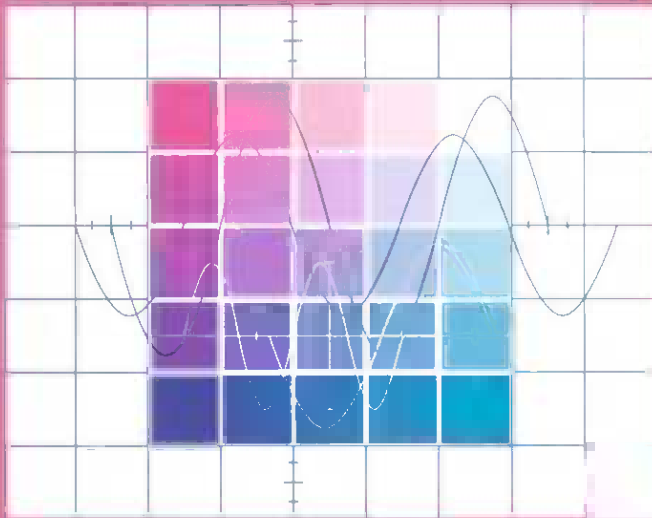


W. F. List  
H. Metzler · T. Pasch  
(Hrsg.)

# Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin



Springer

# Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin



W.F. List    H. Metzler  
T. Pasch    (Hrsg.)

# Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin

Mit 254 Abbildungen und 55 Tabellen



Springer

Prof. Dr. med. WERNER F. LIST  
Prof. Dr. med. HELFRIED METZLER  
Universitäts-Klinik für Anästhesiologie  
Landeskrankenhaus  
Auenbruggerplatz 29  
8036 Graz, Österreich

Prof. Dr. med. THOMAS PASCH  
Institut für Anästhesiologie  
Universitätsspital  
Rämistraße 100  
8091 Zürich, Schweiz

Die Deutsche Bibliothek-CIP-Einheitsaufnahme  
Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin: mit 61  
Tabellen/W. F. List . . . (ed.). – Berlin; Heidelberg; New  
York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona;  
Budapest: Springer, 1995

ISBN 978-3-662-08841-8      ISBN 978-3-662-08840-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-08840-1

NE: List, Werner F. [Hrsg.]

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995

Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995.

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1995

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Satz: Thomson Press (India) Ltd., New Delhi

SPIN: 10073974

19/3133/SPS – 5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

## Vorwort

Lebensbedrohliche Situationen im Operationssaal und auf der Intensivstation können nur bei exakter Diagnostik entsprechend therapiert werden. Eine umfassende apparative Überwachung hat sich daher in der Sorge um den bewußtlosen bzw. schwerstkranken Patienten neben der kontinuierlichen klinischen Beurteilung durch die 5 Sinne des behandelnden Arztes als unbedingt notwendig erwiesen. Die Ausweitung des Monitorings unter Einschluß elektronischer Meßgrößen und „intelligenter“ Verarbeitung hat es ermöglicht, die Grenzen der operativen Medizin und der Intensivmedizin zu erweitern. Die Überwachungserfordernisse im Operationssaal und auf der Intensivstation sind verschieden. Unterschiede liegen vor allem in der Dauer der Überwachung und der Schnelligkeit der Veränderungen. Gemeinsam ist beiden, daß nur für das Krankheitsbild essentielle Parameter überwacht werden sollten und eine Hierarchie der Meßgrößen sowie Grenzen und Alarme den pathophysiologischen Besonderheiten des Patienten angepaßt werden müssen. Zweck dieses Buches über ein umfassendes Monitoring im Operationssaal und auf der Intensivstation ist es, Überwachungsparameter und -techniken aus beiden Bereichen zu präsentieren, da trotz der erwähnten Unterschiede ähnliche Prinzipien Anwendung finden. Es gibt Hinweise, wenn auch noch keine sicheren Beweise, daß apparative Überwachung die Sicherheit des Patienten zu erhöhen und die Zahl schwerer Zwischenfälle zu vermindern imstande ist. Trotz primär erhöhter Kosten durch Aufwendungen für neue Geräte erscheint gerade dadurch eine Kosteneffektivität gegeben. Der zunehmende Einsatz von Mikroprozessor- und Computertechnologie sowie von intelligenter Software hat die Monitoringmöglichkeiten enorm erweitert. Das hat zu einem besseren Verständnis vieler komplexer pathophysiologischer Zustände mit einer Ausweitung des therapeutischen Arsenal geföhrt. Die apparative elektronische Überwachung ist allerdings nur so gut wie der Mensch, der sie bewertet. Es ist daher notwendig, die Prinzipien der Überwachung, ihre Möglichkeiten und Grenzen zu kennen, wenn daraus Nutzen gezogen werden soll. Dieses Monitoringbuch soll dabei Hilfestellung geben.

Nach dem Konzept der Herausgeber umfaßt das Buch 3 Teile: einen allgemeinen Teil, die systembezogene Überwachung und die Überwachung spezieller Bereiche und Risikogruppen. Im allgemeinen Teil werden Grundlagen der Meßtechnik, Meßprinzipien biologischer Signale, Signalerfassung und -verarbeitung, ebenso aber auch die Störmöglichkeiten dargestellt. Ökonomie, gesetzliche Aspekte in den deutschsprachigen Staaten, Qualitätssicherung und Monitoringstandards bilden eine wesentliche Ergänzung. Die systembezogene Überwachung bildet den Hauptteil dieses Buches, und hier sind naturgemäß die Kapitel über das Herz-Kreislauf-System und die respiratorische Überwachung am umfangreichsten und detailliertesten. Der dritte und abschließende Teil bietet eine Übersicht über spezielle Bereiche wie fetoplazentares System, Kinder und Säuglinge, Intensivtransport und spezielle operative Bereiche. Im Aufbau der einzelnen Kapitel wurde darauf Bedacht genommen, die Geschichte, soweit vorhanden, und die theoretischen Grundlagen ebenso wie Erfahrungen und Grenzen darzustellen. Als Autoren wurden Fachleute aus Deutschland, der Schweiz und Österreich gewonnen, die nicht nur das Wissen und die Erfahrung auf ihrem spezifischen Gebiet besitzen, sondern auch über die nötige Kompetenz in der klinischen Bewertung einschließlich relevanter rechtlicher Aspekte verfügen.

Wir hoffen, mit diesem Buch über die Grundlagen des Messens, die zahlreichen Überwachungsgrößen und Überwachungssysteme, ihre Anwendung und Grenzen, ein Werk vorzulegen, das nicht nur Fachärzte für Anästhesiologie und Spezialisten in der Intensivmedizin, sondern auch Internisten, Pädiater, Chirurgen wie auch Techniker anspricht, die sich mit der Weiterentwicklung des Patientenmonitorings befassen.

Graz/Zürich, im Juni 1995

W.F. LIST  
H. METZLER  
T. PASCH

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| <b>1</b> | <b>Grundlagen</b>   |     |
| 1.1      | Klinische vs. apparative Überwachung<br>H. METZLER . . . . .  | 3   |
| 1.2      | Erfassung und Verarbeitung von biologischen Signalen<br>H. PESSENHOFER . . . . .                                | 14  |
| 1.3      | Elektrische Sicherheit<br>H. FRANKENBERGER . . . . .  | 65  |
| 1.4      | Protokollierung, Dokumentation,<br>computerisiertes Monitoring<br>P.M. OSSWALD, C. WEISS und W. WIRTH . . . . . | 81  |
| 1.5      | Gesetzliche Aspekte und Qualitätssicherung<br>E. QUIRIN und W. DICK . . . . .                                   | 103 |
| 1.6      | Standards, Richtlinien, Empfehlungen<br>T. PASCH . . . . .  | 122 |
| 1.7      | Outcome und ökonomische Aspekte<br>T. PASCH . . . . .   | 139 |
| <b>2</b> | <b>Systembezogene Überwachung</b>   |     |
| 2.1      | <i>Herz-Kreislauf-System</i>  |     |
| 2.1.1    | Nichtinvasive Herz-Kreislauf-Überwachung<br>W.F. LIST . . . . .   | 161 |
| 2.1.2    | Transösophageale Echokardiographie<br>D.R. SPAHN und R. JENNI . . . . .   | 185 |



|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 2.1.3 | Die invasive Messung arterieller, venöser<br>und pulmonalvaskulärer Blutdrücke<br>J. PETERS . . . . .   | 204 |
| 2.1.4 | Dilutionstechniken und Ficksches Prinzip<br>A. HOEFT . . . . .  | 250 |
| 2.2   | <i>Respiratorisches System</i>  |     |
| 2.2.1 | Respiratorfunktionsüberwachung und Atemgase<br>J. RATHGEBER . . . . .   | 295 |
| 2.2.2 | Pulsoxymetrie<br>W.F. LIST . . . . .  | 329 |
| 2.2.3 | Kapnometrie und Kapnographie<br>T. PASCH . . . . .  | 337 |
| 2.2.4 | Anästhesiegase, N <sub>2</sub> O und volatile Anästhetika<br>H. GILLY . . . . .   | 367 |
| 2.2.5 | Blutgase<br>G. KACZMARCZYK . . . . .  | 392 |
| 2.2.6 | O <sub>2</sub> -Bilanz, O <sub>2</sub> -Transport, O <sub>2</sub> -Verbrauch,<br>gemischtvenöse O <sub>2</sub> -Sättigung<br>K. REINHART und L. HANNEMANN . . . . . | 413 |
| 2.2.7 | Atemmechanik beim beatmeten Patienten<br>H. BURCHARDI und M. SYDOW . . . . .  | 432 |
| 2.3   | Zentralnervensystem – Elektrophysiologisches<br>Neuromonitoring<br>G. LITSCHER und G. SCHWARZ . . . . .   | 474 |
| 2.4   | Narkosetiefe<br>W. KRÖLL . . . . .  | 508 |
| 2.5   | Muskelrelaxation<br>H. GERBER . . . . .   | 522 |
| 2.6   | Körpertemperatur<br>W. KRÖLL . . . . .  | 547 |
| 2.7   | Splanchnikussystem<br>I.F. TUGTEKIN und M. GEORGIEFF . . . . .  | 560 |

|   |            |
|---|------------|
| Inhaltsverzeichnis  | IX         |
| 2.8 Biochemische Überwachung<br>H. METZLER . . . . .              | 572        |
| <b>3 Spezielle Bereiche und Risikogruppen</b>                     |            |
| 3.1 Der Koronarpatient<br>H. METZLER . . . . .                    | 593        |
| 3.2 Der kardiopulmonale Bypass<br>H. METZLER . . . . .            | 623        |
| 3.3 Kindliche Patienten<br>G.-B. KRAUS . . . . .                  | 644        |
| 3.4 Fetoplazentares System<br>R. ZIMMERMANN und A. HUCH . . . . . | 657        |
| 3.5 Regionalanästhesie<br>A. ZOLLINGER . . . . .                  | 669        |
| 3.6 Neuroanästhesie<br>G. SCHWARZ und G. LITSCHER . . . . .       | 676        |
| 3.7 Diagnostische Eingriffe<br>G.-B. KRAUS . . . . .              | 690        |
| 3.8 Postoperative Phase<br>A. ZOLLINGER . . . . .                 | 697        |
| 3.9 Transport<br>A. ZOLLINGER . . . . .                           | 706        |
| <b>Sachverzeichnis . . . . .</b>                                  | <b>713</b> |

## Mitarbeiterverzeichnis

BURCHARDI, H., Prof. Dr.  
Zentrum Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin,  
Klinikum der Universität, Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

DICK, W., Prof. Dr. Dr. h.c.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Langenbeckstr. 1, 55101 Mainz

FRANKENBERGER, H., Prof. Dr. rer. nat.  
Labor für Biomedizinische Technik, Fachhochschule, Stephensonstr. 3,  
23562 Lübeck

GERBER, H., Priv.-Doz. Dr.  
Institut für Anästhesie und Reanimation, Kantonsspital, Spitalstr.,  
6000 Luzern 16, Schweiz

GEORGIEFF, M., Prof. Dr.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Steinhövelstr. 9, 89075 Ulm

GILLY, H., Prof. Dr. phil.  
Univ.-Klinik für Anästhesie und Allgemeine Intensivmedizin,  
Experimentelle Abteilung, Spitalgasse 23, 1090 Wien, Österreich

HANNEMANN, L., Dr.  
Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin,  
Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Hindenburgdamm 30, 12200 Berlin

HOEFT, A., Priv.-Doz. Dr.  
Zentrum Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin,  
Klinikum der Universität, Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

HUCH, A., Prof. Dr. Dr. h.c.  
Departement für Frauenheilkunde, Klinik für Geburtshilfe, Universitätsspital,  
Frauenklinikstr. 10, 8091 Zürich, Schweiz

JENNI, R., Prof. Dr.  
Departement für Innere Medizin, Abteilung Kardiologie, Universitätsspital,  
Rämistr. 100, 8091 Zürich, Schweiz

KACZMARCZYK, G., Prof. Dr.  
Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin,  
Arbeitsgemeinschaft Experimentelle Anästhesie,  
Universitätsklinikum Rudolf Virchow, Spandauer Damm 130, 14050 Berlin

KRAUS, G.-B., Priv.-Doz. Dr.  
Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Krankenhaus Siloah,  
Roesebeckstr. 15, 30449 Hannover

KRÖLL, W., Univ.-Doz. Dr.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Landeskrankenhaus, Auenbruggerplatz 29,  
8036 Graz, Österreich

LIST, W.F., Prof. Dr.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Landeskrankenhaus, Auenbruggerplatz 29,  
8036 Graz, Österreich

LITSCHER, G., Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Landeskrankenhaus, Auenbruggerplatz 29,  
8036 Graz, Österreich

METZLER, H., Prof. Dr.  
Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Landeskrankenhaus, Auenbruggerplatz 29,  
8036 Graz, Österreich

OSSWALD, P.M., Prof. Dr.  
Institut für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Stadtkrankenhaus,  
Leimenstr. 20, 63450 Hanau

PASCH, T., Prof. Dr.  
Institut für Anästhesiologie, Universitätsspital, Rämistr. 100, 8091 Zürich, Schweiz

PESSENHOFER, H., Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.  
Physiologisches Institut, Karl-Franzens-Universität, Harrachgasse 21, 8010 Graz,  
Österreich

PETERS, J., Priv.-Doz. Dr.  
Institut für Klinische Anästhesiologie, Heinrich-Heine-Universität, Moorenstr. 5,  
40225 Düsseldorf

QUIRIN, E., Dr.

Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Langenbeckstr. 1, 55101 Mainz

RATHGEBER, J., Dr.

Zentrum Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin,  
Klinikum der Universität, Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

REINHART, K., Prof. Dr.

Univ.-Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Bachstr. 18, 07740 Jena

SCHWARZ, G., Univ.-Prof. Dr.

Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Landeskrankenhaus, Auenbruggerplatz 29,  
8036 Graz, Österreich

SPAHN, D.R., Priv.-Doz. Dr.

Institut für Anästhesiologie, Universitätsspital, Rämistr. 100, 8091 Zürich, Schweiz

SYDOW, M., Dr.

Zentrum Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin,  
Klinikum der Universität, Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

TUGTEKIN, I.F., Dr.

Univ.-Klinik für Anästhesiologie, Steinhövelstr. 9, 89075 Ulm

WEISS, C.

Dr. sc. hum., Institut für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin,  
Fakultät für Klinische Medizin der Univ. Heidelberg, Theodor-Kutzer-Ufer,  
68167 Mannheim

WIRTH, W., Dr.

Institut für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Stadtkrankenhaus,  
Leimenstr. 20, 63450 Hanau

ZIMMERMANN, R., Dr.

Departement für Frauenheilkunde, Klinik für Geburtshilfe, Universitätsspital,  
Frauenklinikstr. 10, 8091 Zürich, Schweiz

ZOLLINGER, A., Dr.

Institut für Anästhesiologie, Universitätsspital, Rämistr. 100, 8091 Zürich, Schweiz

# **1 Grundlagen**

# 1.1 Klinische vs. apparative Überwachung

H. METZLER

## Einführung

Der Begriff „Überwachung“ oder „Monitoring“ beschreibt einen sehr komplexen Aufgabenbereich des Anästhesisten [1, 8]. Er beinhaltet die Aufgabe, den Patienten während und nach chirurgischen Eingriffen in einer Phase, in der oft physiologische Schutzmechanismen unter dem Einfluß vielfältiger Pharmaka beeinträchtigt oder überhaupt erloschen sind, fortlaufend oder engmaschig zu kontrollieren und durch Aufmerksamkeit (Vigilanz) pathophysiologische Veränderungen frühzeitig zu erkennen (Abb. 1). Überwachung schließt die Kontrolle der Tätigkeit des Operateurs, seiner Mitarbeiter, des beihilfeleistenden Personals und des gesamten operativen Umfeldes ein [9]. Überwachung kann grundsätzlich entweder klinisch mit den „5 Sinnen“ oder apparativ erfolgen. Apparative Überwachung inkludiert die Beobachtung der apparativ vermittelten Daten, die Kontrolle der einwandfreien Funktion und Betriebsicherheit der dabei eingesetzten Geräte sowie die Prüfung der gemessenen oder errechneten Daten auf Validität.

Eigenartigerweise findet man in kaum einem der älteren anästhesiologischen Lehrbücher ein zusammenhängendes Kapitel über Überwachung. Erst mit dem Auftauchen neuer Überwachungsmethoden in den letzten 3 Jahrzehnten kristallisierte sich „Überwachung“ als gut umschriebener Gesamtbegriff inhaltsverwandter Teilbereiche heraus. Mit dem Auftauchen neuer apparativer Überwachungsmethoden wuchsen aber auch Argwohn, Ressentiment und Skepsis gegenüber derartigen Verfahren. Noch 1972 spiegelt sich im ersten großen deutschsprachigen Lehrbuch für Anästhesiologie in einem einleitenden Beitrag von W. Hügin diese Einstellung wider [6]:

Der Trend zur technischen Hypertrophie konzentriert sich in letzter Zeit auf Überwachungseinrichtungen. Tatsächlich gibt es einen Narkoseapparat, der hauptsächlich aus einer großen Säule mit elektronischen Verstärkern, Galvanometern und Direktschreibern besteht. Selbstverständlich ist jede Information über das Ergehen des Patienten wertvoll und in diesem Sinne ein gewisser technischer Aufwand für das Monitoring bestimmt am Platz. Man täuscht sich nur leicht über den Wert der Informationen, die einem von den verschiedenen Hilfsmitteln zukommen.

Die Fortschritte in der Überwachungstechnik konnten zu diesem Zeitpunkt sicher noch nicht erahnt werden. Denken wir nur daran, wie die Pulsoxymetrie

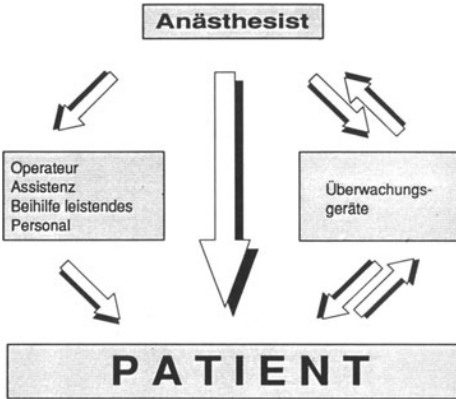


Abb. 1. Der komplexe Begriff „Überwachung“

binnen weniger Jahre die Konturen der anästhesiologischen Überwachungslandschaft modellierte. Erst durch apparatives Monitoring ist Patientenüberwachung bei verschiedenen Eingriffen, z. B. bei extrakorporaler Zirkulation oder Kernspintomographie etc., möglich geworden. Nach Sykes sind wir in den letzten 60 Jahren Zeugen der Metamorphose der Anästhesie von einer „Kunst“ zur „Wissenschaft“ geworden [11].

In den letzten Jahren wurden von vielen die Funktion des Anästhesisten mit der Arbeit eines Piloten im Cockpit eines Jets verglichen. Tatsächlich weisen beide Funktionsbereiche erstaunliche Parallelen auf (Start- und Landephase als die kritischen Phasen, Instrumentenflug, Monitoringhierarchie, Simulatortraining). Ganz auszuräumen sind natürlich die Bedenken, vor allem älterer Anästhesistengenerationen, gegenüber instrumenteller Überwachung nicht, zumal die Faszination der heutigen Medizintechnologie gerade den jungen Kollegen dazu verleitet, den in seiner ursprünglichen Semantik verwendeten Begriff der „menschlichen Zuwendung zum Patienten“ zunehmend zugunsten einer ausschließlich apparativen Überwachung zu vergessen. In diesem Sinne sind auch alle jene enthusiastischen Aussagen zu kommentieren, die die ungebremste medizintechnische Dominanz favorisieren. J. Ehrenwert schreibt in seinem Beitrag über die Grenzen der Technologie 1993 [4]:

„The question then remains whether or not we have already achieved the limits of technology. The answer, I think, is that we have hardly begun.“

Nur aus einer proportionalen Gewichtung moderner Medizintechnologie in der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Überwachungsphilosophie wird letztlich eine optimale Betreuung der uns anvertrauten Patienten resultieren.



## **Geschichtliche Entwicklung** [2, 7]

Die Meilensteine der Überwachung wurden in den letzten 3 Jahrhunderten – zunächst ohne anästhesiologischen Bezug – gesetzt. Es ist eigentlich eine Geschichte der apparativen Überwachung, gekennzeichnet durch Erfindungen zur Überwachung vitaler Funktionen, vor allem des Herz-Kreislauf-Systems.

1733 führte Hale die direkte Blutdruckmessung in der A. carotis bei einem Pferd mit einem Glasrohr durch. 1761 beschrieb Auenbrugger erstmals die Perkussion. 1816 konstruierte Laennec das zunächst nur für ein Ohr konzipierte Stethoskop. Um die Länge des zur arteriellen Druckmessung notwendigen Rohres zu reduzieren, verwendete Poiseuille 1828 erstmals Quecksilber. 1870 berichtete Fick über das Prinzip der Messung des Herzzeitvolumens. Etwa zur selben Zeit beschrieben Wunderlich u. Albut Methodik und Wert der Temperaturmessung („Fieberkurven“) in ihrer heutigen Form. Für die weitere geschichtliche Entwicklung der Herz-Kreislauf-Überwachung (s. Kap. 2.1.1).

## **Das Spektrum der klinischen Überwachung**

Klinische Überwachung wird auch als Überwachung mit den 5 Sinnen bezeichnet, wobei sie sich im wesentlichen auf „Sehen“, „Tasten“ und „Hören“ stützt (Tabelle 1). Sie bildet nach wie vor mit wenigen Ausnahmen die Grundpfeiler der Patientenüberwachung und gelangt in jenem Anästhesisten zur Perfektion, in dem sich Wissen, Aufmerksamkeit und Verantwortungsbewußtsein mit langjähriger Erfahrung und Praxis vereinen. Selbst unter der Möglichkeit umfassender apparativer Überwachung soll der junge Anästhesist angehalten werden, durch exakte klinische Beobachtung Rückschlüsse auf physiologische und pathophysiologische Veränderungen unter dem Einfluß von Narkose und Operation zu ziehen und diese Befunde mit gemessenen und errechneten Daten aus dem apparativen Monitoring in Einklang zu bringen.

### *Narkosetiefe*

Die klinische Beurteilung der Narkosetiefe bei Verwendung eines einzigen Anästhetikums, wie z.B. Äther, und beim spontan atmenden Patienten stützt sich auf die Beobachtung stufenweise erfolgender Änderungen physiologischer Kenngrößen. Mit Einführung moderner Anästhetika und Relaxantien werden heute die 4 Teilfunktionen der Anästhesie – Hypnose, Analgesie, Relaxation und Blockade des autonomen Nervensystems – selektiv angesteuert, womit sich die Sicherheit des Patienten immens erhöhte, die Beurteilung der Narkosetiefe als solche sich aber zunehmend schwieriger gestaltete.

**Tabelle 1.** Überwachung des Patienten mit den „5 Sinnen“

| Sinnesqualität | Art der Überwachung        | Erfasste Funktion, erfaßtes Gebiet  |
|----------------|----------------------------|---|
| „Sehen“        | Inspektion                 | Haut, Schleimhaut, Akren, Operationsgebiet<br>Pupillen, Bulbus, Augen<br>Atemexkursionen<br>Tubus<br>Katheter<br>Gefäßzugänge |
| „Tasten“       | Palpation                  | Pulse<br>Muskeltonus<br>Temperatur<br>Atmung<br>Fontanelle  |
| „Hören“        | Perkussion<br>Auskultation | Herzaktion<br>Atmung  |
| „Riechen“      |                            | Narkosegase<br>Infektionen mit bestimmten Erregern<br>Leberkoma<br>Ketoazidose  |
| „Schmecken“    |                            | Praktisch keine Bedeutung   |

**Die klassischen Narkosestadien nach Guedel**

Das von Guedel ([5]; Abb. 2) 1920 beschriebene Schema bezog sich auf reine Äthernarkosen und hat daher heute im Zeitalter der Kombination unterschiedlicher Einzelkomponenten erheblich an Bedeutung eingebüßt. Trotzdem ist der Kenntnis dieser Narkosestadien auch heute noch eine vor allem didaktische Bedeutung beizumessen, weil der Anästhesist gezwungen ist, aus einfachen, ausschließlich aus penibler klinischer Beobachtung gewonnenen Größen, Rückschlüsse auf verschiedene Phänomene wie Narkosetiefe, stabile Herzkreislauftsituation und suffiziente Atmung zu ziehen.

*Stadium I*

Es erstreckt sich vom Beginn der Narkose bis zum Verlust des Bewußtseins und ist vor allem durch zunehmende Analgesie und retrograde Amnesie gekennzeichnet.

*Stadium II (Exzitationsstadium)*

Es erstreckt sich vom Bewußtseinsverlust bis zum Beginn des Toleranzstadiums und ist in Anlehnung an den Flugverkehr mit dem Durchlaufen einer Turbu-

| Stadien | Stufen                            | Bewußtsein | Atmung   |             | Augenbewegungen | Pupillenweite | Verlauf der Reflexe |             |        |        |           |       |           | Muskelspannung |        |         |                |  |  |
|---------|-----------------------------------|------------|----------|-------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------|--------|--------|-----------|-------|-----------|----------------|--------|---------|----------------|--|--|
|         |                                   |            | thorakal | diaphragmal |                 |               | Lid                 | Konjunktiva | Kornea | Husten | Sekretion | Licht | Schlucken | Erbrechen      | Skelet | Abdomen | glatte Muskeln |  |  |
| I       | Analgesie                         |            |          |             |                 | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
| II      | Exzitation                        |            |          |             | ++++            | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
| III     | Toleranz                          | 1          |          |             | ++++            | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
|         |                                   | 2          |          |             | ++++            | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
|         |                                   | 3          |          |             | +               | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
|         |                                   | 4          |          |             |                 | ●             |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |
| IV      | Asmetrisches<br>Klebschlagzeichen |            |          |             | ●               |               |                     |             |        |        |           |       |           |                |        |         |                |  |  |

Abb. 2. Narkosestadien nach Guedel auf der Basis einer Äthernarkose

lenzzone zu vergleichen. Durch Enthemmung motorischer Aktivitäten kommt es zu unkoordinierten Bewegungen, unregelmäßiger Atmung, kardialen Rhythmusstörungen, Blutdruckanstieg und vermehrter Salivation. Das Exzitationsstadium ist für den Risikopatienten nicht ungefährlich und sollte rasch durchlaufen werden.

*Stadium III (Toleranzstadium)*

Es wird in weitere Stufen (Planum 1–4) gegliedert.

*Stufe 1:* Die Pupillen sind eng, Reflexe noch auslösbar.

*Stufe 2:* Der Skelettmuskeltonus nimmt allmählich ab. Stufe 1 und 2 des Toleranzstadiums gelten im allgemeinen als die Stufen, in denen chirurgische Eingriffe am leichtesten und sichersten durchgeführt werden können.

*Stufe 3:* Sie ist gekennzeichnet durch Dyskoordination der Atemmuskulatur; das Zwerchfell kontrahiert sich vor der Interkostalmuskulatur, die schließlich überhaupt ausfällt. Die Pupillen werden langsam mittelweit.

*Stufe 4:* Es besteht eine schwere Atemdepression, die Pupillen sind bereits weit und reaktionslos.

*Stadium IV (auch asphyktisches oder Vergiftungsstadium bezeichnet)*

Es ist durch Lähmung der Atemmuskulatur und weite reaktionslose Pupillen gekennzeichnet. Der Patient, auch der an sich gesunde, ist vom unmittelbar bevorstehenden Tod bedroht.

Bei ausreichender Narkosetiefe ist der Patient nicht erweckbar, er reagiert nicht oder nur geringfügig mit Anstiegen der Herzfrequenz, des arteriellen Druckes, mit Schwitzen und Tränenfluß auf entsprechende Stimuli. Obwohl unter dem Einfluß von Medikamenten nur beschränkt interpretierbar, liefern auch Pupillenspiel und Bulbuswandern Hinweise auf eine oberflächliche Narkose. Ungleich weite und weite, reaktionslose Pupillen signalisieren aber immer die Gefahr bestehender zerebraler Schädigung. Die Beurteilung der Narkosetiefe beinhaltet immer auch die Prüfung auf „awareness“, also auf das Phänomen der Wahrnehmung trotz scheinbar ausreichender Narkosetiefe.

*Herz-Kreislauf-System*

Die klinische Beurteilung der „Peripherie“, also von Akren, Haut und Schleimhäuten, liefert normalerweise eine summative Information über adäquate respiratorische, kardiozirkulatorische und O<sub>2</sub>-Transportfunktion. Bei guter Perfusion mit ausreichend angebotenen Sauerstoff erscheinen die Akren trocken, warm und rosig. Nach Abdrücken durch den Finger füllt sich das entsprechende Hautareal als Ausdruck intakter Reperfusion zügig. Mit zunehmender Anämie wird die Beurteilung der Peripherie schwieriger.

Die peripheren Pulse sollen gut tastbar sein. Mit Einführung von EKG, Pulsoxymetrie und engmaschiger Blutdruckkontrolle erübrigt sich die differenzierte Analyse der einzelnen Pulsqualitäten. Wir haben sie bedauerlicherweise auch meist schon verlernt. Zudem ist an sich schon lange bewiesen, daß die Sensitivität der Pulsqualität bei akuten Blutverlusten jedenfalls inakzeptabel niedrig liegt. In Rückenlage sind bei Blutverlusten bis zu 1000 ml keine Auswirkungen zu erwarten [10].

Das Stethoskop, von Dornette noch liebevoll als „best friend of the anesthesiologist“ bezeichnet, hat viel von seiner ursprünglichen Bedeutung eingebüßt, weil es nur eine grobe Orientierung der Atmung und des Herzschlags – wenngleich als Schlag-zu-Schlag-Analyse – erlaubt [3]. Nichtsdestoweniger wird, vor allem in den USA, die Anwendung des Stethoskops, sei es präkordial oder transösophageal angelegt, teilweise immer noch mit Recht sorgfältig gepflegt. Mehr noch als beim Erwachsenen erscheint das Stethoskop bei Säuglingen und Kleinkindern nach wie vor unentbehrlich und wertvoll. Insgesamt konzedieren allerdings selbst orthodoxe Verfechter des Stethoskops im Zeitalter der Pulsoxymetrie die geschwächte, wenngleich nicht gebrochene Stellung dieses Instruments. Tatsächlich liegen über den klinischen Wert der Anwendung des Stethoskops keine harten Zahlen vor.