedlichkeiten in der Darstellung abge-

**Magnet**



**Abb. 2:** Herr Regener, bitte eine passende Bildlegende ausformulieren

tue dies, wenn b) passiert, tue jenes“ usw. Die grafische Darstellung eignet sich – insbesondere, wenn eine übliche Symbolik verwendet wird – vor allem dazu, Übersicht und Verständlichkeit zu verbessern.

Während die Automatisierung industrieller Arbeitsprozesse bereits vor etlichen Jahren eine Verbreitung algorithmisch dargestellter Handlungsschemata in der Industrie förderte, herrschte im Rettungsdienst lange Zeit die Ansicht vor, Notfallsituationen seien zu komplex und daher nicht geeignet für die Abbildung in Algorithmen.

In dem Maße aber, in dem heute die Anforderungen an die Nachvollziehbarkeit medizinischer Versorgungsabläufe steigen, scheint auch die Bereitschaft zur Verwendung algorithmischer Arbeitsinstrumente zu steigen, und insbesondere in der Notfall- und Rettungsmedizin sind algorithmische Darstellungen von Handlungsabläufen heutzutage bereits weithin gebräuchlich.

### Möglichkeiten ...

Algorithmen definieren – strukturiert und vereinfacht – Versorgungsprozesse für wichtige Notfallsituationen. Sie beschreiben den Versorgungslevel, -umfang und -ablauf und homogenisieren damit die Notfallversorgung. Somit werden beispielsweise schwierige Entscheidungsschritte auf die Beurteilung klar beschriebener Kernparameter fokussiert und mit einer Reaktion gekoppelt. Bei immer gleicher Vorgehensweise ist damit die Ergebnisqualität in Abhängigkeit von der Ausgangssituation vorgegeben. Dies ist allerdings in der Mathematik oftmals eindeutiger als in der Medizin nachvollziehbar, da eben gerade die Ausgangssituationen von Notfallpatienten hoch variabel und unkontrollierbar sind. Die Prozessqualität hingegen ist definiert, überprüfbar und im Vergleich mit anderen messbar. Damit können Algorithmen als Instrumente im Rahmen der Qualitätssicherung sinnvoll verwendet werden. Der tatsächliche Beweis der

Qualitätssteigerung durch die Einführung von Algorithmen ist jedoch nur schwer zu erbringen.

Andere mögliche Proaspekte von Algorithmen beziehen sich auf die Aus- und Fortbildung, da sie die Chance bieten, Mitarbeiter auf einer gemeinsamen Basis zu trainieren, Entscheidungsfindung zu kanalisieren und dadurch Effizienz und Effektivität zu verbessern.

### ... und Grenzen

Wenn Algorithmen als starre Handlungsschemata missverstanden werden, deren Abarbeitung vor allem buchstabengetreu, nicht aber bedarfsadaptiert zu erfolgen hat, dann werden die Nachteile die beschriebenen Vorteile rasch überwiegen. Das unterstreicht die Notwendigkeit eines verstehenden Umgangs mit Algorithmen. Am Beispiel des Universalalgorithmus zur Reanimation Erwachsener des European Resuscitation Council (ERC) lässt sich leicht darstellen, dass auf einer A4-Seite naturgemäß niemals alle notwendigen Hintergrundinformationen darstellbar sind, die unabdingbar vorausgesetzt werden müssen, um den Algorithmus sicher zu applizieren. Das bedeutet, dass die Anwendung von Algorithmen im Rettungsdienst ein hohes Maß an fachlicher Versiertheit voraussetzt.

Hier zur Untermauerung eine kleine Anekdote. Auf die Frage: „Warum soll Clopidogrel in der Versorgung eines Patienten mit AKS erwogen werden?“ ernüchtert die spontane Antwort: „Das steht so in unserem Algorithmus!“

Algorithmen definieren – wenn Sie betrieblich entsprechend genutzt werden – einen Versorgungsstandard. Wenn der Anwender diesen nicht denkend auf die Bedarfslage des individuellen Patienten anwenden kann, haben sie ihr Ziel verfehlt.

### Algorithmen und Algorithmen

Unter dem gleichen Titel finden sich im Rettungsdienst durchaus stark unterschiedliche Konstruktionen. In manchen Algorithmensammlungen werden ausschließlich Versorgungsabläufe von Notfallsituationen dargestellt. Dabei macht es einen Unterschied, ob der Eingang in einen Algorithmus als Diagnose, z.B. „Status asthmaticus“, oder als Leitsymptom, z.B. „Akute respiratorische Störung“, beschrieben ist. In dem einen Fall wird bei der Anwendung des Algorithmus, ähnlich wie in vielen Lehrbüchern, implizit davon ausgegangen, dass die Diagnose eigentlich schon steht, wenn mit der Versorgung begonnen wird. Im zweiten Fall wird vom klinischen Leitsymptom ausgegangen, das die akute Situation des Patienten kennzeichnet, um sich den wirklichen Abläufen entsprechend dann zur Arbeitsdiagnose vor zu arbeiten. Grundsätzlich ist beim Arbeiten mit dieser Art von Algorithmen vorauszusetzen, dass der betreffende Mitarbeiter die beschriebene Informationssammlung und die erforderlichen Handlungen beherrscht.



Andere Algorithmen definieren detailliert technische Vorrichtungen wie die Ableitung eines 12-Kanal-EKG, die Intubation oder eine Koniotomie. Diese Algorithmen haben einen völlig anderen Fokus und rücken die Darstellung der Handlung in den Mittelpunkt.



**Abb. 3:** Herr Regener, bitte eine passende Bildlegende ausformulieren

### Qualität von Algorithmen

Die reine Verfügbarkeit von Algorithmen garantiert keinesfalls deren Tauglichkeit. Hier liegt ein klassischer Knackpunkt im unreflektierten Glauben an Gedrucktes. Nur weil Handlungsanweisungen in algorithmische Form gebracht, laminiert und spiralgelbunden sind, müssen sie inhaltlich nicht korrekt sein. Im Gegenteil, unvalidierte Algorithmen können sogar gefährlich sein, wenn dort festgelegte Unrichtigkeiten per Dienstanweisung zum Versorgungsstandard erhoben werden – und es gibt fachlich sehr schlechte Algorithmen!

Und hier kommt das viel missbrauchte Zauberwort von der Evidenzbasierung zum Tragen. Ein kurzes Zitat eines Retters soll das verdeutlichen: „Unsere neuen Algorithmen sind evidence based“ – Zitat Ende.

Nun, es gibt vermutlich keinen einzigen notfall- oder rettungsmedizinisch eingesetzten Algorithmus, der einen höhergradigen Evidenzlevel verdient, d.h. der in Metaanalysen, in randomisiert kontrollierten Untersuchungen oder anderen hochwertigen Studiendesigns die eigene Gültigkeit bewiesen hätte – wie auch?

Es ist kaum realisierbar, einen kompletten (algorithmisch dargestellten) Versorgungsablauf für ein akutes Notfallgeschehen seriös gegen eine Alternative zu testen und damit einen Evidenzlevel höher als „Expertenmeinung“ zu bedienen. Umso mehr muss daher Wert darauf gelegt werden, dass zumindest die einzelnen Handlungsschritte eine möglichst gute wissenschaftliche Beweisbarkeit haben. So fassen beispielsweise die Algorithmen der AHA und des ERC zur Reanimation vor allem einzelne, nach den Kriterien der EBM beurteilte Versorgungsschritte in Ablaufschemata zusammen.

# AAT

## Algorithmen und Kompetenzen

Algorithmen nutzen dem einzelnen Patienten insbesondere dann, wenn sie in einem Rettungsdienstbereich für alle Mitarbeitenden in Kraft gesetzt werden, um Prozesse zu vereinheitlichen. Das setzt entsprechende Kompetenzen der Adressaten voraus. Im Rettungswesen werden wir allerdings regelmäßig mit zwei grundsätzlich unterschiedlichen Bedeutungen des Begriffs „Kompetenz“ konfrontiert. Zum einen wird der Begriff Kompetenz als das definiert, was jemand darf. Zum anderen wird Kompetenz als das verstanden, was jemand kann.

Dass dieser Unterschied nicht ganz trivial ist, wird bei der Betrachtung von Algorithmen schnell klar. Wenn Rettungsdienstmitarbeiter kraft Ausbildung in der Lage sind, bestimmte Handlungen zum Nutzen des Patienten durchzuführen, dann muss gut erwogen werden, ob im Algorithmus auf entsprechend indizierte Interventionen verzichtet werden kann.



**Abb. 4:** Herr Regener, bitte eine passende Bildlegende ausformulieren

Andererseits darf es nicht passieren, dass in einem Algorithmus Interventionen beschrieben sind, die ein Mitarbeiter nicht beherrscht oder die er nicht durchführen darf. In diesem Sinne ist das Können des Dürfens Maß.

In einigen Rettungsdiensten sind Kenntnis und Beherrschung von Algorithmen ausschlaggebend für die individuelle Kompetenzdelegation. Daraus resultiert mitunter der Umstand, dass Mitarbeiter im gleichen Betrieb ein unterschiedliches Interventionsspektrum anbieten können und dass je nach Dienstplan im gleichen Rettungsdienst heute ein Mitarbeiter zu einem Säuglingstrauma gerufen wird, der eine intraossäre Punktion durchführen darf, und morgen einer, der diese Maßnahme entweder nicht beherrscht oder nicht durchführen darf.

Das Thema Kompetenzen (mit beiden Bedeutungsdimensionen) ist zweifellos ein Kapitel für sich. Die angesprochenen Aspekte dürfen bei der Einführung von Algorithmen jedoch keinesfalls unberücksichtigt bleiben.

## Generalisierbarkeit und Individualität

Da die Erarbeitung von Algorithmen eine überaus zeitintensive Angelegenheit ist, macht es durchaus Sinn, wenn existierende Algorithmen durch weitere Rettungsdienste übernommen werden. Es macht jedoch keinen Sinn, wenn sie blindlings übernommen werden.

Damit stellt sich die Frage, in welchen Punkten eine einfache Übernahme von Algorithmen, beispielsweise aus den Guidelines von ERC oder AHA, möglich ist, und wo Individualisierungen erforderlich sind. Sicherlich spielen Aspekte wie klinische Versorgungsdichte, Versorgungsstufe und Fahrzeiten eine strategische Rolle bei der Wahl des Zielspitals. Dass aber die biologischen Entscheidungsgrößen für den Einsatz von Acetylsalicylsäure in der Lausitz andere sein sollen als im Berner Oberland, ist unwahrscheinlich.

Insofern ist ernsthaft zu prüfen, inwieweit der „speziellen“ Situation des einzelnen Rettungsdienstes bei der Erarbeitung von Algorithmen tatsächlich Rechnung getragen werden muss, denn nüchtern betrachtet sollten regionale Brauchtümer in der Akutversorgung eines Patienten mit akutem Koronarsyndrom möglichst keine wesentliche Rolle spielen.

## Implementierung

Für die Akzeptanz und den Erfolg von Algorithmen im Rettungsdienst ist die Art der Implementierung von großer Bedeutung. Wie immer werden Innovationen von den Betroffenen dann besonders gut mitgetragen, wenn Umstände und Inhalte klar, nachvollziehbar und begründet sind. Das bedeutet, dass eine Beteiligung an der Entwicklung, Informationen, Spielregeln und Schulung wesentlich zum Gelingen beitragen können.

Im Rahmen spezifischer Fortbildungen sollten zwei Ziele verfolgt werden. Zum einen müssen die Mitarbeitenden für Sinn und Zweck von Algorithmen und die Handhabung im Betrieb sensibilisiert werden, zum anderen müssen die Inhalte der Algorithmen verinnerlicht werden. Hier soll eine Auswahl von drei Implementierung Stolpersteinen benannt werden:

**Verbindlichkeit** → Wie eingangs dargestellt, beschreibt der Begriff „Algorithmus“ primär die Darbietungsform und nicht den Grad der Verbindlichkeit. Unserer Erfahrung nach stellt dies bei der Einführung von Algorithmen eine häufig unbeachtete Schwierigkeit dar.

So lässt sich bei Befragungen von Mitarbeitern aus dem gleichen Rettungsdienst nicht selten ein unterschiedliches Verständnis in Bezug auf den Verbindlichkeitsgrad eruieren. Das kann im unglücklichsten Fall dazu führen, dass eine Gruppe von Mitarbeitern die Algorithmen im Sinne von Standard Operating Procedures (SOP) als „Muss“ für die tägliche Arbeit versteht, andere im gleichen Rettungsdienst aber als „Soll“ oder gar „Kann“. Nun ist es aber sehr wohl von Bedeutung, ob ein Mitarbeiter i.d.R. an den im Algorithmus definierten Versorgungsprozess gebunden ist oder ob er die Vorgaben lediglich als Empfehlung versteht. Wer

sich unsicher ist, wie verbindlich die Algorithmen im eigenen Arbeitsbereich sind, beantworte für sich selbst doch kurz die Frage „Was passiert, wenn ich bei der Versorgung eines Patienten mit einem Stroke von unserem Algorithmus abweiche?“ – nichts? Dann haben Ihre Algorithmen wohl am ehesten Empfehlungscharakter.

Hier soll nicht eine der drei Verbindlichkeitsstufen als einzig richtig dargestellt werden, für die Verbindlichkeit von Algorithmen innerhalb eines Arbeitsbereiches bedarf es aber in jedem Fall einer eindeutigen Regelung. Wenn möglich sollte dem Anwender bei ausreichend begründeter Notwendigkeit stets ein Ermessensspielraum zugebilligt werden, um die Vorgabe an die Individualsituation zu adaptieren.

**Machbarkeit** → Die Verankerung eines präklinischen 12-Kanal-EKG im Algorithmus „Akuter Thoraxschmerz“ ist dann sinnlos, wenn immer noch die Hälfte der Mitarbeiter die Ableitungspunkte nicht schnell und sicher bezeichnen kann. Umgekehrt ist es schwer verantwortbar, auf eine spezifische Intervention zu verzichten, weil es irgendwelche Arten technischer Limitierungen gibt. Die Lösung ist in angemessener Fortbildung zu suchen.

**Überschaubarkeit** → Es ist leicht nachvollziehbar, dass zur vollständigen Abdeckung des gesamten rettungsdienstlichen Spektrums eine ungeheure Anzahl verschiedener Algorithmen notwendig wäre. Eine große Vielzahl selten gebrauchter Algorithmen trägt jedoch nicht zur Akzeptanz bei.

Offenbar hat hier aber die Realität des Alltags eine gewisse Regulierung geleistet. So umfassen die vier am meisten verbreiteten Algorithmenansammlungen der Schweiz zwischen 23 und 30 Flusschemata. Mithin eine durchaus überschaubare Dimension. Darunter finden sich die Überschriften Bewusstseinsstörung, Kreislaufstillstand bei Kindern, Akuter Brustschmerz, Verbrennung u.a.

### Stabilität und Aktualität

Es ist kaum möglich, eine eindeutige Antwort auf die Frage zu geben, welches Neuaufgabeintervall für rettungsdienstliche Algorithmen geeignet ist. Dabei besteht ein Spannungsfeld zwischen einer möglichst langjährigen Stabilität der Algorithmen (mit Vorteilen für die Verinnerlichung durch die Mitarbeitenden) auf der einen Seite und der raschen Aktualisierung neuer Erkenntnisse zum Nutzen der Versorgungsqualität auf der anderen.

Die vier Rettungsanitätterschulen der Deutschschweiz haben in ihrer Algorithmenansammlung (in der 5. Auflage vom Februar 2006) 23 Algorithmen zusammengetragen. Davon beziehen sich sechs unmittelbar auf die ILCOR-Guidelines 2005. Es scheint daher angemessen, dass diesem Umstand bezüglich der Neuaufgabe insofern Rechnung getragen wird, als dass kurz nach Publikation der jeweils aktuellen ILCOR-Guidelines die Anpassung der davon abhängigen Algorithmen erwogen wird. In der Praxis haben

die meisten rettungsdienstlichen Algorithmen in der Schweiz ein Neuaufgabeintervall von zwei bis fünf Jahren.

### Zusammenfassung

Algorithmen sind heute ein bedeutsames Instrument zur Strukturierung rettungsdienstlicher Arbeitsabläufe. Ihre Einführung erfordert bewusste betriebliche Entscheidungen für Erarbeitung, Gültigkeit und praktisches Handling. Einmal eingeführt, müssen Algorithmen regelmäßig überprüft, korrigiert und aktualisiert werden, um ihren Zweck zu erfüllen.

### Literatur:

1. Buschendorf, Runggaldier (2008) Algorithmen im Rettungsdienst: Ein geeignetes Instrument zur Qualitätssicherung? Rettungsdienst 31: 162-167
2. Bloch (1999) Die Erstellung von klinischen Algorithmen, Referat beim 9. Schweizerischen Notfallsymposium, Bern
3. European Resuscitation Council (2005) International Guidelines on Resuscitation, Resuscitation Vol 67: S1-S186, Elsevier
4. Interverband für Rettungswesen (2000) Richtlinien zur Anerkennung von Rettungsdiensten, Version 2004, www.ivr-ias.ch
5. Lackner, Lewan, Kerkmann, Peter (1998) Evidence-based-medicine – Bedeutung für die Notfallmedizin in Forschung und Praxis. Notfall + Rettungsmedizin ??: ??-??
6. Lackner, Reith, Kerkmann, Peter (1998) Leitlinien in der Notfallmedizin. Notfall- und Rettungsmedizin ??: ??-??
7. Peters, Runggaldier (2006) Algorithmen im Rettungsdienst - Die 27 wichtigsten Notfälle, 3. Auflage, Urban und Fischer
8. Peters, Runggaldier, Schleichriemen (2007) Algorithmen im Rettungsdienst – Ein System zur Effizienzsteigerung im Rettungsdienst. Notfall- und Rettungsmedizin 10: 229-236
9. Rettungsanitätterschulen der Deutschschweiz (2006) Rettungsdienstliche Algorithmen, 4. Auflage, Eigenverlag
10. Regener (2000) Algorithmen in der Rettungsdienst-Ausbildung - Geißel oder Chance? Rettungsdienst 23: 752-756
11. Thomas H. Cormen et al. (2007) Algorithmen – Eine Einführung, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag



**Abb. 5:** Herr Regener, bitte eine passende Bildlegende ausformulieren



Die Algorithmen der Rettungsanitätterschulen der Deutschschweiz sind unter [www.sirmed.ch](http://www.sirmed.ch) als pdf-Datei zugänglich