

## Über atmungssynchrone motorische Rhythmen beim Decerebrationssyndrom des Menschen\*

H. R. Eggert<sup>1</sup> und F. Schepelmann †<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abt. Allgemeine Neurochirurgie der Universität, D-7800 Freiburg i. Br.

<sup>2</sup> Neurochirurgische Universitätsklinik Gießen, D-6300 Gießen, Bundesrepublik Deutschland

### Motor Rhythms Synchronous with Respiration in the Decerebration Syndrome of Man

**Summary.** Rhythmic somatomotor discharges in the EMG from arms and legs are recorded together with the respiration in decerebrated patients. The rhythms of 7–18/min are synchronous with respiration. The slow activations of 0.3–0.8/min are related to periods of acceleration with higher amplitudes of respiration. The quick rhythms above 2/min correlate with single respiratory movements. They are interpreted as a phenomenon of disinhibition of lower brain stem structures.

**Key words:** Decerebration – Motor rhythms – Respiration – EMG-periodicity – Man

**Zusammenfassung.** Perioden von atmungssynchronen EMG-Rhythmen der Extremitäteninnervation mit drei Frequenzen von 7–18/min, 2–4/min und 0,3–0,8/min wurden bei decerebrierten Patienten registriert. Die langsamsten motorischen Aktivierungen sind mit höherer Atmungsfrequenz und Amplitude korreliert. Die schnelleren Rhythmen entsprechen der Frequenz einzelner Atemzüge. Das Auftreten der Rhythmen wird im Rahmen tierexperimenteller Befunde und Beobachtungen am Menschen als Enthemmung niederer Hirnstammstrukturen gedeutet.

**Schlüsselwörter:** Decerebrationssyndrom – Motorische Rhythmen – Atmung – EMG-Perioden – Mensch

### Einleitung

Untersuchungen der motorischen Aktivität (MA) an decerebrierten Patienten [11] haben 3 verschiedene rhythmische Muster erkennen lassen. Diese Muster lassen sich nach Frequenz, Form und Amplitudenverhalten unterscheiden:

\* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (SFB 32)

1. Bei Decerebrationssyndromen und ihren Folgezuständen finden sich anfallsartige Steigerungen der MA in rhythmischer Folge mit einer Frequenz von 0,3–0,8/min mit sprunghaftem Anstieg und annähernd exponentiellem Abfall der MA, die bei einseitig überwiegend supratentorieller Schädigung auf der kontralateralen Seite betont sind. In einem Teil der Fälle ist dieser motorische Rhythmus von synchronen periodischen Steigerungen der Atemfrequenz und -amplitude begleitet.

2. Nicht nur bei Decerebrationssyndromen, sondern auch bei suprasellären Tumoren und bei spinalen Prozessen beobachtet man rhythmische Schwankungen der MA mit einer Frequenz von 2–4/min, wobei die Formen der an- und absteigenden Phasen annähernd gleich sind und die Amplituden seitenwechselnd überwiegen. Auch bei diesem schnelleren motorischen Rhythmus werden gleichzeitig periodische Veränderungen der Atmung in Form von Atemperioden bzw. Atemwogen mit derselben Frequenz nachgewiesen.

3. Ebenfalls bei Decerebrationssyndromen und ihren Folgezuständen wird während anfallsartiger Steigerungen der MA ein dritter motorischer Rhythmus deutlich; es kommt dabei zu rhythmischen Schwankungen der MA mit einer Frequenz von 12–18/min, wobei die Form der an- und absteigenden Phasen annähernd gleich ist und die Amplituden einseitig oder seitenwechselnd überwiegen.

Die bisherigen Befunde lassen vermuten, daß auch dieser dritte motorische Rhythmus Beziehungen zur Atmung hat. In der vorliegenden Untersuchung wird versucht, diese Beziehungen näher zu klären.

## Material und Methode

Bei 2 Patienten mit Decerebrationssyndromen nach Schädelhirntraumen aus einer Serie von 10 Patienten mit unterschiedlichen Schädigungen des zentralen Nervensystems fanden sich in 6 halbstündlichen Ableitungen der Muskelaktionsströme (EMG), der Atemkurve und der Pulsfrequenz die hier beschriebenen Rhythmen mit periodischer Aktivierung.

Die Untersuchungen wurden unter weitgehend standardisierten, konstanten Ruhebedingungen am liegenden Patienten vorgenommen. Von jeder Körperseite wurden die *Elektromyogramme* mit Oberflächenelektroden über dem M. biceps brachii, M. triceps brachii und M. gastrocnemius simultan abgeleitet und über Integratoren das Zeit-Spannungs-Integral der Muskelaktionsströme und deren Mittelwert errechnet. Die Mittelwerte von der rechten und der linken Körperseite sowie von den Armbeugern und Armstreckern wurden fortlaufend von einem Linienschreiber registriert. Die Atemkurve wurde von einem Thermistor (NTC-Widerstand) registriert. Das EKG und ein zweikanaliges EEG wurden mit Nadelelektroden abgeleitet. Auf einem Analogmagnetbandspeicher wurden simultan die Mittelwerte der integrierten Elektromyogramme (4 Kanäle), die Atemkurve, das EKG, das EEG (2 Kanäle) sowie Ereignismarkierungen (2 Kanäle), Untersuchungskommentar und Echtzeit registriert. Haltung und sichtbare Bewegungen des Patienten wurden schriftlich protokolliert. Zur Erkennung von Ableitungsartefakten wurden die 6 Elektromyogramme auf Oscilloskopen ständig beobachtet und alle drei Minuten von einem Lichtpunkttdirektschreiber registriert; ferner wurden 8 Kanäle der Bandaufzeichnung während der Ableitung oscilloskopisch direkt kontrolliert. Die analog aufgezeichneten Daten wurden digitalisiert, so daß sie in geeigneter Form polygraphisch dargestellt und weiterverarbeitet werden konnten. Durch den Vergleich der graphischen Darstellung der digitalisierten Daten mit der analogen Registrierung des Linienschreibers konnten Verarbeitungsartefakte erkannt werden. Ausführlicher wurde das Verfahren an anderer Stelle beschrieben [11].

## Ergebnisse

Im Folgenden werden das klinische Bild und charakteristische Ableitungen von zwei Patienten dargestellt.

### *Fall 1: Patient R.K., 64 Jahre, männlich*

*Diagnose.* Gedecktes Schädelhirntrauma mit linksseitigem Subduralhämatom, zwei Tage vor der Ableitung.

*Klinisches Bild.* Der Patient ist bewußtlos; die Pupillen sind seitengleich mittelweit, rund, mit prompter Lichtreaktion beiderseits, der Cornealreflex läßt sich seitengleich auslösen. Die Muskeleigenreflexe an Armen und Beinen sind seitengleich, mittelbhaft auslösbar, Pyramidenbahnzeichen finden sich nicht. Spontan kommt es wiederholt zu seitengleichem Beugen aller Extremitäten, auf Schmerzreize zum Strecken aller Extremitäten, links mehr als rechts. Der Patient ist nasotracheal intubiert und atmet spontan mit auffallend regelmäßig eingestreuten vertieften Atemzügen.

*Motorische Aktivität und Atmung.* Die MA ist insgesamt in der linken Körperseite höher als in der rechten und in den Armstreckern höher als in den Armbeugern. Es finden sich anfallsartige Steigerungen der MA in typischer Form (siehe Einleitung) mit weitgehend parallelem Verlauf auf der rechten und linken Körperseite sowie in den Armstreckern und -beugern. Vereinzelt steigt die MA in den Armbeugern jedoch initial höher an und fällt rascher ab als in den Armstreckern. Die Atemkurve zeigt inkonstante, vorübergehende Amplitudenvergrößerungen und vereinzelte Frequenzsteigerungen, parallel zu den anfallsartigen Steigerungen der MA.

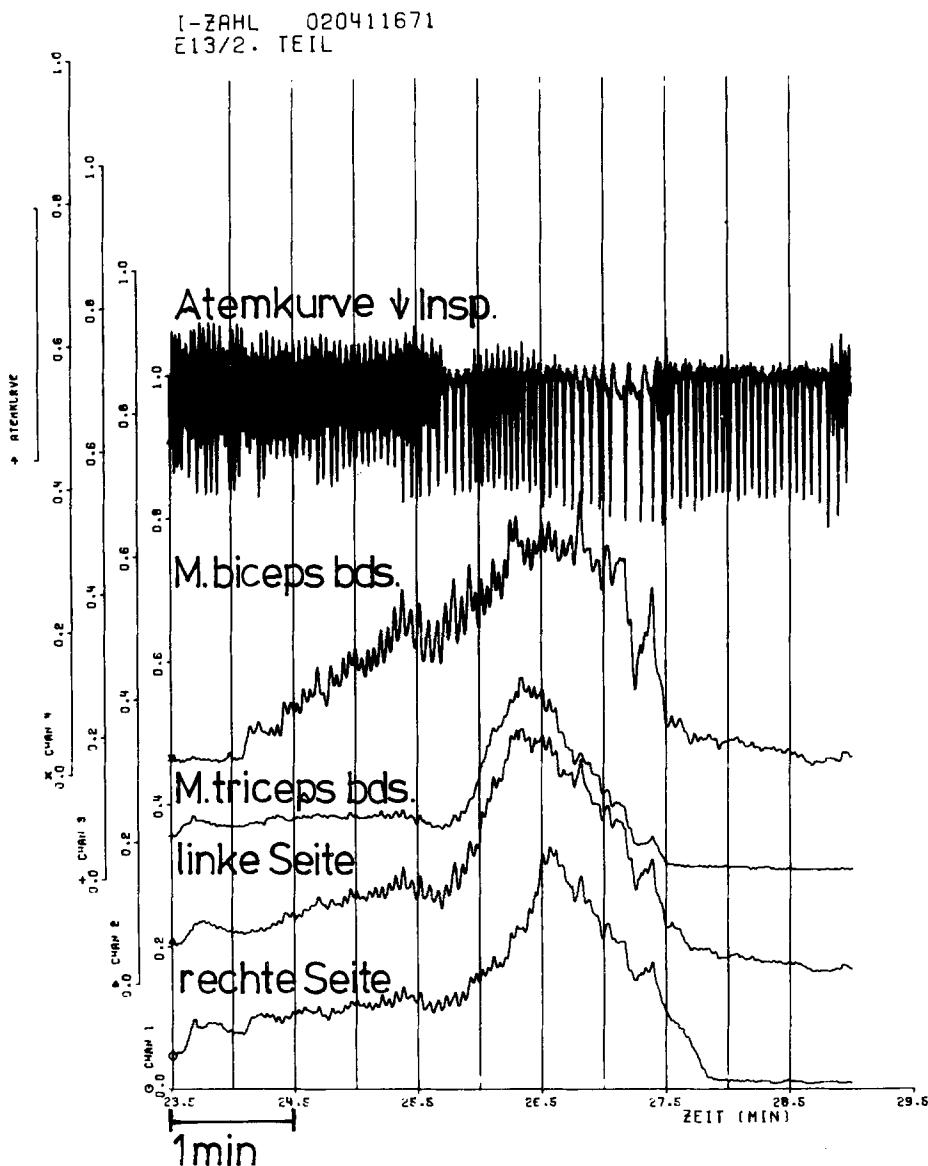
Wiederholt kommt es während einer Steigerung der MA zu rhythmischen Schwankungen der MA in einer Frequenz von 12–18/min (Abb. 1 und 2). Ihre Amplituden überwiegen seitenwechselnd; ihre an- und absteigenden Phasen haben die gleiche Form. Gleichzeitig kommt es zu vertieften Atemzügen in einer rhythmischen Folge mit einer Frequenz von 12–14/min. Während dieser 1–5 min anhaltenden Phasen sind nur geringe Bewegungen sichtbar; einmal kommt es zu einer geringen Streckung des linken Armes und einmal werden auf dem Höhepunkt der Steigerung der MA, synchron mit den vertieften Atemzügen, kurze Beugebewegungen beider Arme sichtbar. Dieses Verhalten wird bei verschiedenen Ableitungen im Abstand von einer Stunde beobachtet.

### *Fall 2: Patient H.M., 38 Jahre, männlich*

*Diagnose.* Gedecktes Schädelhirntrauma, fünf Tage vor der ersten Ableitung.

*Klinisches Bild.* Der Patient ist bewußtlos. Pupillen seitengleich mittelweit mit träger Lichtreaktion beiderseits, Cornealreflex seitengleich schwach auslösbar. Muskeleigenreflexe rechts lebhafter als links, Babinski beiderseits nicht auslösbar. Spontane, anfallsweise auftretende Strecktonussteigerungen der Arme beiderseits, rechtsbetont. Der Patient atmet über ein Tracheostoma spontan. Bis zur zweiten Untersuchung, 11 Tage nach dem Unfall, hat sich der klinische Befund nur geringfügig geändert; neben spontanen Strecktonussteigerungen aller Extremitäten, ist jetzt auch spontanes Beugen des rechten Armes zu beobachten. Im Hirnstrombild vom 13. Tag nach der Verletzung findet sich eine mittelschwere bis schwere Allgemeinveränderung mit einem Deltafocus frontal und temporal rechts.

*Motorische Aktivität und Atmung.* Bei der ersten Ableitung finden sich häufige Steigerungen der MA, unterbrochen von Phasen minimaler MA, ohne Schwankungen und Seitendifferenz. Die MA verhält sich auf rechter und linker Körperseite sowie in Armbeugern und -streckern weitgehend parallel. Insgesamt ist die MA der rechten Seite gegenüber der linken etwas vermehrt. Deutlich überwiegt die MA der Armstrekker die der Armbeuger. Die Atemkurve zeigt einerseits Frequenzsteigerungen während Steigerungen der MA, andererseits kommt es zu Amplitudenvergrößerungen, denen z.T. Steigerungen der MA folgen.



**Abb. 1.** Decerebrationssyndrom nach gedecktem Schädelhirntrauma mit linksseitigem Subduralhämatom und verminderten Abwehrreaktionen rechts (R.K.). Motorische Aktivität der rechten und linken Körperseite sowie der Armstrekker und Armbeuger und Atemkurve. *Chan. 1:* Integrierte EMG von M. biceps, M. triceps, M. gastrocnemius rechts. *Chan. 2:* Integrierte EMG von M. biceps, M. triceps, M. gastrocnemius links. *Chan. 3:* Integrierte EMG von M. triceps beidseits. *Chan. 4:* Integrierte EMG von M. biceps beidseits. Die Maßeinheit 1,0 entspricht dem Integral, das eine Spannung von  $100\mu\text{V}$  bei einer Frequenz von 100/s produziert. Während einer Steigerung der motorischen Aktivität kommt es zu Schwankungen der motorischen Aktivität mit einer Frequenz von 12–18/min. Gleichzeitig treten vertiefte Atemzüge mit einer Frequenz von 12–14/min auf. Schwankungen der motorischen Aktivität fehlen bei fehlender Steigerung der motorischen Aktivität

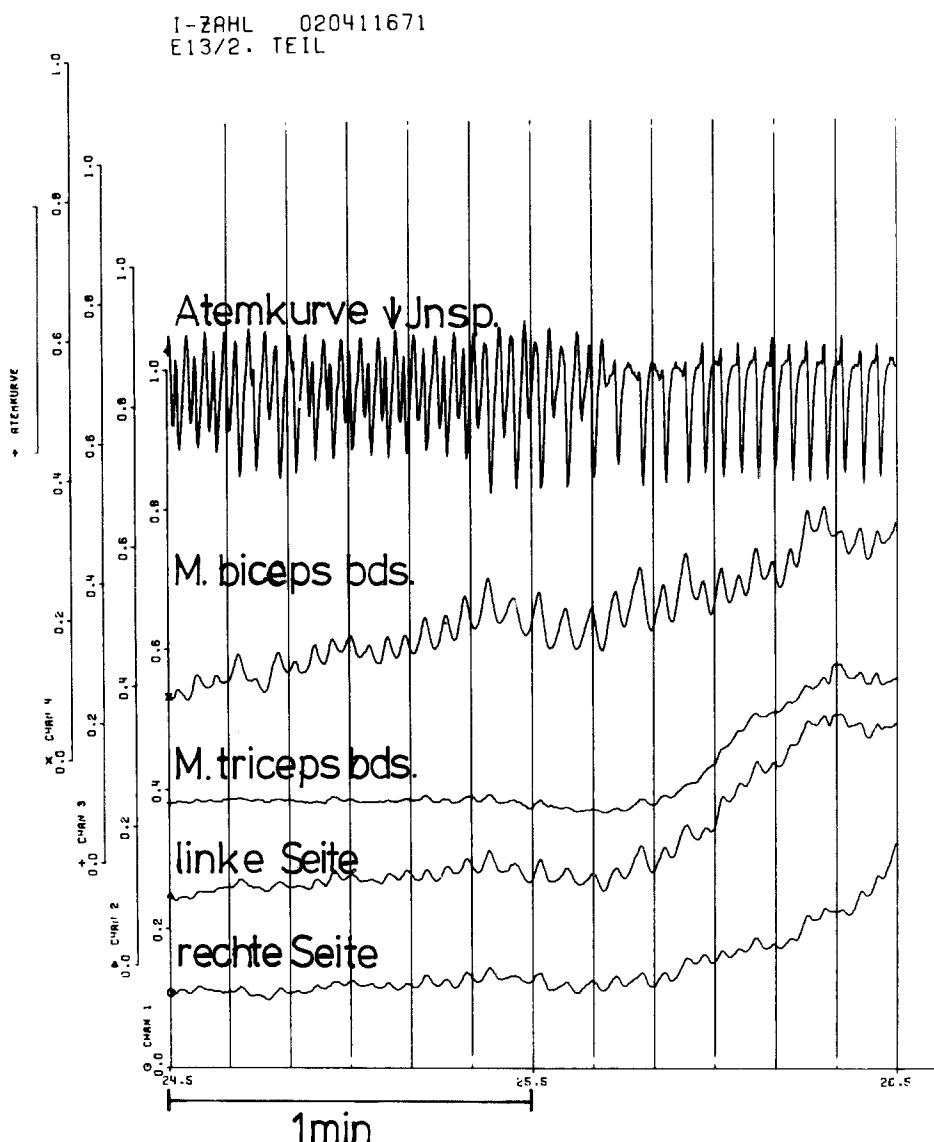


Abb. 2. Dreifach gedehnter Ausschnitt aus Abb. 1 (min 25,5 und 26,5): An- und absteigende Phasen der Schwankung der motorischen Aktivität haben die gleiche Form. Je mehr die Steigerung der motorischen Aktivität zunimmt, um so enger werden die Beziehungen zwischen vertieften Atemzügen und Schwankungen der motorischen Aktivität

Wiederholt werden während Steigerungen der MA rhythmische Schwankungen der MA in einer Frequenz von 7-8/min beobachtet. Ihre Amplituden zeigen kein deutliches Seitenüberwiegen, ihre an- und absteigenden Phasen haben die gleiche Form. Gleichzeitig treten vertiefte Atemzüge mit derselben Frequenz von 7-8/min auf (Abb. 3 und 4). Äußerlich sichtbar sind wiederholte Streckbewegungen und ein beinbetonter Tremor aller Extremitäten während der gesamten Ableitung. Dieses Verhalten wurde bei verschiedenen Ableitungen im Abstand von einer halben Stunde beobachtet.

I-ZAHL 130636311  
E9/1. TEIL

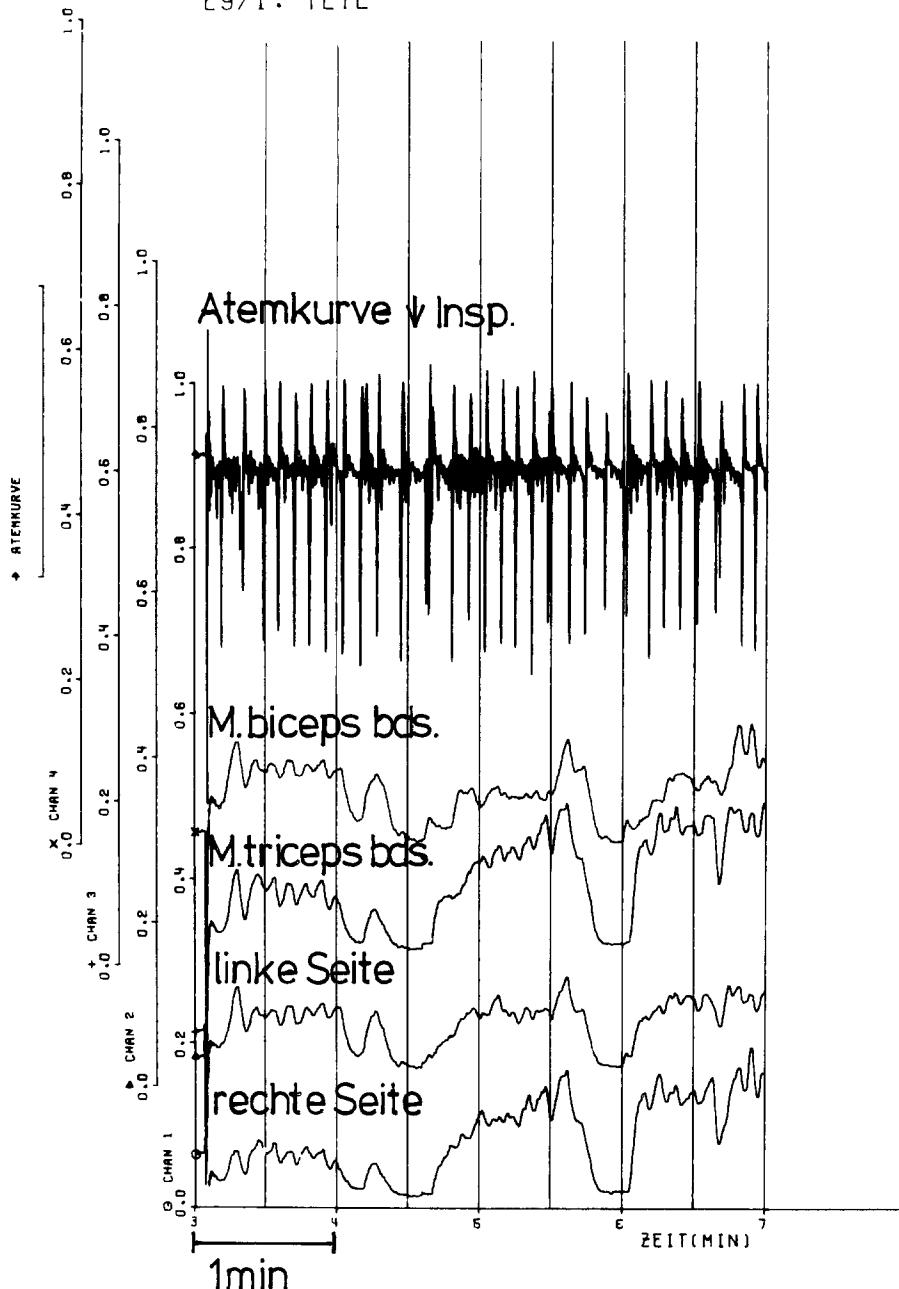


Abb. 3. Decerebrationssyndrom nach gedecktem Schädelhirntrauma (H.M.). Motorische Aktivität der rechten und linken Körperseite sowie der Armstrekker und -beuger und Atemkurve. Chan. 1: Integrierte EMG von M. biceps, M. triceps, M. gastrocnemius rechts. Chan. 2: Integrierte EMG von M. biceps, M. triceps, M. gastrocnemius links. Chan. 3: Integrierte EMG von M. triceps beidseits. Chan. 4: Integrierte EMG von M. biceps beidseits. Die Maßeinheit 1,0 entspricht dem Integral, das eine Spannung von 100  $\mu$ V bei einer Frequenz von 100/s produziert. Während Steigerungen der motorischen Aktivität treten Schwankungen der motorischen Aktivität mit einer Frequenz von 7–8/min auf. Gleichzeitig sind einzelne vertiefte Atemzüge mit einer Frequenz von 7–8/min sichtbar

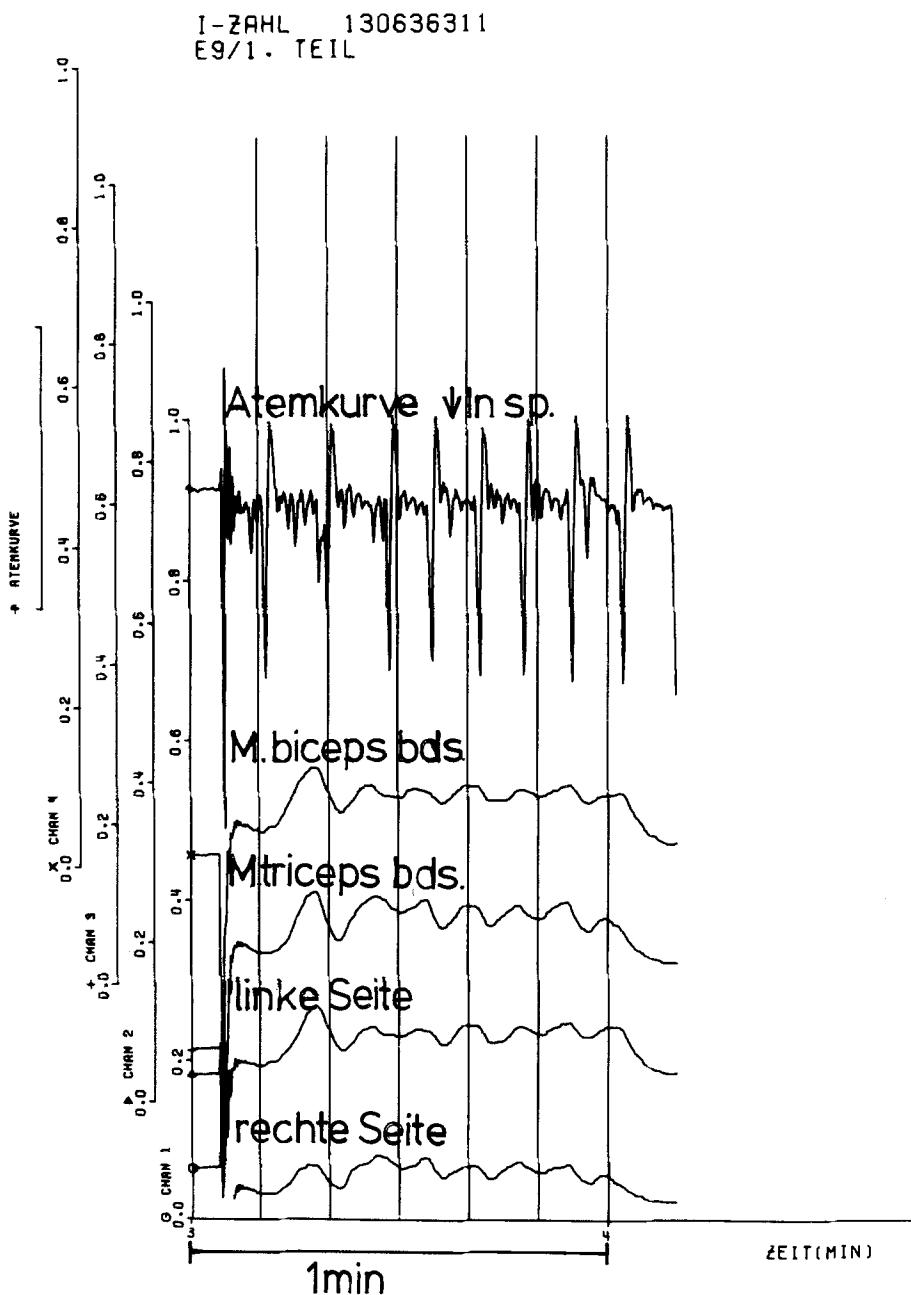


Abb. 4. Dreifach gedehnter Ausschnitt aus Abb. 3 (min 4): An- und absteigende Phasen der Schwankung der motorischen Aktivität haben annähernd die gleiche Form. Einzelne Schwankungen lassen sich einzelnen vertieften Atemzügen zuordnen

Bei einer zweiten Untersuchung, 11 Tage nach dem Unfall, lassen sich erneut bei Steigerungen der MA rhythmische Schwankungen der MA in einer Frequenz von 10–14/min beobachten. Bei seitenwechselndem Überwiegen der Amplituden ist die Form der an- und absteigenden

Phase annähernd gleich. Deutlicher erkennbar sind gleichzeitig vertiefte Atemzüge mit einer Frequenz von 10–14/min. Am deutlichsten ist die Korrelation zwischen den rhythmischen Schwankungen der MA und den rhythmisch vertieften Atemzügen während der stärksten Steigerung der MA. Äußerlich sichtbar sind wiederholte Streckbewegungen aller Extremitäten, überwiegend im rechten Arm, während der gesamten Ableitung. Dieses Verhalten wird bei verschiedenen Ableitungen im Abstand von 90 min beobachtet. Neben diesem atemzugssynchronen Rhythmus der MA mit einer Frequenz von 10–14/min sind bei diesen beiden Ableitungen rhythmische, anfallsartige Steigerungen der MA mit einer Frequenz zwischen 0,22–0,55/min zu beobachten, die mit gleichartigen rhythmischen Steigerungen der Atemfrequenz verbunden sind (siehe Einleitung).

**Zusammengefaßt** hatten beide Patienten, bei denen ein Decerebrationssyndrom mit einseitig überwiegender supratentorieller Läsion vorlag, Perioden von rhythmischen Schwankungen der MA, die synchron mit rhythmisch vertieften Atemzügen verliefen. Dieser motorische Rhythmus hatte eine Frequenz von 7–18/min; die Form der an- und absteigenden Phasen war annähernd gleich. Die Amplituden überwogen seitenwechselnd auf der rechten oder linken Körperseite. Die rhythmischen Schwankungen verliefen in der gesamten untersuchten Muskulatur parallel. Sie waren nur bei Steigerungen der MA und am deutlichsten auf dem Höhepunkt einer Steigerung erkennbar. Der Rhythmus trat in einem Fall zusammen mit einem anderen, atemzugssynchronen motorischen Rhythmus auf.

## Diskussion

Atemzugssynchrone, motorische Phänomene beschrieb Stern [12] 1936, der bei einem Fall von epidemischer Encephalitis anfallsweise auftretende ‚Polypnoe‘ mit einer Atemfrequenz von 50/min und kurze, synchrone Zuckungen der linken Hand sowie Adduktionszuckungen des linken Daumens beobachtet hatte, die im Schlaf nicht verschwanden. Ähnliche Befunde erhob Peiper [8]; er fand bei sterbenden Frühgeborenen zum Teil eine enge Beziehung zwischen periodischen und schnappenden Atemzügen, dargestellt an der Aufzeichnung der Zwerchfell- und Unterkieferbewegungen. Auf der Höhe der Atmungsaktivierung kam es zu Perioden von atemzugssynchron erscheinenden Unterkieferbewegungen. Aus Untersuchungen der motorischen Aktivität nach Schädigungen des Zentralnervensystems beim Menschen [11] ergaben sich Hinweise darauf, daß rhythmische Schwankungen der motorischen Aktivität mit einer Frequenz von 12–18/min, die bei Decerebrations-syndromen nachgewiesen wurden, ebenfalls atemzugssynchron verlaufen. Die hier beschriebenen Befunde zeigen, daß die vermutete enge Beziehung zwischen Extremitäten und Atmungsmotorik bei Decerebrationssyndromen tatsächlich besteht. Bei gesteigerter, motorischer Aktivität ließen sich rhythmische Schwankungen im Elektromyogramm synchron mit periodisch auftretenden vertieften Atemzügen registrieren, wobei die Frequenz dieser gemeinsamen Rhythmen zwischen 7 und 18/min lag.

Der Versuch einer Deutung dieser Erscheinung anhand länger bekannter tierexperimenteller Befunde mag gerechtfertigt sein. Für eine ontogenetisch frühe Beziehung zwischen Somatomotorik und Atemmotorik sprechen Befunde von Babak [1], der bei Fischembryonen vor Einsetzen der Kiemenatmung eine Steuerung der Somatomotorik durch Atemzentren nachwies. Nach Untersuchungen an Hundshaien kam LeMare [7] zu dem Ergebnis, daß eine Kopplung zwischen Lokomotionsrhythmen und Atemrhythmen besteht, die im Bereich der Medulla erfolgt. Ähnliche Beziehungen wiesen Barcroft und Barron [2] nach. Bei Schaf-

embryonen fanden sie mit der normalen Atmung gekoppelte Massenbewegungen, die im Lauf der intrauterinen Entwicklung verschwanden. Die Autoren lokalisierten die Verbindung zwischen Somatomotorik und Atemmotorik in die Gegend des Nucleus ruber [3]. Bemerkenswert ist, daß diese Koppelung zwischen Atmungsbewegungen und Somatomotorik in hypoxischen Zuständen wieder in Erscheinung trat. Diese Beobachtung entspricht einem Prinzip, das Jackson 1887 formulierte [5]. Danach treten bei Schädigung des hierarchisch geordneten Zentralnervensystems nach Ausfall phylogenetisch jüngerer, übergeordneter Strukturen untergeordnete, phylogenetisch ältere in Funktion, die normalerweise von übergeordneten Strukturen gehemmt werden. In diesem Sinne deutet Peiper seine Befunde mit dem Fortfall von Hemmungen, die im Normalfall von höheren auf niedere Teilzentren einwirken. Auch Pilleri [9] und Pilleri und Poeck [10] sehen als Ursache der von ihnen beobachteten rhythmischen motorischen Erscheinungen bei Morbus Pick und Morbus Alzheimer einen gleichartigen Mechanismus. Wie an anderer Stelle [11] näher ausgeführt, liegt die Deutung nahe, daß es sich beim Auftreten eines atemzugsynchronen Rhythmus der Extremitätenmotorik beim Decerebrationssyndrom des Menschen ebenfalls um ein Enthemmungsphänomen handelt.

Ob die langsamen periodischen Aktivierungen der Muskelinnervation und Atmung bei den nach Schädeltraumen decerebrierten Menschen den von pontinen Neuronen induzierten periodischen Tonusänderungen zwischen den REM-Perioden des Schlafes bei der chronisch decerebrierten Katze nach Mittelhirnschnitt [4, 6] vergleichbar sind, möchten wir offen lassen.

## Literatur

1. Babak E (1912) Über die provisorischen Atemmechanismen der Fischembryonen. *Zbl Physiol* 25: 370-374
2. Barcroft J, Barron DH (1937) The genesis of respiratory movements in the foetus of the sheep. *J Physiol (Lond)* 88: 56-61
3. Barcroft J, Barron DH (1937) Movements in midfoetal life in the sheep embryo. *J Physiol (Lond)* 91: 329-352
4. Bard P, Macht MB (1958) The behaviour of chronically decerebrate cats. In: Wolstenholme GEW, O'Connor CM (eds) *Neurological basis of behaviour*. Churchill, London, pp 55-75
5. Jackson JH (1887) Remarks on evolution and dissolution of the nervous system. *J Ment Sci (Lond)* 33: 25-48
6. Jouvet M (1972) The role of monoamines and acetylcholine containing neurons in the regulation of the sleep-waking cycle. *Ergebn Physiol* 64: 166-307
7. LeMare DW (1936) Reflex and rhythmical movements in the dogfish. *J Exp Biol* 13: 429-442
8. Peiper L (1963) Die Eigenart der kindlichen Hirntätigkeit. Leipzig
9. Pilleri G (1960) Über das Auftreten von ‚Kletterbewegungen‘ im Endstadium eines Falles von Morbus Alzheimer. *Arch Psychiat Nervenkr* 200: 455-461
10. Pilleri G, Poeck K (1964) Arterhaltende und soziale Instinktbewegungen als neurologische Symptome beim Menschen. *Psychiatr Neurol (Basel)* 147: 193-238
11. Schepelmann F (1979) Rhythmic patterns of motor activity after lesions of the central nervous system in man. *Acta Neurochir (Wien)* 49: 153-189
12. Stern F (1936) Epidemische Encephalitis (Economische Krankheit). In: Bumke O, Foerster O (Hrsg) *Handbuch der Neurologie*, Band 13. Springer, Berlin, S 307-500