

Nemes, C. N./Pfaffenhofen, Goerig, M./ Hamburg-Eppendorf: Geschichte der apparativen Patientenüberwachung (nach einer gekürzten Vortragsfassung am 8.5. 2000, DAK, 2000, München)

„Wissenschaft ist Messung“ (Hermann v. Helmholtz, 1821-1894)

1) Einleitung

Der Ursprung der heute verwendeten Überwachungs- und Therapiemaßnahmen bei kritisch Kranken reicht in eine Zeit zurück, in der sich die Intensivmedizin als klinisches Fach noch nicht etabliert hatte. Die Entwicklung der physikalischen Untersuchungs und Beobachtungsmethoden beginnt sogar mit der Hippokratischen Medizin und der antiken Pulslehre.

Unsere Aufgabe wird jedoch enger gefaßt: *Aus der Geschichte der zweitausendjährigen Medizintechnik möchten wir uns lediglich mit der Entstehung der apparativen Krankenbeobachtung befassen, die sich erst nach 1950, nach Aufkommen einer institutionalisierten Intensivmedizin fester Bestandteil des klinischen Alltags wurde.*

Schon um die Jahrhundertwende wurde vielfach der Wunsch geäußert, den Puls und den Blutdruck während der Operationen mit einfachen Gerätschaften fortlaufend zu überwachen. Die Forderung eines J. F. Heyfelder aus dem Jahre 1847 "man beachte unausgesetzt die Circulation und Respiration während der Narkose" hätte durch das Blutdruckmeßverfahren von Riva-Rocci (1867,(67)) und des "Pulskontrollers" von G.Gaertner (1903,(22)) und durch andere fortlaufende Überwachungsgeräte der "Vitalparameter" allmählich realisiert werden können. Die Realität sah allerdings ganz anders aus. Vorerst blieb die Patientenüberwachung Aufgabe des Pflegepersonals (48), dem das Monitoring der vital gefährdeten Patienten zufiel. Im Klartext hieß es nichts anderes, als die Intensivüberwachung zunächst Bestandteil der Grundpflege wurde (1). Und dies bestand auch noch nach 1950 im wesentlichen aus engmaschiger manueller Blutdruck- und Temperaturmessung mit den althergebrachten Quecksilbermano- und -thermometer. Bei dem bescheidenen Inventar der Nachkriegszeit kann in Deutschland noch lange nicht vom apparativen, kontinuierlichen Intensivüberwachung im heutigen Sinne gesprochen werden (1). Zugleich machten die modernen Anästhesiemethoden und ihre Hilfsmethoden ein solches instrumentelles Monitoring zunehmend unabdingbar. Wir sahen, daß diese Forderung bereits um 1900 gestellt wurde. Nun soll untersucht werden, wie weit sich Vorläufer und Vorstufen moderner Überwachungsmethoden in früheren Zeiten der zwei letzten Jahrhunderte finden lassen, deren Gerätschaften in das Armamentarium der Intensivmedizin übernommen wurden. Hingegen sollen die jüngsten Etappen der Intensivtherapie hier nicht näher erörtert werden; sie werden den seit 1998 in bisher 14 Fortsetzungen erschienenen Beiträgen ("Die geschichtliche Entwicklung der Intensivmedizin in Deutschland" im "Anaesthesist" überlassen. Diese "zeitgenössischen Betrachtungen" der Wegbereiter deutscher Intensivmedizin (48) erlauben einen umfassenden Rückblick auf die Etablierung der "critical care" in unserem Lande. Da sie jedoch nicht aus der Sicht des Medizinhistorikers sondern der Augenzeugen die Entwicklung nach 1950 beleuchten, soll hier versucht werden, den Bogen unserer Betrachtung weiter zu spannen. (s. **Tab. 2:** Entwicklung der Intensivmedizin: begünstigende Faktoren und Ereignisse; s. a. **Tab. 7)** Als Martin Kirschner 1928 die "wesentlichen Probleme der Chirurgie", darunter die Notwendigkeit von parenteraler Ernährung, Schmerzausschaltung, Desinfektion des lebenden Gewebes sowie der Verbesserung des Krankentransports und Flugrettung offen ansprach (43), hatte er bereits den Weg für eine künftige Intensivmedizin gewiesen. In diesem später vielbeachteten Artikel wurden auch bessere Überwachungsgeräte bei chirurgischen Operationen gefordert, da wie er feststellte "fast so wichtig wie die prognostische Feststellung der Widerstandskraft des Menschen vor einem Eingriff ist die

Feststellung ob und inwieweit die Widerstandskraft *während* einer Operation nachläßt. Würde das Absinken der Kräfte augenblicklich erkannt werden, so könnten die notwendigen Gegenmaßnahmen rechtzeitig ergriffen oder abgebrochen werden. Wenn wir die Feststellung machen, daß der Blutdruck gesunken ist, daß die Herzstätigkeit schwach und unregelmäßig, die Atmung oberflächlich und aussetzend geworden ist, so ist das Unglück meist schon geschehen. Es wäre schon viel geholfen, wenn diese wichtigen Körperfunktionen während der Operation fortlaufend graphisch aufgezeichnet würden. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint bei Operationen das Absinken des Blutdruckes der eigentlichen Katastrophe bis zu einem gewissen Grade vorauszuweichen". Doch blieb damals dieser Appel praktisch ohne Widerhall, obwohl schon Florence Nightingale 1863 aufgrund ihrer Erfahrungen bereits im Krim-Krieg (1853-56) das Einrichten eines postoperativen Überwachungszimmers forderte:

"It is not uncommon, in small country hospitals, to have a recess or small room leading from the operating theatre, in which patients remain until they have recovered, or at least recovered from the immediate effects of the operation"⁵³. (Ein berühmter ungarischer Kardiologe, Prof. Emmerich Haynal (34) weigerte sich hingegen noch in den 50er Jahren die Legitimation der Intensivtherapie anzuerkennen mit dem Hinweis „man solle *alle* Patienten intensiv behandeln“!)

Ansätze für eine künftige Intensivtherapie mancher Krankheiten lassen sich auch schon zwischen den zwei Weltkriegen (Neue Deutsche Klinik, um 1928; s. a. **Tab. 1**) finden. So wurden Anaphylaxie, Azidose, Cholera, Coronarthrombose, Delirien, Diphtherie, Dyspnoe und respiratorische Insuffizienz, Pankreatitis, Poliomyelitis, Sepsis, Schock, Starkstromunfall, Tetanus und thyreotoxische Krise therapeutisch angegangen, wenn auch mit einer verhältnismäßig hoher Mortalität. In jener Zeit existierten auch schon apparative Überwachungsmethoden, welche ein dauerhaftes Monitoring und dessen automatische Aufzeichnung erlaubten. Noch weiter in die Vergangenheit reichen Therapieversuche beim Tetanus mit elektrischem Strom (1763)¹, mit Curare (für Lokalbehandlung, 1859)², Behandlung der Scheintote mit Tabakrauchinsufflation und Beatmung (Gorcy, vor 1791, Neu-Breisach)³ bzw. mit Elektroschock für Wiederbelebung (Ch. Kate, 1788)⁴ zurück. Gerade die Reanimationsmethoden sind nach 1788⁵ systematisch erneuert und fortentwickelt worden. Die ersten Ansätze einer parenteralen Ernährungstherapie finden wir bereits zwischen 1869 und 1876⁵⁴. Diese paar Beispiele mögen genügen, um zu beweisen, daß es müßig ist, die Anfänge der Intensivtherapie an irgendeiner Jahreszahl der jüngsten Vergangenheit festzumachen. Eine Einschränkung muß jedoch hier gemacht werden: Intensivmedizin wäre ohne fortlaufende instrumentelle Patientenüberwachung unvollstellbar. Neben interdisziplinärer Versorgungstechnik, Unterbringung der Schwerstkranken auf eigener „Isolierstation“ oder auf einer "Beatmungsstation für die lebensverlängernde oder –rettende Organersatz-Therapie eröffnete gerade das apparative Monitoring⁶ der klinischen Medizin völlig neue Dimensionen. (Übrigens stammt das Wort *Monitor* aus dem Sezessionskrieg (**Dia 0**); es wurde, wie so oft, aus dem Reich des Ares in das des Hippokrates erst später übernommen.)⁶

2) Bedeutung der apparativen Patientenüberwachung

Cum grano salis blieben Anamnese, Symptomatologie, Diagnose, Differentialdiagnose und Therapie bis in die 50er Jahre unseres Jahrhunderts statische Grundpfeiler der ärztlichen Kunst (**Tab. 3**); ja die Diagnose oft noch immer ein Akt der Intuition (Siegenthaler). Daran änderten auch die physikalischen Untersuchungsmethoden (Perkussion und Auskultation) oder die Einrichtung der großen modernen Krankenanstalten in Europa nicht viel. Die Patientenüberwachung wurde weitgehend –wie einer Florence Nightingale 1853 in Scutari (**Abb. 1**)— den Pflegekräften überlassen. Erst die on-line Beobachtung mit der automatischen Registrierung hat es ermöglicht, den Krankheitsprozess minutiös zu verfolgen, eine zuverlässigere, zumindest statistisch gesicherte „Überlebensprognose“ zu erstellen und die Diagnose vom Verlauf und von den Therapieresultaten

her zu überprüfen. Überhaupt konnte die Dynamik und die Thanatogenese der Krankheiten vielfach erst durch die apparative Überwachung überhaupt erfaßt werden. So kommt dem Intensivmonitoring in der Akutmedizin eine zentrale Rolle zu (**Tab. 3.**).

3) Ursprung und Entwicklung der apparativen Patientenüberwachung:

a) Erste Flüssigkeits- und Stoffwechselbilanzen

Will man die Frühgeschichte des Monitoring als Vorstufe der heute gebräuchlichen Überwachungsmethoden erfassen, so muß man bis in das Jahr 1612 zurückgehen, als der aus Capodistria (heute Koper in Slowenien, **Abb.2**) stammende Sartorius Sartoro (1561-1636), in Padua als Professor für theoretische Medizin seine Antrittsrede hielt, in der er auf Grund jahrzehntelanger Wägungen seiner Speisen, Getränke und der Exkreme die ersten Stoffwechselschätzungen und Flüssigkeitsbilanzen erstellte und die Größe der unmerklichen Ausscheidung durch Haut und Lungen, von ihm "**perspiratio insensibilis**" (**Abb.3**) genannt, zu bestimmen versuchte (71). Die hierzu erforderliche "**Patientenwaage**" (**Abb. 4**) stellt den Urtyp unserer Bettenwaage dar; sie kann als erstes Instrument zur fortlaufenden Überwachung angesehen werden (52). Durch die fortlaufenden, jahrelang geführten Bilanzierungen von Nährstoffen, Flüssigkeiten und Exkrementen wurde Santoro als Iatrophysiker nicht nur Begründer der experimentellen Medizin, der Biometrie und der biophysikalischen Schule der Physiologie⁸, sondern zugleich auch der erste Instrumentenmacher für die exakte Patientenüberwachung. Allerdings hatte Santoro das Ausmaß der perspiratio insensibilis--man kann dies seinen Konklusionen und Aphorismen im Werk ableiten (18)--, als zu hoch eingeschätzt. Eine verständliche Fehlmessung lag vor. Immerhin hatte er die alte Forderung eines Leonardo da Vinci, - wonach in der Medizin nur das mathematisch Bewiesene gelten darf -, erfüllt. Seine quantitativen Messungen waren die erste Stufe im Studium der Stoffwechselforgänge, deren wahre Natur er, ganz anders als noch Paracelsus in seiner spirituellen chemischen Philosophie, zumindest geahnt haben muß⁸. Die Tatsache, daß er bei seinen Bilanzen der Stoffumwandlung auch die Körpertemperatur maß, läßt sogleich vermuten, daß ihm die Abhängigkeit der Flüssigkeitsverluste von der Wärme auffallen mußte. Diese ersten Versuche, Stoffwechselaktivitäten abzuschätzen und Bilanzen zu erstellen, ließen seinen Ruhm seither nicht mehr verblassen. (Sein noch im scholastischen Gewand⁷ verfaßte Werk "Ars de statica medicina"(71) wurde erst 1614 in Venedig veröffentlicht und blieb mit den allein 28 lateinischen Ausgaben ein der größten Erfolge der medizinischen Literatur¹⁰ bis heute.)

b) Frühe Versuche der Thermometrie:

Hingegen standen bei der Erfindung Santoro's Patiententhermometers (1625), dessen Funktion auf Verdrängung der Luft im Meßgefäß ruhte (**Abb. 5**), gleich mehrere Physiker aus dem Schülerkreis Galileis zur Pate, so Galileis Thermoskop (1597)⁹ sowie grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der Hydraulik von E. Torricelli (62) und G.A. Borelli. Nur war Santoro, der das Thermoskop mit einer Skala versehen als **Thermometer** bei seiner physiologischen Experimenten einsetzte. Die weitere Entwicklung der klinischen Thermometrie wird nur schematisch nachgezeichnet (**Tab. 5**)¹¹. René Réaumur's Weingeistthermometer mit der nach ihm benannten Skala war für klinische Messungen ungeeignet. Hingegen fügte Anders Celsius, der schwedische Astronom 1742, möglicherweise auf Anraten von Carl von Linné seinem Quecksilbermanometer eine neue Skala mit 100 Gradeinteilung hinzu. Die Entdeckung von zwei konstanten Temperaturwerten (des Siede- und Gefrierpunktes des Wassers) war dabei entschei-

dend. Wenig später, um 1760 wurden zwar andere Metallthermometer für experimentelle Zwecke entworfen¹², doch blieben tragbare Taschen-Quecksilberthermometer bis in die 90er Jahre unseres Jahrhunderts in Gebrauch. Dem Wunsch der Kliniker, die Körpertemperatur, auch im Magen, mit einer feiner Platinspirale, mit einem sog. "Widerstandthermometer" fortlaufend zu registrieren und aufzuzeichnen, kam das Werk von Werner von Siemens & Halske in Berlin-Nonnendamm schon 1912 nach (**Abb. 6**). Mit einem solchen bedside-Apparat waren kontinuierliche Messungen bei schlafenden Patienten oder Schwerkranken möglich, um eben kritische Zuspitzung der Krankheit (Pneumonie, nächtliche Exazerbation einer Phthise) oder Medikamentwirkungen zu erfassen (73). Auch war es möglich, was heute auf der Intensivstation nicht mehr gängige Methode ist, das Über-oder Unterschreiten der Körpertemperatur durch Klingelsignale anzuzeigen. Gleichwohl wurde bereits eine zentrale Überwachung der Temperaturkurven angestrebt (**Abb.7**). Nur lag der Zentralmonitor nicht am Schwesterpult, sondern im Arztzimmer. Große Bedeutung erlangte die simultane Messung von Körperoberfläche- und Kerntemperatur (im Ösophagus oder im Rectum) in Schockzuständen (nach der Inauguraldissertation von Ibsen über das gleiche Thema 1948 in Copenhagen), in der kontrollierten Hypothermie oder beim extrakorporalem Kreislauf und während der Narkose in der Neurochirurgie sowie bei der Anwendung der vegetativen Blockade¹³

c) Pulsregistrierung, Sphygmomanometrie und simultane Registrierung von Venen- und Arterienpuls (Entwicklung der Methoden s. a. Tab. 3)

Die Idee, eine Pulsuhr, ein Pulsilogium zu entwerfen (**Abb. 8**) soll Sartoro schon wohl 1602, während seiner Polenreise eingefallen sein, worüber Sartoro eine Streitschrift gegen die Irrtümer der Heilkunde seiner Zeit verfaßte (*Methodus vitandorum errorum omnium qui in arte medica contingunt*, 1603; (18)). Viel wahrscheinlicher ist allerdings, daß seinem Pulszähler die Pendeluhr Galileis als Vorbild diene. Eine genauere Beschreibung des **Pulsilogium** lieferte er jedoch erst 1625 nach. Dieser Pulsmesser erlaubte ihm, mit einem von Galilei erfundenen Pendel,-- an sich eine primitive Pendule--, mit derer Schwingung, angepaßt an den Pulsschlag des Patienten, an einer Skala ermittelt, die Änderung im Tagesablauf oder den Vergleich mit der Pulszahl anderer Patienten nachzuweisen. Die jeweils erforderliche Länge des Pendels war durch ein Regelwerk mit Anzeiger und Scheibe (cotyla) einstellbar. Indes waren exakte Messungen noch nicht möglich: Uhren mit Minutenzeiger kamen erst um 1660 in Gebrauch. (Die Pulsangabe pro Minute wurde erst 1707 von Sir John Floyer eingeführt). Noch am Anfang unseres Jahrhunderts bedienten sich die Ärzte bei ihrer kardiologischen Funktionsdiagnostik eines Taschenchronoskops mit Stechervorrichtung. Die Krankenschwestern verwenden noch heute solche kleinen Puls-Sanduhren.

Pulsbeobachtungen als prognostische Zeichen spielten schon bei dem Frühsalernitaner Alfanus 1085 eine Rolle als "praesagio vitae vel mortis per pulsum", also ein Todesprognostikon¹⁴. Daran sollte sich bis zum 19. Jahrhundert nicht viel ändern¹⁵. Zunächst ohne unmittelbare Bedeutung für die praktische Medizin blieben die Entdeckung des doppelten Kreislaufs (W. Harvey: *De motu cordis*., 1628) und die frühen Studien über Herzbewegung der Harveyisten ohne klinische Konsequenz, zumal sie, verfangen in der vitalistischen Auffassung über die Eigenbewegung des Blutes, dem Herzen nur die Rolle eines "Impulsverstärkers" zugedacht hatten¹⁶. Erst W. Heberden wird 1786 die galenische Pulslehre und ihre Spitzfindigkeiten endgültig aus dem ärztlichen Denken verwerfen mit der Lehrmeinung, wonach die feinen Änderungen des Pulsschlages für Kliniker völlig unbedeutend seien¹⁷. Doch ein Weiterkommen ohne geeignete Registrierung und Verstärkung der Herzaktionen war undenkbar. Chermaks "Kardioskop"(1871; **Abb. 9**) war noch kein Meßinstrument, sondern lediglich eine *laterna magica* zur Projektion der Herzkontraktion mit einem Spiegel (10). Entscheidendes hatte Carl Ludwig (1816-1895) mit der Erfindung **des Kymographen** (1847; **Abb. 10**) geleistet in Form eines Uhrwerks mit Rädern und Gewicht, mit dem die fortlaufende Aufzeichnung physiologischer Vorgänge erstmals gelang. Zur

Aufzeichnung verwendete er einen Drehtrommel, auf dem eine Papierrolle mit Rußschicht unwickelt war (**Abb. 11**). Immerhin war damit eine direkte Aufzeichnung der Aortendruckkurve möglich. Natürlich hatte auch dieses Instrument historische Vorläufer, auf die hier nicht eingegangen werden soll¹⁸. Das erste, für klinische Zwecke allerdings unbefriedigende **Sphygmomanometer** konstruierte wenig später Karl Vierordt (1818-1884) in Tübingen (**Abb. 12**) und zwar zur nichtinvasiven Messung des Blutdruckes. **Sphygmographen** für experimentelle und klinische Untersuchungen wurden erst vom "Vater der Cinematographie" (51), Etienne Jules Marey (1830-1904) entworfen (1860, **Abb. 13**). Sein mit Luft gefüllter Druckaufnehmer (**Abb. 14**), - angeschlossen an einer Gummimembran als Verstärker -, erlaubte intravasale und intrakardiale Kurvendarstellungen im Tierexperiment. Diese Vorrichtung war bereits ein einfacher Herzkatheter und wurde dann im Laufe der nächsten Jahrzehnte von mehreren Instrumentenmachern verfeinert (Mach, 1863, Baker, 1867, Behier, 1868), bis er die Qualität eines "Angiographen" (Landois, 1872) erreichte¹⁹. So gelang es schon 1861 beim Pferd mit intravasaler und intrakardialer Kanülierung das erste Kardiogramm aufzuzeichnen (**Abb. 15 und Abb. 16**)! Marey blieb zeitlebens beseelt, ja besessen von den Möglichkeiten, Bewegungsabläufe möglichst in komplexer Form darzustellen, sei es der Lauf von Pferden, der Vogelflug (**Abb. 17**) oder die Pulswellen von Venen und Arterien, zu deren simultanen Registrierung er einen **Polygraphen** entwickelte (**Abb. 18**). Letztlich entwarf er nicht nur ein Modell des künstlichen Herzens (**Abb. 19**), sondern auch noch eine Urform der Apexkardiographie und Pulsregistrierung am Menschen (**Abb. 20**) und leitete als Erster die elektrischen Herzaktionen (**Abb. 21**) mit Hilfe des Lippmannschen Kapillar-Electrometer ab ("La Méthode Graphique", 1878, Paris (51))²⁰. Mareys Erfindungsgeist und Experimente stellen in der Geschichte der kardiologischen Funktionsdiagnostik einen Höhe- und Wendepunkt dar, der erst durch das Elektrokardiogramm überflügelt werden sollte. Eine retrospektive Betrachtung aller Druckaufnehmer (**Abb. 22**) zeigt aber, daß man ab etwa 1828 unablässig bemüht war, für die Puls- und Herzaktionen geeignete Katheter-Registrierköpfe zu konstruieren.

Die Ära der Sphygmomanometrie währte bis etwa 1896. In dieser Zeit entwickelten J. H. Sommerbrodt (1876), L. Waldenburg (1880), Ritter von Basch (1880) und R. E. Dudgeon (1891) bis J. Mackenzie (1902) und A. Jaquet (1908)²¹ immer präzisere, leicht am Handgelenk anzubringende Sphygmomanometer bzw. Kardiosphygmographen (**Abb. 23**), Sphygmo-Cardiographen, Sphygmoskope (Reinboldt) und Cardiographen zur Registrierung des Herzspitzenstosses (A. Jaquet (39)), sowie zur unblutigen Pulsregistrierung an der Vena jugularis und Carotis (oder an der Art. radialis), die sich alle der Mareyschen Schreibkapsel bedienten. Mit der Methode der Sphygmokardiomanometrie konnte man auch schon lange vor Einthoven und seinem Telekardiogramm (s.u.) Extrasystolen, Bigeminus oder einen A-V-Blocktyp (**Abb. 24**) erkennen, weiterhin auch Herzspitzenstoß, Carotis-, Jugularis- und Leberpuls simultan aufnehmen (**Abb. 25**; A. Eulenburg (16), H. Sahli (70)). Man war bemüht, eine dynamische Pulsdiagnostik ohne mathematische Formel zu erstellen²². Aber dies alles half nicht mehr; die Blutdruckmessung und das EKG traten ihren Siegszug an; zugleich wurden auch die evidenten Nachteile und Limitationen der Sphygmomanometrie allen Klinikern klar. 1896 als Scipione Riva-Rocci seine einfache unblutige Blutdruckmessung veröffentlichte (67), waren die Tage der graphischen Methode gezählt. Zunächst war man sich allerdings der Neuigkeit der Blutdruckmessung nicht ganz bewußt und wurde daher das Verfahren von Riva-Rocci auch als eine "neue Sphygmomanometrie" angekündigt (70)! Aber ehe diese Wandlung sich vollzog, erschienen schon die ersten Pulsüberwachungsapparate zur Patientenüberwachung während der Narkose, so der "Pulskontroller" (20) von G. Gaertner in Wien (1903; **Abb. 26**), der nicht nur den jungen Arzt als "Pulsarius", sondern auch den Pulszähler-Chronographen (s. **Abb. 8**) ersetzen sollte. Diese Pulsuhren konnten sich leider noch über Jahrzehnte nicht ihren Platz in der Anästhesieüberwachung behaupten. Die mit der Narkose beauftragte Person überprüfte bis weit in die fünfziger Jahre lediglich das Vorhandensein einer freien Atmung sowie eines regelmäßigen Pulses (30). Indes stellte D.R. Barr⁵⁵ noch 1929 in der *Anesthesia and Analgesia and Current Research* seine Methode des intraoperativen Sphygmotonogramms mit einer "Fahrtenschreiber"-Karte vor (**Abb. 27**) und J. Eichler (13) verließ sich auch noch 1962 auf die kontinuierliche Pulsfrequenzregistrierung in der Klinik, die, verbunden mit einem an Lautstärke variablen pulssynchronen Tonsignal dem Anästhesisten ein der heutigen Pulsoximetrie (s.u.) beinahe vergleichbares Sicherheitsgefühl durch Überwachung der Mechanosystole zu vermitteln vermochte (**Abb. 28**). Die Methodik der Pulskonturdiagnostik--erstmal 1899 von O. Frank postuliert²³ erlebt in unserer Zeit eine Renaissance, seitdem K. H. Wesseling 1983 mit einem einfachen Algorithmus damit das Herzzeitvolumen zu messen versuchte²⁴. Reif geworden für die klinische Praxis, scheint derzeit das "COLD"-System

(PiCCO, Pulsion Medical Systems in München) die Einschwemmkatheterdiagnostik (5, 29, 80) in der Erstellung des hämodynamischen Profils zu ersetzen und zu verdrängen²⁵. (Eine Zusammenstellung der Instrumente für Flowmessung in der Hämodynamik findet der Leser bei (4, 24, 69) und auf der **Tab. 6.**)

Vielmehr als Sphygmomanometrie, invasive Druck- und Flowmessungen, hat die Entwicklung der Pulsoximetrie--nach ihrem militärischen Einsatz an Kampfflugzeugen (1939-1945)--, der Patientensicherheit beigetragen, zumal damit Oxygenierung, Kreislaufstatus und periphere Durchblutung gleichzeitig auf noninvasive Weise überwacht werden konnten. Auch ihre theoretische Grundlagenforschung reicht tief in das 19. Jahrhundert zurück. Darum ist es verwunderlich, daß ihre klinische Bedeutung erst relativ spät, um 1975 erkannt wurde (s. **Tab. 5.**)

d) Geschichte der Elektrokardiographie:

di)

Verglichen mit der mechanischen Präzision und Einfachheit der Handhabung der Sphygmomanometrie, erscheinen uns die ersten Elektrokardiographen von Willem Einthoven (**Abb. 28**) noch als unbeholfene, recht schwerfällige Instrumente. Dabei war die Existenz der "tierischen Elektrizität" seit 1791 bekannt, nachdem L. Galvani die nach ihm benannten Ströme bei Muskelbewegungen am Froschschenkel entdeckt hatte²⁶. Schon 1842 konnte C. Matteucci²⁷ nachweisen, daß jeder Herzschlag mit elektrischer Aktivität verbunden ist. Der Nachweis des elektrischen Potentials gelang aber erst 1856 R. von Koelliker und H. Müller. Von hier war nur noch ein kleiner Schritt der Vorschlag über die Aufzeichnung eines menschlichen Elektrokardiogramms von A. Muirhead (London, 1869-1870). Dies wurde jedoch erst nach der Konstruktion eines Kapillarelektrometers machbar (G. Lippmann, 1872). Die Aufzeichnung der elektrischen Herzströme mit dieser Vorrichtung gelang dann J. E. Marey 1876 (51); s. a. **Abb. 21**²⁸. Aber erst A.D. Waller konnte 1887 am Menschen ein Elektrokardiogramm ableiten (St. Mary's Medical School, London; s. **Abb. 29**)²⁹. Zwei Jahre später lernte Willem Einthoven dieses Wallersche "EKG" kennen, doch ehe er seinen verbessertes Saitengalvanometer (1901-1903; **Abb. 30**) vorstellte, prägte er bereits 1893 den Begriff "Electrocardiogramm", später anerkennend, daß dieser terminus technicus an sich Waller's Idee war³⁰. 1891 wurde bereits die frühzeitige Erregung der Vorhöfe erkannt und die A-V-Überleitungszeit--später PQ-Zeit genannt--, genauer gemessen (W. Bayliss, E. Starling)³¹. Auch Einthoven verbesserte sein Electrometer und gab 1895 den Wellen jene Namen, die heute noch gebräuchlich sind (P, Q, R, S und T)³². Die Nachwelt hatte damit die Nomenklatur von Kraus und Nicolai: P-Welle= A(trium), R-Welle= I(nitium), T-Welle= f(inis) sowie Q und S (Ia bzw. Ip, d. h. ante et post initium) nicht akzeptiert (34). Doch war nicht Einthoven, sondern ein französischer Elektroingenieur, Clément Ader, der mit seinem 1881 in der Pariser Ausstellung gezeigten Verstärker das Wesentliche für den Saitengalvanometer geleistet hatte³³. Einthoven war allerdings mit dem Kapillarelektrometer unzufrieden. Auch wenn Ader in dieser Zeit schon in geheimer militärischer Forschung engagiert war, konnten seine enormen Erfolge der Fernvermittlung schwacher Stromsignale nicht unbekannt bleiben. Vielleicht war dies mit der Grund, warum Einthoven sein Verfahren in Leiden zunächst als Telecardiogramm popularisierte (**Abb. 31**). Auch nicht er, sondern E. Schafer hatte die ersten klinisch brauchbaren Saitengalvanometer gebaut. Grundlegende Arbeiten über das EKG erschienen dann erst ab 1908 in Pflügers Archiv (W. Einthoven (14)), doch bedeuteten diese ersten Ergebnisse über Extrasystolie, Arrhythmien und Blockbilder nichts Neues; dasselbe konnte man auch mit der simultanen Aufzeichnung von Phlebographie (des Venenpulses) und Sphygmomanometrie nachweisen. Indes war noch bis in die 30 Jahre unseres Jahrhunderts die Zuordnung von Wellen zu dem Reizbildungs- und Reizleitungssystem umstritten und nicht präzise erforscht (34). (Indessen haben von Eppinger, Rothberger, Lewis, Wilson, Hermann, Garten, Clement sowie Fahr und Weber die Rolle der Tawaraschenkel und der Purkinje-Fasern in der Entstehung pathologischer Elektrokardiogramme in tierexperimentellen Studien geklärt (34)). Gerade deshalb dürfen die ersten Versuche im

Jahre 1913, das EKG während der Narkose im Tierexperiment einzusetzen (35),s. **Abb. 32** oder das zunächst auf Papier aufgezeichnete EKG an eine Wand im Operationssaal zu projizieren (König, 1923 (45), Kirschner, 1928 (43)), als revolutionär gelten. Bald erkannte man den Wert der präoperativen Elektrokardiographie (40)³⁴ vor allem in Ungarn und im deutschsprachigen Raum und (32). Wenig später, 1923 schlug W. Straub (75) vor, EKG mit Hilfe der Nadelelektroden abzuleiten, eine Methode, die sich in der Anästhesie noch in den siebzigen Jahren allgemeiner Beliebtheit erfreute. Allerdings mußte die Operation kurzfristig unterbrochen werden, um das Elektrokardiogramm störungsfrei abzuleiten; verständlicherweise fand dies bei einer Reihe von Chirurgen wenig Verständnis und förderte nicht gerade die Akzeptanz der neuen Überwachungsmethode (30).

Nun soll die spätere Entwicklung des Elektrokardiogramms kurz nachgezeichnet werden (9, 42, 50):

--1903: Einführung der Extremitätenableitungen (W. Einthoven)

--1906: Beschreibung von Kammerhypertrophie, U-Wellen, verbreitetem QRS-Komplex, ventrikulärer Extrasystolie, Bigeminus, Vorhofflattern und komplettem A-V-Block im EKG. (W. Einthoven)³⁵. (Doch waren neben Einthoven vor allem Sir Thomas Lewis (*1881), sein Londoner "Cardiac Club", Sir J.Mackenzie, P.D.White und F. N. Wilson (1890-1952) sowie C. J. Rothberger und H. Eppinger von der Wenckebachschen Klinik in Wien, welche ab etwa 1910 mit Hilfe der Elektrokardiographie die moderne Kardiologie begründeten (Mannebach, 1988).

--1910-1911: Erste große Publikationen und ein klinisches Lehrbuch über das EKG erscheinen (W. James, Columbia University, H. Williams, Cornell University Medical College, New York und Th. Lewis)³⁶

--1914: Versuche, das EKG mit dem noch immer beliebten Sphygmomanometrie zu kombinieren (I. Medizinische Klinik von Prof. von Romberg, München)

--1920: Vektorkardiogramm von H. Mann (Cardiographic Laboratory, Mount Sinai Hospital)³⁷

--1920: Erstmals wird ein Myokardinfarkt im EKG erkannt (H. Peace, New York)³⁸

--1928: Vakuumröhre und Kathodenstrahloszillographen ersetzen die Saitengalvanometer (A. C. Ernestine und S. A. Levine)³⁹. (Die ersten EKG-Geräte mit Elektronenröhren werden von Zoltán Bay (1900-1992) in den dreißigen Jahren gebaut)

--1932: Erste Beschreibung der präkordialen Ableitungen (Ch. Wolferth, F. Wood)⁴⁰

--1938: Die American Heart Association und die Cardiac Society of Great Britain definieren die Standards für Brustwandableitungen V1-V6⁴¹

--1933: Unipolare Brustwandableitungen (F. N. Wilson)

--1933-1939: Erstes foetales Elektrokardiogramm (E. O. Straßmann, Mayo Clinic)⁴²

--1942: E. Goldberger führt seine unipolaren Einleitungen und die 12-Kanal-Ableitungen in die klinische Routine ein.

--1960: Endokavitäres EKG-Ableitungen mit Hilfe eines Herzkatheters (G. Giraud, P. Puech)

Freilich wären diese klinischen Ergebnisse ohne die technische Fortentwicklung des Elektrokardiographen undenkbar gewesen. Wiederum waren deutsche Instrumentenhersteller, Siemens und Hellige auf diesem Gebiet führend (Einzelheiten s. Mannebach, 1988, S.49).

(Schon 1911 konstruierte man bei Siemens und Halske ein Spulengalvanometer, ein Gerät mit Strommeßschleife, dessen Lichtstrahl photographisch aufzuzeichnen war. Und 1931 begann Hellige in Freiburg einen tragbaren Ein-Kanal-Elektrokardiographen ("Felberbaum") serienmäßig zu produzieren. Ein Jahr später wurde dies mit einem Tintenschreiber ersetzt. Bei Siemens standen ab 1933 Drei-Kanal-EKG-Schreiber, bei Hellige ab 1938 fahrbare Drei-Kanal-EKGs zur Verfügung. Sie wurden 1963 transistorisiert, ab 1966 auch als batteriebetriebene Modelle angeboten.)

Bis heute blieb die kontinuierliche EKG-Überwachung bei aller Mannigfaltigkeit des Patientenmonitoring der wichtigste Grundpfeiler der Intensivmedizin. Im Baustufenplan von D. Haan und P. Lawin aus dem Jahre 1978 (33) nimmt das EKG neben Defibrillator, Schrittmacher (im gemeinsamen Gehäuse) und Blutgasanalysator den ersten Platz ein. Daran hat sich, allen Verfeinerungen der Meßwertanzeige und -verarbeitung zum Trotz, nicht viel geändert. In diesem Stufenplan nahm der Pulsmonitor den 2. , der Blutdruckmessung der 3. und der Atemfrequenz bzw. der Temperatur den 4. und der 5. Platz in der Rangordnung ein. Daß diese Parameter mit Alarmvorrichtung versehen am Bett aber auch zentral überwacht, automatisch registriert wurden, erwies sich genauso bedeutsam wie die Rangordnung der Monitore. In der Anästhesie behielt jedoch die Überwachung der Atmung (der Oxygenierung und Ventilation) ihre dominante Bedeutung (H. Oehmig, 1962 (60), s. **Abb. 33**. Dem EKG wurde allmählich eine eher untergeordnete Rolle neben Monitoring von EEG und Temperatur zugewiesen.

Uns scheint die zentrale, apparative und simultane Patientenüberwachung eine ganz spezieller Charakterzug der Intensivmedizin zu sein (**Abb. 34**). Dabei kam sie--mit Hilfe eines Drahtgestells, also noch ganz mechanisch--schon im 19. Jahrhundert in den großen Friedhöfen, so in Leipzig oder Buda-Pest, bei der Beobachtung der sog. "Scheintote" zum Einsatz! Auch in München, wie dies von Mark Twain in seinem "*Leben auf dem Missisipi*"(1883) beschrieben wurde (**Abb. 35**). Solche Rettungsapparate waren sogar für begrabene „Scheintote“ mit Glockensignal patentiert und in Gebrauch. Aus Zeitgründen ist es leider nicht möglich, das ganze Spektrum der apparativen Patientenbeobachtung (4,24, 26, 47, 50, 58, 60, 63, 68 und 81) abzuhandeln. Darum wird diese Übersicht mit der Entwicklung der Blutdruckmessung und Herzkatheteruntersuchung abgeschlossen (Übersichten s. bei: (2, 12, 17, 24, 26, 37, 49, 58, 59, 68 und 81).

e) Entwicklung der Blutdruckmessung und der Herzkatheterdiagnostik (s.a. Tab.3):

Etwa 30 Jahre nach der Entdeckung des großen Kreislaufs (1628) entdeckte M. Malpighi 1661 die Lungenkapillaren und fand damit jene Verbindungen zwischen venösem und arteriellem System, das schon von Erasistratos und W. Harvey vermutet wurde. Harvey blieb zeitlebens in der Wärmetheorie des Blutkreislaufs verfangen. Immerhin ermöglichte diese Entdeckung die ersten tastenden Versuche der intravasalen Kanülierung (Sir Chr. Wren, 1656), der "Clysmatica nova" (J. S. Elsholtz, 1667) und der "Chirurgia infusoria" (J.D. Major, 1667)! Erst nach Harvey's Tod wird 1657 das Herz von N. Stenonis als eine Muskelpumpe seiner Mystik beraubt. Doch war über die Mechanik des Blutkreislaufs so gut wie nichts bekannt. Galilei's Nachfolger an der Florenzer Universität, E. Torricelli (62) veröffentlichte schon 1644 seine grundlegenden Forschungen über die Hydrodynamik und Ausflußgeschwindigkeit von Flüssigkeiten aus einem Gefäß ("*Opera geometrica*"). Auch konnte er mit Hilfe eines einseitig geschlossenen, mit Quecksilber gefüllten Rohres erstmals den Luftdruck messen und erfand damit das Quecksilberbarometer. Für die Kreislaufforschung wurde die Torricellische Hydraulik jedoch erst von dem Pisaner Mathematiker Giovanni Alfonso Borelli (1698-1679) angewandt. Dies hatte zur Folge, daß in der Untersuchung der Herztätigkeit die Frage nach dem Gefäßinnendruck zwangsläufig gestellt wurde. Für Reverend Stephen Hales (1677-1761, **Abb. 36**) konnten diese Ergebnisse sehr wohl bekannt sein, als er zwischen 1707 und 1711 es in Teddington unternahm, an Pferden (aber auch an Schafen und Hunden), durch Kanülierung mit einer langen Messingröhre den Druck in der Halsschlagader (oder in der Schenkelarterie einer Stute) zu messen (**Abb. 37**) und mit genau geführten Protokollen seine hydraulischen Experimente 1733 ("*Statical Essays containing Haemastatics*") (18) ⁴³ in London herauszugeben, s. a. **Abb. 38**. Aus diesen Meßergebnissen folgerte er, daß der Mensch einen Blutdruck um 12 Zoll (≈ 228 mmHg) haben dürfte. Seine Intentionen reichten jedoch viel weiter: Das Absinken des Blutdruckes

nach Aderlaß und die Verblutung des Tieres interessierten ihn genauso wie die Beeinflussung der Kapillarweite und des Blutverlusts durch chemische Substanzen, wobei Hales gelegentlich bei seinen Untersuchungen auch das Mikroskop einsetzte (18)!⁴⁴. Und so war Hales der zweite "Statiker" neben Santorio Santoro, der als Wegbereiter moderner Meßmethoden in der Medizin gelten darf. Dieser modern anmutenden Grundlagenforschung von Hales folgt eine hundertjährige Pause, bis 1828 J. L. M. Poiseuille die Strömungsgesetze mit seinem "Haemodynamometer" entdeckt und 1834 J. Harrison mit einem Quecksilbermanometer den Blutdruck auch nichtinvasive Weise zu messen versucht. Nach 1847 (C. Ludwig: Kymograph) setzt eine intensive Suche nach geeigneten Meßmethoden ein. K. Vierordt (1855 (16)) und E. J. Marey (1860 (51)) entwickeln Instrumente für unblutige Blutdruckmessung, auch S. S. K. v. Basch im Jahre 1878, Begründer der klinischen Blutdruckmessung (41). Doch erwiesen sich diese Geräte mit ihrer auf die Arteria radialis gelegten Pelotte im klinischen Routineinsatz noch als zu ungenau⁴⁵ (**Abb. 39**). Die Ära der Sphygmomanometer ging um 1896 zu Ende (s.auch oben!) In diesem Jahr stellt Scipione Riva-Rocci (67) aus Torino sein "neuen Sphygmomanometer" vor (**Abb. 40**), das aus einer pneumatischen Oberarmmanschette, Luftpumpe und einem vertikalem Quecksilbermanometer bestand (**Abb. 41**). Doch mußte man auch den Blutdruck durch Fühlen des Radialispulses--wie noch Alfano um 1085--messen (**Abb. 42**). Harvey Cushing (1869-1939) lernte diesen Blutdruckapparat erst 1901 in Pavia kennen (30). Seine darüber angefertigten schematischen Zeichnungen zeigen deutlich, daß dem Riva-Rocci's Gerät das Eudiometer von A. Volta aus dem Jahre 1777 als Modell gedient haben dürfte (19), s. a. **Abb. 43**). Wenig später, 1899 erfand G. Gaertner in Wien auch einen Blutdruckapparat (23), im Grunde einen Fingerplethysmographen, der sich trotz anfänglichen Beliebtheit letztlich nicht in der Praxis durchsetzen konnte (**Abb. 44**)⁴⁶. Man konnte nämlich mit all diesen Methoden nur den Maximaldruck ermitteln. Die epochale Wende leitete Nikolai Sergejewitsch Korotkoff (1874-1920), ein Gefäßchirurg aus St. Petersburg ein, der 1905--auf der Suche nach Kollateralen--statt Radialispuls den Gefäßton an der Arteria brachialis entdeckte und damit die Auskultationsmethode in die Blutdruckmessung eingeführt hatte (**Abb. 45**); (25, 56, 72). Diese Methode, kombiniert mit dem Apparat von Riva-Rocci hat sich dann in der klinischen Diagnostik durchgesetzt, zumal sie erlaubte, den systolischen *und* den diastolischen Druck zu messen. Ganz entscheidend trug H. Cushing der Verbreitung der Blutdruckmessung bei (2, 19), der sich noch vor seiner Italienreise 1898 hier in München an der LMU mit dem Thema "Das neues Sphygmomanometer für klinische Zwecke von Riva-Rocci" promovierte (**Abb. 46**). In den USA verbreitete sich die neue Blutdruckmessung erst, als Cushing 1902 über seine Europareise im John Hopkins Hospital berichtete (27, 30)⁴⁷. Doch nicht im Operationssaal. Die Abneigung gegen Riva-Rocci's Methode war beinahe so vehement wie gegen die Einführung der indirekten Auskultation von Laennec mit Hilfe des Hörrohrs (1819)⁴⁸. Um der Versuchung einer positiven Entscheidung nicht zu erliegen, hat man schnellstens eine klinische Untersuchungskommission gegründet, die bald lautstark verkündete: "The adoption of blood pressure operations in surgical patients does not present appear to be necessary" (12). (W. Cushing's Verdienste bleiben indes auch in der Anästhesiegeschichte unvergessen; er war der erste, der mit Codman schon 1895 den Blutdruck während der Narkose protokollierte ("anesthesia charts", **Abb. 47**)). Das ist das erste Narkoseprotokoll neben R. Clarke's Protokoll (1903) überhaupt. H. Cushing hatte als erster den Stellenwert der Blutdruckmessung erkannt (59) und hielt deren Ergebnisse auf der Fieberkurve fest (1895). (Die Fieberkurve hatte allerdings Karl Reinhold August Wunderlich schon zuvor in Leipzig eingeführt.) In Deutschland haben sich die Dinge günstiger entwickelt. Ein Grund hierfür dürfte um die Mitte der zwanziger Jahre gewesen sein, daß Helmut Schmidt (Hamburg) und Martin Kirschner (Tübingen) die Leitungs- und Spinalanästhesie popularisierten und dabei häufig zu starke Blutdruckabfälle beobachteten. Die Blutdruckmessungen wurden meistens mit einem transportablen, am Operationstisch montierbaren Apparat vorgenommen und die Vitalparameter auf einer sog. "Narkosetafel"--Vorläufer unseres Narkoseprotokolls--, festgehalten (30). Schon 1904 berichtete E. König über Änderungen des Blutdruckes durch operative Eingriffe (45); **Abb. 47**) und Mori 1904 aus Bonn über das

Blutdruckverhalten bei der Lumbalanästhesie (54). Um 1922 erforschte A. Lehrnbecher in Nürnberg die theoretischen Grundlagen der intraoperativen Blutdruckmessung (49). Andere wie Broemser und Ranke aus Basel (6) oder Müller aus Wien (57) versuchten schon 1909 das Schlagvolumen und die Herzarbeit am Menschen zu bestimmen (**Abb. 48**). 1930 bringt Heinrich von Recklinghausen (1867-1942) sein in München entwickeltes, überaus erfolgreiches aneoriden Oscillotonometer auf den Markt. Von Recklinghausen verfaßt zehn Jahre später auch eine vorzügliche Monographie über die Arten der indirekten Blutdruckmessung und der Pulswellen, verbunden mit einer kritischen Systemübersicht der Apparate. Schließlich, hiervon abgeleitet, entwirft er auch die Umriss einer modernen Hämodynamik mit Würdigung aller bisherigen Theorien (66). Diese 500 Seite starke Monographie des 73jährigen Forschers kurz vor seinem Tod stellt eine Höchstleistung deutscher Physiologie dar. Uns sind natürlich die frühen Versuche für kontinuierliche Registrierung der Blutdruckkurven besonders interessant (1, 3, 11, 28, 36, 40, 44, 46, 79). 1929 stellte J. Plesch einen Trommel-"Tonoszillographen" vor, der einen Differential-Schreibmanometer enthielt (65); s. (**Abb. 49**).

Die modernen Zeiten kündigen sich an: Letale Verläufe nach großen Operationen wurden nicht mehr als schicksalhaft angesehen (Lawin, 1998). Um 1930 erkannte man allmählich die dringliche Notwendigkeit der kontinuierlichen oder kontinuierlichen apparativen Überwachung während der Anästhesie (Lawin, 1998). Und deshalb erschienen auch gleich mehrere Patente zur fortlaufenden Druckmessung, so von H. Bergmann aus Stettin (1930 (3); **Abb. 50**), die er während Schilddrüsenoperationen einsetzte, oder die handplethysmographische Dauermessung von E. Koch und R. Wachter aus Bad Nauheim (1933 (44); **Abb. 51**). In diesen Jahren trat auch die Elektronik mit etwa 30jähriger Verspätung ihren Siegeszug in der Konstruktion medizinischer Meßinstrumente an: für automatische, unblutige Dauerregistrierung des Blutdrucks von B. Stokvis (um 1936 (79); **Abb. 52**), von H. Hesse ("Autotonograph"(36), **Abb. 53**)⁴⁹ und dessen mit Barographen verbundenes Manometer in der Modifikation von Lange (46)⁵⁰, das die Siemens-Werke bald serienmäßig zu produzieren begann (**Abb. 54**). (In den Werbeschriften unterläßt man es schon damals nicht, auf die medikolegalen Aspekte beider Narkose hinzuweisen und die Verwendung des Gerätes als "sicheren Beleg für die einwandfreie Narkoseüberwachung" zu empfehlen (30)!) Ähnliche Gerätschaften konstruierte man in den USA erst einige Jahre später (J. Doupe et al., 1939 (11), s. **Abb. 55** und W. E. Gilson ,1942 (28); **Abb. 56**. Erstaunlicherweise wurden präkordiale Stethoskope bei Narkosen erst 1925 empfohlen (Evans, 1925 (17)), nur wenige Jahre vor der Einführung elektrischer Registrierapparate! Keiner dieser Apparate hatte jedoch einer solchen Beliebtheit vor dem Zweiten Weltkrieg erfreut als das "Kardiotron", das von F. v. Schürer in den Jahren 1936-1937 mit dem Physiker Ing. S. Strauß zusammen auf der II. Chirurgischen Klinik in Wien entwickelt wurde (76), s.a. **Abb. 57**. Daß diesem Gerät das Elektrokardiogramm als Überwachungsparameter noch fehlte, lag allein an den hohen Kosten der Serienproduktion, die zunächst viele Kliniken kurz vor dem Krieg vor der Anschaffung zurückschreckte. Immerhin standen tragbare EKG-Apparate für den Einbau in diesen "Kompaktmonitor" ab 1938 schon zur Verfügung (s.o.). (Wie ein von uns (M. Goerig) 1988 durch einen Brief des Konstrukteurs Herrn Dr. Fritz Schürer-Waldheim erfuhr (77), wurde das Gerät bereits 1936 in der "Gesellschaft der Ärzte in Wien" mit einem (noch vorhandenen) Film vorgestellt (77). Das Kardiotron, das eine kontinuierliche Messung von Pulsfrequenz, Blutdruck und "Atemzugvolumen" ermöglichte, wurde vor allem während Lachgas-Äthernarkose in der Bauch- und Thoraxchirurgie eingesetzt. Ein bedrohliches Absinken des Blutdruckes oder das Aussetzen des Pulses wurde durch optische und akustische Signale automatisch angezeigt (76). Die Pulswelle an der Art. radialis oder an der Art. dors. pedis wurde über eine kleine Kompressionsmanschette abgenommen und die Pulsation über eine Membran auf einem piezoelektrischen Kristall verstärkt. Somit waren die Pulswellen in elektrische Spannungsstöße umgewandelt, während die Überwachung der Atemfrequenz und der inspiratorischen Luftmenge über eine in der Narkosemaske eingebaute Spezialmeßeinrichtung bewerkstelligt wurde. Mit Recht hatte man damals diesen Monitor als "Roboter im Operationssaal" genannt. (Das Kardiotron wurde noch 1937 von den Ingenieuren S. Strauß und L. Weissglass im Österreichischen Patentamt unter

der Patentschrift-Nr. 150422 patentiert. Diese Patentschrift liegt den Verfassern dieses Berichts vor.). Nach dem Krieg haben neue Methoden wie die Muskelrelaxation, die kontrollierte Hypotension und Hypothermie für offene Herzoperationen sowie die künstliche Hibernation und vegetative Blockade der Fortentwicklung des intensiven und invasiven Monitoring großen Vorschub geleistet (**Abb. 58**). Für die Narkoseführung während der Unterkühlung standen neben Defibrillator elektronisches Thermometer, Katodstrahlenoszillograph-EKG, EEG und Blutdruckmeßgerät auch ein Meßblock für Anschlüsse von diesen Apparaten zur Verfügung. Ansonsten war die Praxis auf dem Lande noch lange wesentlich anspruchsloser. Präkordiales Stethoskop, ein Riva-Rocci-Blutdruckapparat und ein Cotel-Keating-Pulsmonitor (**Abb. 59**) kamen noch allenthalben während der Narkose in Einsatz. Und dann nach 1950, als sich die Intensivtherapie in unserem Lande nach der Hamburger Polioepidemie (1947) und nach Einsatz der *Eisernen Lunge* (Oktober 1947; (78)) zu etablieren begann (Lawin, 1968), setzte sich eine stürmische Entwicklung in der Behandlung von Schwerkranken ein, die zugleich einen enormen Aufschwung der Medizintechnik, aber auch eine zunehmende Invasivität der Überwachungsmethoden (s. **Tab. 6**) mit sich brachte. In dieser Zeit begann man Gefäße zu kanülieren und ab 1960 den zentralen Venedruck über Cavakatheter zu messen, wenngleich schon 1903 G. Gaertner eine Methode für Messung des Druckes im rechten Vorhof (21) erarbeitete und 1928 Middleton (53) die peripheren Venendruckmessung propagierte. Man begann wenig später auch das Herz mit Hilfe des schon von Werner Forßmann (1904-1979; **Abb. 60**) 1929 erfundenen Herzkatheters zu untersuchen⁵¹. Diese invasive Methode fand letztlich mit der Einführung der Einschwemmkatheterdiagnostik von Swan und Ganz (1970) eine bessere, weil aussagekräftigere und ungefährlichere Alternative gefunden. Die Grundlagen für die Herzzeitvolumenbestimmung schuf schon E. Hering mit der Bestimmung der Kreislaufzeit (1827), weiterhin A. Fick mit seiner klassischen Methode der HZV-Messung aus Sauerstoffverbrauch und arteriovenöser Sauerstoffdifferenz (1870) sowie Hamilton mit der Erfindung der Indikatorverdünnungsmethode im Jahre 1928. (Einzelheiten s.Lit. (5, 24, 29, 37, 48, 57 und 80)).

Die große Anzahl der Intoxikationen, dann aber die zunehmende traumatische Morbidität und die Schädel-Hirntraumata machten den Einsatz des Elektroencephalogramms--von Hans Berger (1873-1941; **Abb. 61**) bereits 1929 in Jena entdeckt⁵²-- und dessen Modifikationen wie der CFM (Cerebral Function Monitor), CSA (Compressed Spectral Array) und die evozierten Potentiale (EP) erforderlich, während die bildgebenden Verfahren eher die diagnostische Arbeit bereicherten (38).

*Der gegenwärtige Trend der Intensivmonitore hat nur noch eine kurze Geschichte, aber auch einen langen historischen Hintergrund in der Entwicklung der Rechenmaschinen (**Tab.5**). Da sie nicht mehr im Mittelpunkt unserer Betrachtung stehen, seien sie zum Schluß nur in groben Zügen wiedergegeben (**Tab. 7**):*

- 1964: Einführung der Telemetrie in der Medizin
- 1968: Erste komplette moduläre Monitorsysteme im klinischen Einsatz
- 1970: Komplette, modular aufgebaute Monitore für Narkoseapparate (Kirchner/Hannover, Dräger Werke/Lübeck)
- 1974: Nichtinvasive transkutane (tc) Blutgasanalyse (O₂ und CO₂ (61, 63))
- 1974: Allmählicher Übergang von der analogen Datenerfassung auf die digitale Information
- 1980: Miniaturisierte Computer finden Anwendung in der "bedside" Patientenüberwachung. Die Vitalparameter können endlich gespeichert werden
- 1995: PC-Technologie erobert Anästhesie und Intensivmedizin und

-- ab 2000: Total vernetzte Krankenhäuser und EDV-gesteuerte Datenerfassung im Rahmen einer TQM (Total Quality Management).

4) Abschließende philosophische Betrachtungen über den Sinn des Monitoring:

"Die Existenzberechtigung der Intensivmedizin liegt in der Maxime begründet, daß menschliches Leben von unschätzbarem Wert ist. Bei diesem ethischen Axiom kommt dem Adjektiv "menschlich" eine überragende Bedeutung zu. Der Schwerkranke ist zwischen all der lebenserhaltenden Technik einer Intensivstation oft kaum noch als menschliches Wesen zu erkennen. Schläuche, Monitore und Beatmungsgeräte umgeben ihn wie ein Wachkordon. Die Verlaufsprotokolle bezeugen wie Chronisten die steten Änderungen von gut einem Dutzend Meßgrößen. Das auf den ersten Blick grenzenlos erscheinende Wirrwarr von schnell wechselnden Daten übt bei näherer Betrachtung eine merkwürdige Faszination aus. Gewichtskurven, Bilanzen, Vitalgrößen, Elektrolyte, Hämatokrit-Werte und Blutgasanalysen, Venen- sowie Lungenkapillardruckmessungen, Herzzeitvolumina und vieles andere, was auch immer gemessen werden kann, stellen letztlich nichts als eine physikochemische Metapher des Lebens dar. Über Schmerzen, Traurigkeit, Einsamkeit, Ungewißheit, Furcht, Hilflosigkeit, Verzweiflung und Tränen berichtet kein Verlaufsbogen. Sie können nicht von einem Monitor abgelesen oder durch Gefäßpunktion bestimmt werden. Sie lassen sich nicht messen oder durch einen Computer erfassen. Sie zeigen "bloß" untrüglich das Innerste des Menschen" (Nancy L. Caroline: Quo vadis intensive care: more intensive or more care? Crit. Care Med. 5;1977:256; in der Übersetzung von M. Niemer)

Im jahrzehntelangen Einsatz haben sich die elektronischen Überwachungsapparate als prinzipiell unermüdbar erwiesen. Gerade deshalb bieten sie ja Ersatz für die nachlassende Vigilanz des Beobachters bei monotonen Lebenssignalen. Daß sie zugleich durch ihre zunehmende Invasivität (**Tab.3**) auch ein bisher unbekanntes Gefahrenpotential für den Patienten bedeuten können, eine Art technische Iatrogenie, darf dabei keinesfalls übersehen werden (Blitt, 1985).[^]Furcht vor, Schmerz, Schlafentzug und Entfremdung von sich selbst während und Abhängigkeit nach der Anwendung der Monitore sind jene Folgen, welche der Patient für seine bessere Überlebenschance in Kauf nehmen muß. Diese Monitore sind im Grunde verlängerte Fühler und künstliche Sinnesorgane--bei dem Computer der sechste Sinn, ohne die anderen fünf. "Instrumentation is the sophisticated extension of the natural senses" (V. J. Collins, 1976). Und so täuschen sie auch eine trügerische Sicherheit vor, unterstützt durch den Glaube an der Unfehlbarkeit der Technik, wenn man nicht vergegenwärtigt, daß die von den Monitoren gelieferten Daten und Meßparameter lediglich eine technische Metapher der Lebensprozesse darstellen, wenn auch mit hoher Unermüdlichkeit, Spezifität und Sensitivität. Durch sie wird auch die Ambivalenz der zweckfreien Erkenntnis und des praktischen Nutzens unmittelbar deutlich; der Hinweis, daß es zwischen dem technisch Machbaren und dem Menschlichen nicht immer eine unmittelbare wissenschaftliche Verbindung gibt (P. Fritsche). So wird die ironische Bemerkung von Jürgen Jagelski verständlich: "Es ist erstaunlich, wie gut es gelingt, mit viel technischem Aufwand die einfachen Lebenszeichen in nächster Nähe zu überhören". Das Postulat, wonach das beobachtete Phänomen durch die Instrumente und Meßmethode über eine negative Rückkoppelung entstellt, reduziert oder sogar verfälscht wird, gilt auch in der Medizintechnik, nicht nur in der Elementarphysik. Die damit verbundene Unschärfe in der Diagnostik und der Prognose ist immer gegenwärtig. Daher bleiben die in der klinischen Beurteilung stets erforderliche intellektuelle Bescheidenheit sowie der Zwang zur "Falsifizierung" der Hypothesen unabdingbar. Doch ist eine "Annäherung an die Wahrheit" im Sinne Sir Karl Poppers möglich. Allerdings ist uns "sicheres Wissen versagt". Vielmehr ist unser Wissen, aller technischen Perfektion zum Trotz, "ein kritisches Raten; ein Netz von Hypothesen; ein Gewebe von Vermutungen" (Sir K. R. Popper: Logik der Forschung, 1971)).

In der nahen Zukunft kann von der Weiterentwicklung der Monitore--noch vom Patienten abgetrennt--die rasantesten Fortschritte in der Intensivmedizin erwartet werden. Noch existieren physiologische Sensoren (die Sinnesorgane und ihr schnellster Prozessor, das Gehirn) und künstliche, elektronische Meßfühler nebeneinander. Mit der rapiden Entwicklung der Neurobiologie und der miniaturisierten Mikroprozessortechnik darf jedoch erwartet werden, daß Monitore zukünftig als "integrierte, intelligente Sensoren" mit den natürlichen Sinnesorganen eng verbunden, als ihre "Bauelemente" (T. Roska, 2.4.2000) dauerhaft in der Krankenbeobachtung eingesetzt werden. Doch sind wir noch nicht so weit. Zunächst bleiben Faszination und Frust der Pflegenden, eine spürbar zunehmende gesellschaftliche Abneigung und ein Dissens gegen diese forciert technische Begegnung zwischen Arzt und Patient bestehen. Lebensverlängerung und -rettung auf der einen Seite, Lebensbefristung und -vernichtung auf der anderen. Mit der praktischen Möglichkeit der Clonierung der Menschen ist die Grenze des Zulässigen überschritten. Darum sind erhöhte Wachsamkeit und Skepsis immer dann vonnöten, wenn Geräte menschliche Arbeit und Urteilsfähigkeit übernehmen sollen. Dies trifft für die Monitore ganz besonders zu. Wie A. J. Stevens 1980 schrieb: "Die Entwicklung der modernen Überwachungsmethoden führte in zunehmendem Maß zu der Auffassung, daß mit dem Anschließen des Patienten an eines oder mehrere dieser Systeme automatisch der Mantel

der Sicherheit über ihn gebreitet würde. Bedauerlicherweise ist dieses Zutrauen oft nurtrügerisch. Ohne die Überwachungsanlage sind Wachsamkeit und klinisches Urteilsvermögen das wesentliche. Mit der Überwachung macht sich eine gewisse Selbstzufriedenheit auf Kosten des ärztlichen Scharfsinns breit".

Anmerkungen:

¹ W. Watson: Observations upon the effects of electricity applied to a tetanus. Phil. Trans. Roy. Soc. Febr. 10, 1763

² H. Demme: Allgemeine Chirurgie der Schusswunden. Stahelsche Buchhandlung, Würzburg, 1863, S. 217

³ Gorcys Blasebalg vor 1791 im Militärspital von Neu-Breisach, veröffentlicht in Chr. W. Hufeland: Annalen der französischen Arzeneykunde. A. F. Böhme, Leipzig, 1791

⁴ L. Brandt : Notfallmedizin im 18. Jahrhundert. In: K. Zinganel, Hrsg.: Anaesthesie—historisch gesehen. Schriftenreihe Anaesthesiologie und Intensivmedizin, Nr. 197, Springer V., Berlin, 1987, S. 87-93

⁵ A. Johnson: Rettungsmittel scheinbarer Todesfälle. Hoffmannsche Buchhandlung, Hamburg, 1788

⁶ Der medizinische Ausdruck „Monitor“ bedeutete zunächst Küsten- und Flußschiffe mit starkem Panzerschutz und wenigen schweren Turmgeschützen, geringem Tiefgang und niedrigerer Geschwindigkeit. Der Name dieses inzwischen veralteten Typs entstammt dem des Prototyps aus dem amerikanischen Sezessionskrieg (Union Vessel Monitor), der von der Konföderation bei Merrimack am 9.3.1862 erstmals eingesetzt wurde. (Ähnliche Flußschiffe hatte auch die Österreichisch-Ungarische Monarchie im Ersten Weltkrieg im Dienst.) Im heutigen Sprachgebrauch werden Monitore neben der Medizin im Fernsehen zur Bildkontrolle und in kernphysikalischen Anlagen zur automatischen Überwachung der radioaktiven Spaltung und Strahlung eingesetzt. Das lateinische Wort "monitor" (m, moneo) bedeutete damals "Warner, Erinner, Mahner"; diese Deutung trifft den Intensivüberwachungsgeräten eher zu. Auch die frühere Bedeutung eines Schülers, der bei Routinetätigkeiten seinem Lehrer assistiert.

⁷ Wie sein anderes Werk "Commentarii in Artem medicinam Galeni, 1612

⁸ Nach M. D. Grmek: Santorio Santoro. Istarski Licejnik. Zagreb, 1952 (besprochen im J. Hist. Med. 9; 1943:386)

⁹ Wie die Existenz dieses Galileischen Thermoskops 1638 in einem Brief des Benedetto Castelli an Cesarini (Mitglied der Accademia dei Lincei) angegeben wird. Galilei selbst hatte Santoro's Thermometerkonstruktion von Sagredo erfahren, was dann der Grund für einen Prioritätenstreit zwischen den zwei Professoren in Padua wurde (Vincenzi Viviano: Vita di Galileo, 1654).

¹⁰ Sein Biograph, Arturo Castiglioni (1874-1953) gibt allein 28 lateinische und zahlreiche Ausgaben in italienischer, englischer, deutscher und französischer Sprache an. Heute sind von der "De statica medicina" nur noch wenig Exemplare erhalten geblieben, u.a. in der Vatikanischen Bibliothek und in der Yale University.

¹¹ Weitere Details siehe in von A. J. v. Oettingen herausgegebenen "Abhandlungen über Thermometrie" (Ostwalds Klassiker Nr.57, 1894)

¹² K. Fitzgerald: A description of a metalline thermometer. Phil. Trans. Roy. Soc. 51; 1760:823-826

¹³ So in der therapeutischen Hypothermie bei Malignomen (L. Smith, T. Fay, 1940), während der kontrollierten Hypotension (G.E.H. Enderby, 1958) oder in der Kardiochirurgie (C. Dennis, D.W. Spreng, G.E. Nelson, 1951, J. H. Gibbon, Jr. 1954,, E. M. W. Derra und M. Zindler, 1958) sowie im Rahmen einer künstlichen Hibernation (H. Laborit, P. Huguenard, 1951); s. a. G. Rodewald: History of extracorporeal circulation. In: S. Hagl, W. P. Klövekorn, N. Mayr, F. Sebening, eds.: Thirty years of extracorporeal circulation. München, Deutsches Herzzentrum, 1984

¹⁴ Wir sind durch mangelhafte Übung nicht mehr in der Lage, die Feinheiten des Pulsschlages wie der pulsus caprizans, fluctuans, spasmosus, phthisicus usw. nachzufühlen. Der "ziegenhüpfende" Puls war schon Galenos, der hämmernde Puls Martellinus bekannt. Der dem Wurmkröchen ähnliche pulsus vermiculosus und der pulsus serrinus ("Sägepuls") wurden von Alfano als Todeszeichen gedeutet (R. Creutz: Der Frühsalernitaner Alfano und sein bislang unbekannter "Liber de pulsibus". Arch. Gesch. Med. 29;1936: 57- 83.

¹⁵ Pulsschriften finden sich im 17. und 18. Jh. in großer Anzahl (R. Fludd: Pulsus, Frankfurt, 1631, S. Hafenreffer: Monochordon Symbolico Biomenticum, Ulm, 1640, H. Fouquet: Essai sur le Pouls, Montpellier, 1767), darunter sogar Abhandlungen von Musikern über Pulslehre (E. N. Marquet: Nouvelle méthode facile et curieuse pour connaître le pouls par les notes de la musique, Nancy, 1767).

¹⁶ Auf Harveys Entdeckungen und Irrtümer wollen wir hier nicht näher eingehen. Seine Pulslehre stützt sich noch ganz offensichtlich auf Aristoteles und Galen und enthält neoplatonisches Gedankengut. Doch hat er die Systole und Diastole, die Gleichrichtung des Blutstroms durch die Gefäß- und Herzklappen richtig erkannt und experimentell bewiesen. Auch versuchte Harvey, noch ohne Uhr, die Auswurfmenge der linken Kammer und dadurch die Größe des zirkulierenden Blutvolumens abzuschätzen. Weiterführende Literatur hierüber finden sich bei R. Lower: Tractatus de Corde. Amsterdam, 1669, A. Jores: Von Harveys Entdeckung zur Herztransplantation. Belsner Presse,

Stuttgart, 1970 und bei J. H. Baas: William Harvey der Entdecker des Blutkreislaufs und dessen anatomisch-experimentelle Studie über die Herz- und Blutbewegung. Eine kulturhistorisch-medizinische Abhandlung. F. Enke Verlag, Stuttgart, 1878 sowie bei Th. Fuchs: Die Mechanisierung des Herzens. Suhrkamp V., Frankfurt a. M., 1992.

¹⁷ Nach N.H. Naqvi und M. D. Blafox: Blood Pressure Measurement. An illustrated History. Parthenon Publ., New York, 1998, p25

¹⁸ Ebenda, p 31-34 (mit Beschreibung des ersten Sphygmometers von J. Herisson (1834).

¹⁹ Ebenda, p36-39

²⁰ Die Abb.14-20 sind dem Katalog "La méthode graphique et l'exploration cardiovasculaire". Etienne Jules Marey, Paris, 1980 entnommen worden.

²¹ A. Jaquet: Graphische Registrierung des Blutdruckes beim Menschen. Münch. Med. Wchschr. 9; 1908:445-48

²² Th. Christen: Die neuen Methoden der dynamischen Pulsdiagnostik ohne Mathematik dargestellt. Münchn. Med. Wschr. 58; 1911:789-792.

²³ O. Frank legte schon 1899 die theoretischen Grundlagen für die Kalkulation des Schlagvolumens mit Hilfe der arteriellen Pulskonturanalyse (O. Frank: Die Grundform des arteriellen Pulses. Z. Biol. 37; 1899:483-526).

²⁴ Nachdem Wesseling und Mitarbeiter einen Algorithmus zur fortlaufenden Messung des HZV nach der Pulskonturanalyse entwickelt hatten (K. H. Wesseling, B. deWit, J.A. P. Weber et al.: A simple device for the continuous measurement of cardiac output. Adv. Cardiovasc. Physiol. 5; 1983:16-52)

²⁵ Purschke und Mitarb. haben die Methode mit der Kalibrierung und Anpassung an die Änderungen der Aortenimpedanz verfeinert (R. Purschke, P. Brucke, H.D. Schulte: Untersuchungen zur Zuverlässigkeit der Schlagvolumenbestimmung aus der Aortendruckkurve. Anaesthesist 23; 1974: 525-534).

²⁶ Luigi Galvani (1798-1798): "Abhandlung über die Kräfte der thierischen Elektrizität". Prag, bei J. G. Calve, 1793

²⁷ C. Matteucci: Sur un phenomene physiologique produit par les muscles en contraction. Ann. Chim. Phys. 6; 1842: 339-341

²⁸ J. E. Marey: Des variations electriques des muscles et du coeur en particulier etudies au moyen de l'electrometre de M. Lippmann. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. 82; 1876: 975-977

²⁹ A. D. Waller: A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. J. Physiol. (London) 8; 1887: 229-234

³⁰ Somit ist eigentlich A.D. Waller und nicht W. Einthoven der wahre Entdecker dieser Methode (s.a. Proceedings of the Meeting of the History Anaesthesia Society, Liverpool, 27-28.6.1997, vol.21:p38ff und J. K. Cooper, 1987)!

³¹ W. Bayliss, E. Starling verwendeten hierzu ein besseres Kapillarelektrometer als E. J. Marey. Die dabei beobachteten Deflektionen hat man später mit P, QRS und T gezeichnet (s. W. M. Bayliss, E.H. Starling: On the electrical variations of the heart in man. Proc. Phys. Soc., 14th November in: J. Physiol. (London) 13:1891 und auch eine andere Publikation :On the electromotive phenomena of the mammalian heart. Proc. Phys. Soc., 21th March in J. Physiol. (London) 12; 1891: xx-xxi.

³² W. Einthoven: Ueber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. Arch. d. ges. Phys. 60; 1895: 101-123

³³ Für diese Ausstellung erfand C. Ader auch die Stereophonie, mit der er bei Musikliebhabern einen frenetischen Beifall erntete (Cooper, 1986). So gelang 5 Jahre nach der Erfindung des Telephons (A. G. Bell, 1876) die erste Opernübertragung mit Hilfe der Telegraphie. Doch ehe Einthoven diese extrem sensitive Saitengalvanometer in die klinische Praxis eingeführt hätte, wurden solche Apparate schon in der unterseeischen Telegraphie eingesetzt (C. Ader: Sur un nouvel appareil enregistreur pour cables sous-marins. C. R. Acad Sci (Paris) 124; 1897: 1440-1442). Nebenbei sei angemerkt, daß Ader's Hauptinteresse der Fliegerei galt, und es ist wenig bekannt, daß ihm der erste bemannte Flug 1890 lange vor den Gebrüdern Wright gelungen war. Zwar wurde 1924 der Nobelpreis allein W. Einthoven zugesprochen, darf man jedoch seine Rolle in der Entwicklung in der Elektrokardiographie nicht mehr so bedeutsam als bisher eingestufen. Zumindst soll hier an seine Vorläufer und Mitstreiter erinnert werden. Einthoven's Elektrokardiograph war für klinische Zwecke zunächst kaum geeignet; es wog noch knapp 300 kg (W. Einthoven: Un nouveau galvanometre, Arch. Neerl. Sc.Ex. Nat. 6; 1901: 625-633). Erst ab 1903 unternahm er einige Versuche mit Max Edelmann in München und Horace Darwin in der Cambridge Scientific Instruments Company in London, sein Saitengalvanometer kommerziell herzustellen. 1905 gelang ihm bereits, EKG-Signale über Telefonkabel 1,5 km weit zu transportieren (daher auch der Name: Telecardiogramm). Damit hatte er jedoch lediglich Ader's Erfolge wiederholt. In der Fernübertragung erzielte auch der Wiener Kliniker K. F. Wenckebach ähnliche Rekorde, in dem er 1926 die Auskultation des Herzens und der Lunge auf telephonischem Wege auf die Hörer seiner Vorlesung übertrug. Dabei verstärkte sein "Stetophon" die Töne 27 000fach (Schott, 1993)! Unverdient fielen die Namen einiger Mitarbeiter (Geluk, Blöte, K. De Lint, 1900, Flohil und Battaerd, 1907), mit denen Einthoven sein Saitengalvanometer entwickelte bzw. die ersten Versuche einer Phonokardiographie unternahm, in Vergessenheit (Jonkers, 1961).

³⁴ Franke: Arch. klin. Med. 139: Heft 3-4, Herapath: Bristol med. Chir. 47: 1930:193 und Lenner: Bruns Beitr. 152: Heft 1:46, zit. Guszich und Findeisen, 1932

- ³⁵ W. Einthoven: Le telecardiogramme. Arch. Int. de Physiol. 4; 1906:132-164; in englischer Sprache übersetzt erst in Am. Heart J. 53; 1957: 602-615); s.a. seinen Bericht "Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der tierischen Elektrizität". Münch. Med. Wschr. 68; 1911: 2470-2471
- ³⁶ W. B. James, H. B. Williams: The electrocardiogram in clinical medicine. Am. J. Med. Sci 140; 1910: 408-421, 644-669 sowie Th. Lewis: The mechanism of the heart beat. London, Shaw & Sons, 1911
- ³⁷ H. Mann : A method of analyzing the electrocardiogram. Arch. Intern. Med. 25; 1920: 283-294
- ³⁸ H. E. B. Peace: An electrocardiographic sign of coronary artery obstruction. Arch. Intern. Med. 26; 1920: 244-294
- ³⁹ A. C. Ernstine, S. A. Levine: A comparison of records taken with the Einthoven string galvanometer and the amplifier-type electrocardiograph. Am. Heart J. 4; 1928: 725-731
- ⁴⁰ Ch. Wolferth, Fr. Wood: The electrocardiographic diagnosis of coronary occlusion by the use of chest leads. Am. J. Med. Sci. 183; 1932:30-35
- ⁴¹ A. R. Barnes, H. E. B. Pardee und P. D. White: Standardization of precordial leads. Am. Heart J. 15; 1938:235-239
- ⁴² E. O. Straßmann: Fetale Elektrokardiographie, eine graphische Methode zur Bestimmung des kindlichen Lebens vor der Geburt. Schweiz. Med. Wochenschr. 69; 1939: 217-218)
- ⁴³ St. Hales: Statical Essays containing Haemastaticks or an Account for some Hydrostatical Experiments made on the Blood and Blood-Vessels of Animals. Vol.1-2, London, bei W. Innys und R. Manby, 1733. St. Hales studierte in Cambridge Physik und Astronomie, war bereits 1717 Mitglied der Royal Society. Für seine "Haemastaticks" erhielt als erster Physiologe die Copley-Medaille der Königlichen Gesellschaft, eine Auszeichnung, die nach ihm erst W. M. Bayliss 1919 zugesprochen wurde.
- ⁴⁴ Es klingt nicht nur modern, es wird geradezu unheimlich, wenn Hales in seinem 9. Experiment über "Resistence which the Blood meets with in those capillary Passages" und "Visciduity or Fluidity of the Blood" oder über "Constriction or Relaxation of those fine Vessels" und " Force of the Blood in the Capillary Vessels" spricht. Joseph Priestley fand 1775 eine sehr bemerkenswerte Passage bei Hales, in dem er die "Diffusionstrecke"(im heutigen Sprachgebrauch) zwischen Lungenbläschen und Erythrozyten mit 1/100 Zoll (=0,254 mm), irrtümlich als 1/1000 Zoll, angibt ("the blood.. never comes into actual contact with the air in the lungs, but is separated from it, though as Dr. Hales states it, at the distance of no more than a thousandth part of an inch" (zit. Fulton und Wilson, 1966, p131). In der Deutung von J. F. Nunn ist damit das Durchmesser der Alveoli gemeint. In diesem Fall hatte Hales mit 0,254 einen erstaunlich guten Annäherungswert erreicht (das mittlere alveoläre Durchmesser beträgt bei normaler FRC 0,2 mm; J. F. Nunn: Applied respiratory physiology, Butterworths, London, 1987, p12).
- ⁴⁵ Eine detailliertere Darstellung der Entwicklung der Blutdruckapparate findet der Leser in der Monographie von Naqvi und Blaufox, 1998.
- ⁴⁶ Originalarbeiten von und über Gaertners Tonometer finden sich in: G. Gaertner: Ueber einen neuen Blutdruckmesser (Tonometer). Aertzliche Polytechnik 21; 1899:93-96, G. Gaertner: Ueber das Tonometer. Münch. Med. Wschr. 28. Aug. 1900, S.1195 sowie seine 3. Mitteilung in der Münch. Med. Wschr. 22. März 1904
- ⁴⁷ H. Cushing: Boston Med. & Surg. Journ. 148; 1903:250-56
- ⁴⁸ Charakteristisch für den Empfang der Auskultation in Boston ist das "Stethoscope Song" von Sir O. W. Holmes:
 „Now such as hate newfangled toys
 Began to look extremely glum;
 They said that rattles were made für boys
 And vowed that his buzzing was all a hum" (ISIS 33; 1941:244). (Dies war nicht übertrieben: In den fünfzig Jahren des vorigen Jahrhunderts fand sich noch kein einziges Stethoskop in dem Massachusetts General Hospital!)
- ⁴⁹ H. Hesse: Autotonograph und fortlaufende Blutdruckmessung. Zschr. f. Kreislaufforsch. 27; 1935: 473-491
- ⁵⁰ Nach K. Lange: Die fortlaufende selbsttätige Messung und Registrierung des menschlichen Blutdruckes. Deutsch. Med. Wschr. März 1932: 406-407
- ⁵¹ W. Forssmann: Die Sondierung des rechten Herzens. Klin. Wschr. 8;1929:2085-87 (Heft 45, 5. Nov. 1929)
- ⁵² H. Berger: Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. Arch. f. Psych. Nervenkrankh. 87; 1929:527-70
- ⁵³ F. Nightingale: Notes on hospitals, 3rd ed., Longman & Green, London, 1863, p89 (zit.:H. Bause, P. Lawin: Die geschichtliche Entwicklung der Intensivmedizin in Deutschland. Folge 9: Die bauliche Entwicklung von Intensivbehandlungsstationen. Anaesthesist 48; 1999:642-653).
- ⁵⁴ C. E. Menzel, H. Perco: Münch. Med. Wschr. 1869; 25:753 und J. T. Whittaker: Clinic 1876: 10: 37 (zit.: C. Puchstein: Die Entwicklung der parenteralen Ernährung. Anaesthesist 1999; 48:827-837).
- ⁵⁵ D. R. Barr: Some considerations of the Sphygmotonogram. Anesthesia Analgesia Curr. Res. 1929; 8:91-94

Tab. 2: Entwicklung der Intensivmedizin: Begünstigende Faktoren und Ereignisse

- 1) Einrichtung eines Wachzimmers für Frischoperierte (M. Kirschner, Tübingen, 1930 ¹, F. Sauerbruch, Berlin, St. Mary's Hospital, Rochester, Minnesota, 1942)
- 2) Konstruktion von Respiratoren ² und Eiserner Lunge (Ph. Drinker und McKhann, 1928)
- 3) Beschreibung der "Zweitkrankheit" ("maladie post-opératoire anatomique") als uniforme Störung von "milieu interne" (B. Leriche, 1931) ³
- 4 Zunahme von Vergiftungen und traumatischer Epidemie nach dem II. Weltkrieg
- 5) Poliomyelitisepidemien (1947-1952 in Deutschland, 1952 in Skandinavien) ⁴
- 6) Entdeckung der Antibiotika (1928: Penicillin, 1944: Streptomycin)
- 7) Einführung moderner Anästhesieverfahren (Muskelrelaxantien, 1942 ⁵, kontrollierte Hypotension ⁶, kontrollierte Hypothermie ⁷ und extrakorporaler Kreislauf) sowie Entwicklung der Thorax- und Kardiochirurgie (nach 1904)
- 8) Theorie und Praxis der vegetativen Blockade und künstlichen Hibernation ⁸
- 9) Konzept der prophylaktischen und therapeutischen Beatmung bei postoperativen Lungenkomplikationen (V. O. Björk, nach 1960)
- 10) Erste deutschsprachige Lehrbücher über die (postoperative) Intensivbehandlung (K. Wiemers et al, 1957, P. Lawin, 1968, R. Satter und R. Dudziak, 1971) ⁹
- 11) Etablierung einfacher Reanimationsmaßnahmen in der Notfallmedizin ¹⁰
- 12) Entwicklung extrakorporaler Entgiftungsverfahren (Dialyse, Hämo-perfusion)

1) M. Kirschner, 1930: Chirurg 2:30-36 (zit. 48)

2) Pulmotor (H. Dräger, 1907), H. H. Janeway: Ann. Surg. 1913; 58:927, Spiropulsator von C. Crafoord und E. Andersson 1940 (E. Andersson :Acta Otolaryngol. 1940; 28:95)

3) R. Leriche: De la maladie post-opératoire anatomique. Presse Med. 1931; 41:61

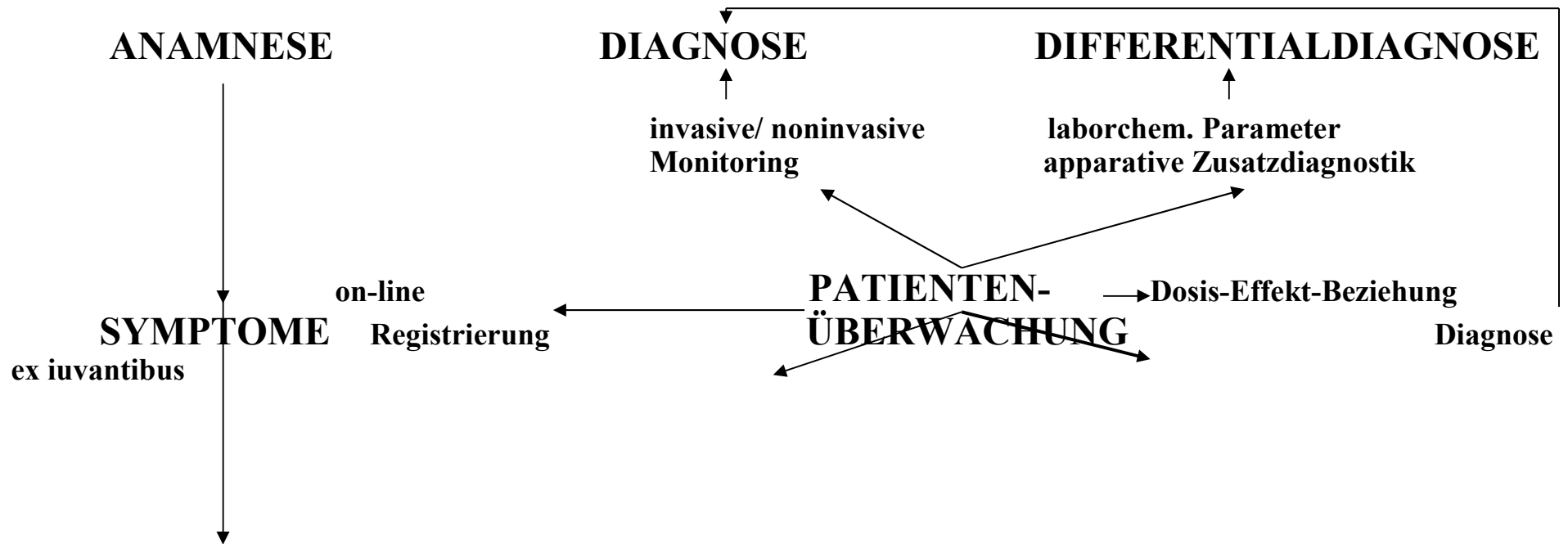
4) R. Aschenbrenner, A. Dönhardt, K. Foth: Künstliche Dauerbeatmung in der Eisernen Lunge. Münchn. Med. Wschr. 1953; 95:748-51, B. Ibsen: The anaesthetist's viewpoint on treatment of respiratory complications in poliomyelitis during the epidemic in Copenhagen. Proc. Roy. Soc. Med. 1954; 47:72

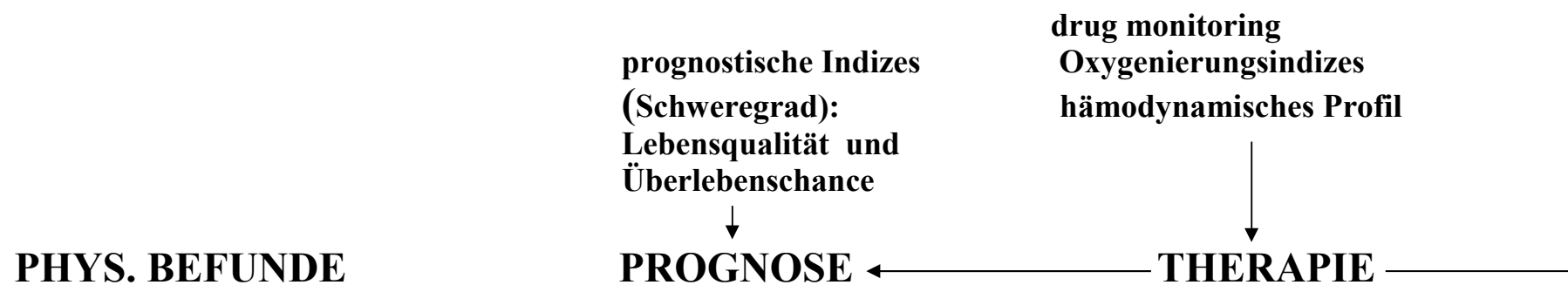
5) H. R. Griffith, E. Johnson: Anesthesiology 1942; 3:418

6) Zwischen 1948 und 1952 (J. Gillies: Ann. Roy. Coll. Surg. 1948; 7:204, G. E. H. Enderby, M. H. Davison, C.F. Korkis et al.: Proc. Roy. Soc. Med. 1951; 44:829)

- 7) B. A. Cookson, W. B. Neptune, C. P. Barley: Dis. Chest 1952; 22:245, W. O. McQuiston: Ped. Clin. North Amer. 1954; 1:147 und J. S. Lewis, M. Pacific: Surgery 1953; 33:52
- 8) P. Huguenard: Essais d'anesthésie générale sans anesthétique. Anesthésie Analgesie 1951; 8:5-33, P. Huguenard: Hibernation artificielle. Anaesthesist 1954; 3:32-35
- 9) K. Wiemers, E. Kern, M. Günther und H. Burchardi: Postoperative Frühkomplikationen. Thieme V., Stuttgart, 1957, P. Lawin, Hrsg.: Praxis der Intensivbehandlung. Thieme V., Stuttgart, 1968, P. Satter, R. Dudziak: Frischoperiertenstation und Intensivpflege. Barth V., Heidelberg/München, 1971
- 10) Adrenalin für die CPR (G. W. Crile, D. H. Dolley: J. Exp. Med. 1906; 8:713), Defibrillation (W. B. Kouwenhoven, O.R. Langworthy: JAMA 1973; 226:877) und Technik der geschlossenen Herzmassage und Beatmung mit der Ausatemluft des Atemspenders (J. O. Elam, E. S. Brown, J. D. Elder, Jr.: NEJM 1954; 250:749, W. B. Kouwenhoven, J. R. Jude, G.G. Knickerbocker: JAMA 1960; 173:1064)

Tab. 3: Flußdiagramm der Grundpfeiler medizinischen Handelns: die zentrale Rolle der Patientenüberwachung





Kurze Geschichte der Nosologie unter diagnostischen und therapeutischen Gesichtspunkten (nach Gross und Löffler, 1998, modifiziert und ergänzt):

Periode	Entwicklung von Diagnostik	Therapie
Altertum-Mittelalter und frühe Neuzeit (bis 1750)	Spekulationen, traditionelle Überlieferung Empirie	Spekulationen Überlieferung Empirie, Experimente
1750-1850	Methoden unmittelbarer Untersuchung	Sektionsbefunde, Experimente
1850.1900	Ausbau der phys. und apparativen Diagnostik	Therapeutischer Nihilismus
1900-1950	Weitere apparative Fortschritte	Kausale Therapie

1950.2000

**Automation, elektronische Daten-
verarbeitung, Expertensysteme
Prävalenz und Validität
(statistische Methoden)**

**Überbehandlung
Breit deckende Maßnahmen
evidence-based medicine**

Entwicklung apparativer Herz- und Kreislaufüberwachung

(nach CIBA-Symposia,1939, 1955, Juhn, 1955, Ruhdorfer, 1982)

„Die Entdeckung des Blutdrucks war wichtiger als die Entdeckung des Blutes selbst“ (J. Müller)

1733: Stephen Hales' erste direkte BD-Messung am Pferd¹

1737: Stephen Hales: Hydraulischer Druck im Rohrsystem der Pflanzen ca. 5mal höher als der BD der Tiere²

1828: J. L. M. Poiseuille's „Haemodynameter“, eine Verbesserung des Instruments of Hales (ein U-förmiges Rohr mit Quecksilbermanometer)

1834: Vorstellung eines „Sphygmomètre“ von J. Hérisson

1847: C. Ludwig: Zur Kenntnis des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortenbogen³ mit seinem „Kymographion“

1850 H. v. Helmholtz registriert mit seinem „Myographen“ Muskelbewegungen

1853: K. v. Vierordt: Registrierung von Atembewegungen und Herzschlägen („Sphygmograph“)

1856: Erste BD-Messung am Menschen (J. Faivre)

1861: E. J. Marey: „Cardiograph“

- 1871: J. Czermak: „Kardioskop“ zur Dokumentation von Herzbewegung und –rhythmus**
- 1902: Mackenzie' „Polygraph“ zur simultanen Messung von 2 Pulswellen (venös und arteriell)**
- 1878: S. S. K. v. Basch: Sphygmomanometer mit Gummimembran, Flüssigkeits- und Quecksilbersäule zur Messung von Puls und Blutdruck⁴**
- 1896: S. Riva-Rocci veröffentlicht in Turin seinen Sphygmomanometer mit Oberarmmanschette, einem Gummiballon und einem Quecksilbersäule⁵**
- 1905: N. S. Korotkoff führt die auskultatorische Methode in die BD-Messung ein.**
- 1902: W. Cushing : BD-Messung bei Operationen als Routine⁶**
- 1905: G. Gärtner verbessertes Modell für Sphygmomanometer („Tonometer“)**

Fußnoten zur Tab.3:

¹ Stephen Hales (1677-1761): Statical Essays, London, 1733, „containing hae mostaticks, or an account of some hydraulik and hydrostatick experiments made on blood and bloodvessels of animals

² Stephen Hales: Vegetable Staticks, 1737, London

³ Im Johannes Müllers Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medizin, 1847

⁴ v. Basch veröffentlichte 1880 seine Arbeit „Über die Messung des Blutdruckes am Menschen“, wo er sein Sphygmomanometer beschrieb. Basch verwendete, wie auch J. E. Marey, eine trommelförmige Metallkapsel mit einer dünnen Gummimembran bespannt.

⁵ Scipione Riva-Rocci: Un nuovo sfigmomanometro. Gaz. Med. di Torino, 47(1896), Nr.50:981.1001

⁶ W. H. Cushing: Boston MEd. & Surg. Jour. 148 (1903) 250-256)

Entwicklung der apparativen Patientenüberwachung nach 1900
(s. a. Lit. (2,4, 12, 14, 18, 19, 23, 24, 25, 30, 37, 38, 45, 48, 58, 63, 68, 76, 80))

- 1899: Theoretische Grundlagen der Pulskonturanalyse (O. Frank)**
- 1902->Blutdruckmessung während der Narkose empfohlen (H. Cushing)**
- 1905->Pulskontroller (G. Gaertner)**
 ->Messung von syst. und diast. Blutdruck durch Auskultation (N.S. Korotkoff)
- 1912->Kontinuierliche, zentrale bedside Temperaturmessung**
- 1923-> Erste EKG-Überwachung im OP-Saal (E. König, W. Straub)**
- 1928-> Messung des HZV aus O_2 -Verbrauch und a-v- O_2 -Gehaltsdifferenz**
 -> Indikatorverdünnungsmethode nach Hamilton
 -> "Tonoszillograph" für kontinuierliche Blutdruckmessung (J. Plesch)
- 1929-> Entdeckung des Elektroenkephalogramms (H. Berger, ab 1924)**
- 1929-> Sondierung des rechten Herzens (W. Forßmann; vor ihm schon 1905 Bleichröder!)***
- 1936-> "Kardiotron" von F. v. Schürer zur kont. Messung von Puls, Blutdruck und inspiratorischem Atemzugvolumen**
- 1940> Pulmonalkatheterblut aus "wedge"-Position des Katheters (Dexter)**
- 1950->Elektronisches Thermometer, EKG, Blutdruckmeßgerät mit Registrierung und EEG+ Gefäßkanülierung für Hypothermie (Bigelow, 1950) und für Eingriffe mit dem Pumpoxygenator (Gibbon)**
- 1956->Polarographische Elektroden für Blutgasanalyse (L. C. Clark)**
- 1960->Cavakatheter (G. Gaertner, 1903, C. Burri)**
- 1964->Telemetrie in der Medizin**
- 1968->Erste moduläre Monitorsysteme****
- 1970-> Einschwemmkatheter (H. J. C. Swan, W. Ganz)**
- 1974-> Hämodynamisches Profil durch Pulskonturanalyse (R. Purschke, 1974, K. H. Wesseling et al., 1983)**
- 1974-> Transkutane Messung von pO_2 und pCO_2**
- 1974-> digitale Information statt analoge Datenerfassung**
- 1975-> Serienmäßige Produktion von Pulsoximeter (erstes Pulsoximeter bereits 1942 durch G. A. Millikan konstruiert)**
- 1995-> PC-Technologie wird in der Anästhesie und Intensivmedizin eingeführt**

(* Mit Hilfe eines Ureterkatheters, der über die Vena cava superior in den rechten Vorhof eingeführt wurde)

**1938: elektronische Relais, 1944: elektronische Röhre, 1968: integrierte Stromkreise und 1979: Transistortechnik)

(Beachte: Die im Text erwähnten Abbildungen sind bei den Verfassern. Kontakte sind über meinem e-mail: csaba@nemes.de möglich.)