

---

Der **Radiologe**

Radiodiagnostik, Radiotherapie, Nuklearmedizin, Sonographie

*4. Quartal 1983*

---

Begründet von L. Diethelm, R. Haubrich, O. Olsson, F. Strnad, H. Vieten

Herausgegeben von E. Boijesen, Lund · W.A. Fuchs, Bern · S. Grebe, Gießen  
F. Heuck, Stuttgart · E. Löhr, Essen · H. Pokieser, Wien  
M. Wannemacher, Freiburg · S. Wende, Mainz  
W. Wenz, Freiburg · E. Willich, Heidelberg

Schriftleitung F. Heuck, Stuttgart · E. Löhr, Essen · W. Wenz, Freiburg

Wissenschaftlicher Beirat A. Baert, Leuven · P. Bloch, Strasbourg  
M.W. Donner, Baltimore · L. Ekelund, Lund  
R. Felix, Berlin · H. Frommhold, Innsbruck  
F. Horváth, Budapest · G. van Kaick, Heidelberg  
J. Kolář, Praha · M. Kormanó, Turku  
B. Madsen, Århus · J. Obrez, Ljubljana  
L. Oliva, Genua · P.E. Peters, Münster  
G. Rosenbusch, Nijmegen · S. Takahashi, Nagoya  
E. Voegeli, Luzern · A. Wackenheim, Strasbourg

**Jahrgang 23, 1983**

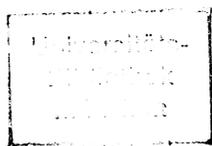
---



**Springer-Verlag**

**Berlin Heidelberg New York Tokyo**

# Inhaltsverzeichnis



- Adler, C. P., Klümper, A., Hosemann, W.: Intraossäre Angiographie von Knochentumoren 128
- Appell, R. G., Willich, E.: Die Röntgendiagnostik von Strukturveränderungen im Schambeinbereich bei Kindern und Jugendlichen. Eigene Kasuistik, Differentialdiagnose und Literaturübersicht 66
- Arlart, I. P., Dewitz, H. von, Rosenthal, J.: Verhalten von Blutdruck, renalem Plasmafluß und renalvenöser Reninaktivität bei renovaskulären Hypertonikern vor und nach PTA 219
- Aue, W. P.: Topische Kernspin-Resonanz – eine nichtinvasive Sonde für biochemische Messungen in Lebewesen 357
- Ball, F.: Leitsymptom Rückenschmerz beim Kind. Zum Spektrum radiologischer Befunde 163
- Bautz, W., Schindler, G.: Vergleichende Röntgenuntersuchung des Dünndarms mit Mono- und Doppelkontrast 295
- Becker, H., Vonofakos, D.: Diagnostische Bedeutung von Hirntumorverkalkungen im Computertomogramm 459
- Becker, V.: Divertikulose. Anatomische Aspekte 533
- Becker, W., Martin, A., Uhlenbrock, D.: Zerebrale Komplikationen bei Spätgestosen. CT-Darstellung 477
- Beyer, D., s. Krestin, G. P. et al. 319
- Beyer, D., s. Lorenz, R. et al. 47
- Birkner, P., s. Löhr, E. et al. 215
- Bockenheimer, St., s. Friedburg, H. 353
- Bockenheimer, St., s. Mathias, K. et al. 208
- Böhm, N., s. Reinbold, W.-D. et al. 229
- Brennecke, R., s. Bürsch, J. H. et al. 202
- Brenner, W., s. König, F. et al. 324
- Buck, J., Heuck, F. H. W., Reichardt, W., Ulbricht, D.: Die gutartigen Erkrankungen der Weichteile im Röntgen-Computer-Tomogramm 485
- Buck, J., s. Zieger, M. et al. 256
- Budach, V., Hartjes, H., Spira, G.: Rezidivierende blutige Pleuraergüsse bei Morbus Boeck? Oberbauchtumor unklarer Genese 95
- Budach, V., s. Löhr, E. et al. 215
- Bühler, H., s. Heer, M. et al. 233
- Bürsch, J. H., Hahne, H.-J., Brennecke, R., Heintzen, P. H.: Digitale Funktionsangiographie – eine Methode zur arteriellen Durchblutungsmessung 202
- Bulcke, J. A. L., Herpels, V.: Diagnostic value of CT scanning in neuromuscular diseases 523
- Čáp, F., s. Štěpán, J. et al. 371
- Cotta, H., Niethard, F. U.: Rücken- und Kreuzschmerzen – Erkennung und Behandlung 151
- Cramer, B. M., s. Galanski, M. et al. 437
- Czembirek, H., Sommer, G., Wittich, G., Tscholakoff, D., Salomonowitz, E.: Ergebnisse der Kolon-Doppelkontrast-Untersuchungen 304
- Czembirek, H., s. Salomonowitz, E. et al. 289
- Czembirek, H., s. Tscholakoff, D. et al. 265
- Czembirek, H., s. Wittich, G. et al. 312
- Deininger, H. K.: Pharmakologische Wirkung der Kontrastmittel bei der Angio-Densitometrie 567
- Deininger, H. K., Franzen, G.: Kreislauf- und Nebenwirkungen nicht-ionischer Kontrastmittel in der Arteriographie. Ergebnisse einer Doppelblindstudie 327
- Dewitz, H. von, s. Arlart, I. P. et al. 219
- Diankov, L., Velitschkov, L., Petkov, D., Nedelkov, G., Pampoulov, L.: Die Wertigkeit der Computertomographie zur Diagnostik der diabetischen Osteoarthropathie 560
- Dietemann, J. L., s. Wackenheim, A. 156
- Dietrich, G., s. Tölly, E. et al. 179
- Donhuijsen, K., Leder, L.-D.: Zur Pathologie der häufigsten malignen Weichteiltumoren 491
- Draws, U., s. Stoeter, P. 273
- Egenger, G., Helweg, G., Frommhold, H.: Sonographie des unteren Harntraktes 121
- Eibach, E.: Exzessive Weichteilverkalkungen bei Sklerodermie (Teuschländer-Syndrom). Ein Fallbericht 72
- Farthmann, E. H., s. Waldmann, D. 540
- Fiegler, W.: Hodensonographie in Immersionstechnik mit dem automatisierten Multisektor-Scanner (Octoson) 267
- Fiegler, W.: Vergleichsstudie Real-time-Ultraschall/Compound-Ultraschall bei Erkrankungen des Bauchraumes 260
- Frankenschmidt, A., s. Wimmer, B. 339
- Franzen, G., s. Deininger, H. K. 327
- Friedburg, H., Bockenheimer, St.: Klinische NMR-Tomographie mit sequentiellen T<sub>2</sub>-Bildern (Carr-Purcell-Spin-Echosequenzen) 353
- Friedburg, H., Hendrich, V., Wimmer, B., Riede, U. N.: Computertomographie bei komplexen Sprunggelenksfrakturen 421
- Friedmann, G., s. Peters, P. E. 502
- Frischkorn, R.: Die Strahlentherapie des Zervixkarzinoms 2
- Frommhold, H., s. Egenger, G. et al. 121
- Frühwald, F., Kovarik, J., Neuhold, A., Seidl, G.: Tumorartige Schleimbeutelverkalkungen infolge unkontrollierbarer Hyperphosphatämie bei chronischer Hämodialyse. Ein Fallbericht 529
- Fuchs, H. F.: Divertikelkrankheit des Kolon 545
- Fund, G.: Der radiologische Notfall. Colitis ulcerosa mit begleitendem Abszeß 85
- Galanski, M., Cramer, B. M., Thun, F., Peters, P. E., Vogelsang, H.: Radiologische Befunde bei der Neurofibromatose von Recklinghausen 437
- Gericke, D., s. Mühlberger, G. et al. 185
- Gericke, D., s. Mühlberger, G. et al. 434
- Glöbl, H. J.: Ausscheidungsurographie und Miktions-Zystourethrographie im Kindesalter 53
- Goos, F., s. Maurer, H.-J. 38
- Gospos, Ch., s. Seemann, W.-R. et al. 76
- Gottschalk, A., s. Mühlberger, G. et al. 185
- Gottschalk, A., s. Mühlberger, G. et al. 434
- Hahne, H.-J., s. Bürsch, J. H. et al. 202
- Hajek, P., Kumpan, W.: Zur Differentialdiagnose der Pharyngozele 88
- Hartjes, H., s. Budach, V. et al. 95
- Hartjes, H., s. Löhr, E. et al. 215
- Hauenstein, K., s. Wimmer, B. 387
- Heckemann, R., s. Rehwald, U. 114
- Heckemann, R., s. Wernecke, K. 248
- Heer, M., Pirovino, M., Bühler, H., Maranta, E., Schmid, M.: Megakolon als seltene Spätkomplikation des Diabetes mellitus 233
- Heintzen, P. H., s. Bürsch, J. H. et al. 202
- Heiss, H.-W., s. Mathias, K. et al. 208
- Helweg, G., s. Egenger, G. et al. 121
- Hendrich, V., s. Friedburg, H. et al. 421
- Hermodsson, I.: The development of coxarthrosis. A radiological follow-up of patients operated upon 378
- Herpels, V., s. Bulcke, J. A. L. 523
- Heuck, F.: Röntgen-Morphologie von Sportverletzungen der Apophysen des Beckenskelettes 404
- Heuck, F., s. Zieger, M. et al. 256
- Heuck, F. H. W., s. Buck, J. et al. 485
- Hirche, U.: Untersuchungen zu einem neueren Kontrastmittel der ionischen Gruppe (Rayvist® 300 und Rayvist® 350) 41
- Horvath, W., Oertl, M.: Pharmakophlebographie mit Dihydroergotamin 375
- Hosemann, W., s. Adler, C. P. et al. 128

- Jantsch, H., s. Wittich, G. et al. 312  
 Jönsson, L., s. Samuelsson, L. et al. 284  
 Johnson, P.J., s. Räh, U. et al. 108
- Kaick, G. van, s. Teubner, J. et al. 97  
 Kessler, M., s. Wirth, C.J. 389  
 Klümper, A., s. Adler, C.P. et al. 128  
 Kock, C.: Überlegungen zur computertomographischen Erfassung ausgedehnter Hirnverkalkungen bei Hypoparathyreoidismus 236  
 König, F., Kumpan, W., Brenner, W.: Morbus Cowden – „multiples Hamartome-Syndrom“ – mit gastrointestinalen Manifestationen 324  
 Kolář, J., s. Štěpán, J. et al. 371  
 Kovarik, J., s. Frühwald, F. et al. 529  
 Krestin, G.P., Beyer, D., Lorenz, R.: Extrakolisch-infiltrative Prozesse des Colon sigmoideum und rektosigmoidalen Überganges 319  
 Krestin, G.P., Peters, P.E., Lorenz, R.: Rechtsseitige Harnleiterobstruktion bei einer jungen Frau 239  
 Krokowski, E.: Kritische Bemerkungen zur Publikation von G. Mühlberger et al.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Tumorzellverschleppung nach Feinnadelpunktion 433  
 Küsters, H.: Computer in der Radiologie: Arztbrief-Erstellung und Praxisverwaltung mit COMRAD 361  
 Kumpan, W., s. Hajek, P. 88  
 Kumpan, W., s. König, F. et al. 324
- Ladner, H.-A.: Zur Prognose und Strahlentherapie des Korpuskarzinoms 12  
 Ladner, H.-A., Wenz, W.: Editorial 1  
 Lechner, G., s. Wittich, G. et al. 312  
 Leder, L.-D., Richter, H.J.: Über einige pathologisch-anatomische Substrate von Hochdruckschäden 193  
 Leder, L.-D., s. Donhuijsen, K. 491  
 Lochmüller, H.: Zur Stellung der Strahlentherapie bei der Behandlung des Vulvakarzinoms 24  
 Löhr, E., Budach, V., Birkner, P., Hartjes, H., Spira, G., Weichert, H. Chr.: PTA der Nierenarterien – ein therapeutisches Prinzip zur nicht-operativen Behandlung einer durch Nierenarterienstenose ausgelösten renovaskulären Hypertonie. Ein Erfahrungsbericht an einem Krankengut von 155 behandelten Patienten 215  
 Löhr, E., s. Schrijvers, A. et al. 512  
 Löhrinc, P., Rosengren, J.E.: Über die Röntgendiagnose der Schleimhautzyste der Kieferhöhle 553  
 Lorenz, R., Peters, P.E., Beyer, D., Mödder, U.: Akutes Abdomen nach Tablettenintoxikation 47  
 Lorenz, R., s. Krestin, G.P. et al. 239  
 Lorenz, R., s. Krestin, G.P. et al. 319  
 Lunderquist, A., s. Owmann, T. 139
- Maranta, E., s. Heer, M. et al. 233  
 Martin, A., s. Becker, W. et al. 477  
 Mathias, K., Bockenheimer, St., Reutern, G. von, Heiss, H.-W., Ostheim-Dzerowycz, W.: Katheterdilatation hirnversorgender Arterien 208  
 Maurer, H.-J., Goos, F.: Zur Anwendung des Medichrome-Films 38  
 Mironov, A., s. Thron, A. et al. 451  
 Mödder, U., s. Lorenz, R. et al. 47  
 Mühlberger, G., Gottschalk, A., Gericke, D.: Erwiderung zu den kritischen Bemerkungen von E. Krokowski 434  
 Mühlberger, G., Gottschalk, A., Gericke, D.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Tumorzellverschleppung nach Feinnadelpunktion 185  
 Müller, A., s. Teubner, J. et al. 97  
 Müller-Brand, J.: Der Rückenschmerz aus der Sicht des Nuklearmediziners 169  
 Muller, R.N., s. Rinck, P.A. et al. 341  
 Muller, R.N., s. Rinck, P.A. et al. 347
- Nabawi, P., Tan, W.S., Spigos, D.G.: Carotid-ophthalmic artery aneurysm. A report of two cases 137  
 Narr, H.: Die Aufklärungspflicht des Radiologen in der Praxis 241  
 Nedelkov, G., s. Diankov, L. et al. 560  
 Neuhold, A., s. Frühwald, F. et al. 529  
 Niethard, F.U., s. Cotta, H. 151
- Obrecht, J., s. Reinbold, W.-D. et al. 229  
 Oertl, M., s. Horvath, W. et al. 375  
 Ostheim-Dzerowycz, W., s. Mathias, K. et al. 208  
 Owmann, T., Lunderquist, A.: Pharmacologic manipulation of lower esophageal sphincter pressure. A possible means of treatment of variceal bleeding 139
- Pampoulov, L., s. Diankov, L. et al. 560  
 Petersen, S.B., s. Rinck, P.A. et al. 341  
 Petersen, S.B., s. Rinck, P.A. et al. 347  
 Peters, P.E., Friedmann, G.: Radiologische Diagnostik maligner peripherer Weichteiltumoren 502  
 Peters, P.E., s. Galanski, M. et al. 437  
 Peters, P.E., s. Krestin, G.P. et al. 239  
 Peters, P.E., s. Lorenz, R. et al. 47  
 Petkov, D., s. Diankov, L. et al. 560  
 Pirovino, M., s. Heer, M. et al. 233  
 Putz, R.: Zur Morphologie und Dynamik der Wirbelsäule 145
- Räh, U., Johnson, P.J., Williams, R.: Sonographische Diagnostik bei primären Karzinomen der Leber 108  
 Rau, W., s. Seemann, W.-R. et al. 76  
 Rauthe, G., s. Vahrson, H. 29  
 Rehwald, U., Heckemann, R.: Die sonographische Untersuchung der Milz 114  
 Reichardt, W., s. Buck, J. et al. 485  
 Reinbold, W.-D., Obrecht, J., Böhm, N.: Maligne Magenausgangstenose durch Karzinom in pylorusnaher Pankreasektomie 229  
 Reinbold, W.-D., s. Seemann, W.-R. 573  
 Reither, M.: Thorakale Sonographie im Kindesalter 49  
 Reutern, G. von, s. Mathias, K. et al. 208  
 Richter, H.J., s. Leder, L.-D. 193  
 Riede, U.N., s. Friedburg, H. et al. 421  
 Rinck, P.A., Petersen, S.B., Muller, R.N.: NMR-Ganzkörper-tomographie. Eine neue bildgebende Methode 341  
 Rinck, P.A., Petersen, S.B., Muller, R.N.: NMR-Ganzkörper-tomographie. Anforderungen an Geräte und Räumlichkeiten 347  
 Rodiek, S.O.: Metatypisches Basaliom, Kasuistischer Beitrag 480  
 Rodiek, S.O.: Nachweis zerebraler Komplikationen bei inneren Erkrankungen und bei Arzneimitteltherapie durch Computertomographie 471  
 Roost, W. Van, s. Wilms, G. et al. 385  
 Rosengren, J.E., s. Löhrinc, P. 553  
 Rosenthal, J., s. Arlart, I.P. et al. 219  
 Rotte, K.: Das ferngesteuerte Nachladeverfahren (Remote-Controlled Afterloading) für die intrakavitäre Kontakttherapie (Brachytherapie) gynäkologischer Karzinome 20  
 Russelt, J. Van, s. Wilms, G. et al. 385
- Salomonowitz, E., Wittich, G., Czembirek, H.: Ergebnisse der Doppelkontrast-Untersuchung des Dünndarms 289  
 Salomonowitz, E., s. Czembirek, H. et al. 304  
 Salomonowitz, E., s. Wittich, G. et al. 312  
 Samuelsson, L., Jönsson, L., Ståhl, E.: Percutaneous treatment of pulmonary tumors by electrolysis 284  
 Sauerwein, W., s. Schrijvers, A. et al. 512  
 Schäfer, H.: Die Arthrographie nach Sportverletzungen des Kniegelenkes 414  
 Scherer, E., s. Schmitt, G. et al. 518  
 Schindler, G., s. Bautz, W. 295  
 Schmid, M., s. Heer, M. et al. 233

- Schmitt, G., Schnabel, K., Scherer, E., Schulz, U.: Die Bedeutung der Strahlentherapie für die Behandlung der Weichteilsarkome 518
- Schnabel, K., s. Schmitt, G. et al. 518
- Schreyer, H., s. Tölly, E. et al. 179
- Schrijvers, A., Sauerwein, W., Löhr, E.: Wertigkeit der Computertomographie bei der Diagnostik von Tumoren und entzündlichen Prozessen des knöchernen Beckens 512
- Schroth, G., Thron, A.: Neuroradiologische Verlaufsdiagnostik konservativ behandelter Hirnabszesse 463
- Schulz, U., s. Schmitt, G. et al. 518
- Seemann, W.-R., Reinbold, W.-D.: Verkalkung im vorderen oberen Mediastinum 573
- Seemann, W.-R., Wimmer, B., Rau, W., Gospos, Ch., Wetterauer, U.: Sonographie, Urographie und Angiographie beim Nierenkarzinom. Eine vergleichende Untersuchung 76
- Seidl, G., s. Frühwald, F. et al. 529
- Smits, J., s. Wilms, G. et al. 385
- Sommer, G., s. Czembirek, H. et al. 304
- Spigos, D.G., s. Nabawi, P. et al. 137
- Spira, G., s. Budach, V. et al. 95
- Spira, G., s. Löhr, E. et al. 215
- Stáhl, E., s. Samuelsson, L. et al. 284
- Stampfel, G.: Wintersportverletzungen der A. carotis 426
- Štěpán, J., Šváb, V., Kolář, J., Šusta, A., Čáp, F.: Die Wirbelsäule und polytope Hyperostosen bei Gicht und Hyperurikämie 371
- Stigsson, L., Tylén, U.: 55° posterior oblique tomography of the pulmonary hilum in the evaluation of lung tumors 224
- Stoeter, P., Drews, U.: Vorgeburtliche Entwicklung der Hirnvenen und Sinus mit Varianten und Dysplasien 273
- Šusta, A., s. Štěpán, J. et al. 371
- Šváb, V., s. Štěpán, J. et al. 371
- Tan, W.S., s. Nabawi, P. et al. 137
- Teubner, J., Müller, A., Kaick, G. van: Echomorphologie der Brustdrüse. Vergleichende sonographische, radiologische, anatomische und histologische Untersuchungen von Mammapräparaten 97
- Thron, A., Mironov, A., Voigt, K.: Wie verlässlich ist die Diagnose spinaler Angiome im Myelogramm? 451
- Thron, A., s. Schroth, G. 463
- Thun, F., s. Galanski, M. et al. 437
- Tölly, E., Dietrich, G., Schreyer, H.: Die B-Bild-Sonographie der Arteria carotis 179
- Tröger, J.: Besonderheiten der Röntgendiagnostik der Synchrondros ischiopubica und des Femurkopfes beim Kind 59
- Tscholakoff, D., Czembirek, H., Wittich, G.: Sonographische Diagnose einer Kalkmilchzyste der Niere 265
- Tscholakoff, D., s. Czembirek, H. et al. 304
- Tylén, U., s. Stigsson, L. 224
- Uhlenbrock, D., s. Becker, W. et al. 477
- Ulbricht, D., s. Buck, J. et al. 485
- Vahrson, H., Rauthe, G.: Neuere Gesichtspunkte in der Therapie des Vaginalkarzinoms 29
- Velitschkov, L., s. Diankov, L. et al. 560
- Vogelsang, H., s. Galanski, M. et al. 437
- Voigt, K., s. Thron, A. et al. 451
- Vonofakos, D., s. Becker, H. 459
- Wackenheim, A., Dietemann, J.L.: Röntgendiagnostik bei Rückenschmerzen 156
- Waldmann, D., Farthmann, E.H.: Die Divertikulose des Kolons und ihre Komplikationen. Chirurgisch-klinische Aspekte 540
- Walk, L.: Liver size and its post-mortem change 189
- Walter, K.: Ungewöhnliche Divertikel – intramurale Oesophagusdivertikulose, intraduodenales Divertikel. Zwei Fallberichte 551
- Wannenmacher, M.: Bedeutung der Strahlentherapie beim Rückenschmerz 174
- Weichert, H. Chr., s. Löhr, E. et al. 215
- Wenz, W., s. Ladner, H.-A. 1
- Wernecke, K., Heckemann, R.: Die Bedeutung der Ultraschall-diagnostik bei Erkrankungen der Gallenblase und Gallenwege. Eine Übersicht 248
- Wetterauer, U., s. Seemann, W.-R. et al. 76
- Williams, R., s. Ráth, U. et al. 108
- Willich, E., s. Appell, R.G. 66
- Wilms, G., Roost, W. Van, Russelt, J. Van, Smits, J.: Biparietal thinning: correlation with CT findings 385
- Wimmer, B.: Fußschmerz eines Hürdenläufers 431
- Wimmer, B., Frankenschmidt, A.: Tumor am unteren Nierenpol? 339
- Wimmer, B., Hauenstein, K.: Ursache der Hydronephrose? 387
- Wimmer, B., s. Friedburg, H. et al. 421
- Wimmer, B., s. Seemann, W.-R. et al. 76
- Wirth, C.J., Kessler, M.: Sinnvoller Einsatz der radiologischen Diagnostik bei Sportverletzungen und Sportschäden 389
- Wittich, G., Czembirek, H., Jantsch, H., Lechner, G., Salomonowitz, E.: Röntgenmorphologie extramuraler Raumforderungen bei Doppelkontrast-Darstellung des Verdauungstraktes 312
- Wittich, G., s. Czembirek, H. et al. 304
- Wittich, G., s. Salomonowitz, E. et al. 289
- Wittich, G., s. Tscholakoff, D. et al. 265
- Zieger, M., Buck, J., Heuck, F.: Normvarianten der Nieren als Ursache des sonographischen Tumorverdachts 256

**Das Sachregister befindet sich auf den Seiten 579–580 des Bandes**

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte und benützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gemäß § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestraße 49, D-8000 München 2, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

Jeder deutsche oder ständig in der Bundesrepublik Deutschland oder Berlin (West) lebende Autor kann unter bestimmten Voraussetzungen an der Ausschüttung der Bibliotheks- und Fotokopiertantiemen teilnehmen. Nähere Einzelheiten können direkt von der Verwertungsgesellschaft WORT, Abteilung Wissenschaft, Anschrift s. oben, eingeholt werden.

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

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

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo

Druckerei: Georg Appl, Wemding

© Springer-Verlag GmbH & Co KG Berlin Heidelberg 1983

Printed in Germany

## Zur Morphologie und Dynamik der Wirbelsäule\*

R. Putz

Anatomisches Institut, Lehrstuhl III, Universität Freiburg i. Br.

### Morphology and dynamics of the vertebral column

**Summary.** The function of the vertebral column – the supporting axial component of the body – can only be understood by detailed knowledge of its structure. For this reason the first part of the article gives a report of the latest findings on the ligaments and zygapophysial joints of the vertebral column. Particular emphasis has been laid on the functional cooperation of these ligaments and joints during movements of the segments of the column. The second part of the paper is concerned with the dynamic behaviour of the column in children and young people, and is described in terms of the anatomical information given before. The damping capacity of the spinal column and its rigidity depend on both the age of the subject and the position of the body. In the axial direction the damping effect of the column is relatively slight, but it becomes markedly increased during ventral flexion.

**Key words:** Vertebral column – morphology – dynamics – measurement of acceleration – zygapophysial joints.

**Zusammenfassung.** Die Funktion des Achsenorgans der Wirbelsäule kann nur auf der Grundlage genauer morphologischer Kenntnisse verstanden werden. Im ersten Teil dieses Referates werden deshalb die Ergebnisse neuerer Untersuchungen an den Bändern und Wirbelbogengelenken vorgestellt. Besonders wird auf das Zusammenspiel von Bändern und Gelenken in der Endphase der Beweglichkeit der einzelnen Bewegungssegmente eingegangen. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil das dynamische Verhalten der Wirbelsäule bei Stoßbelastungen beschrieben. Grundlage dazu bildeten Beschleunigungs-

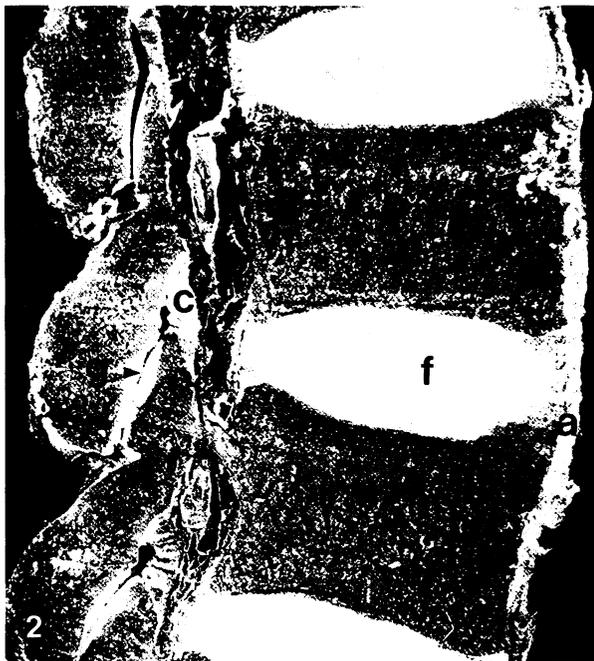
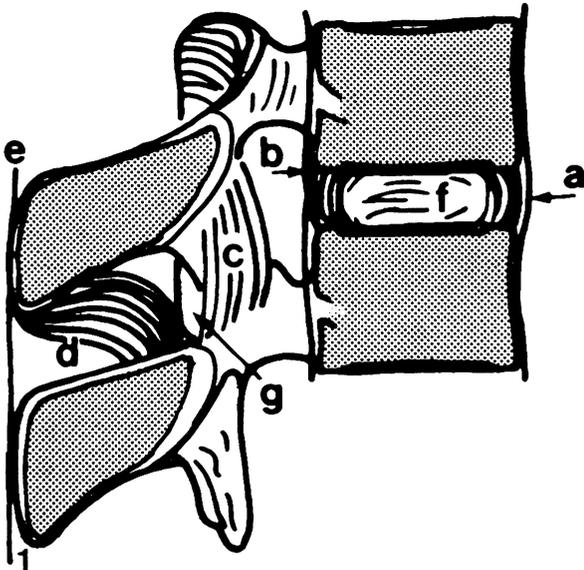
messungen an Kindern und Jugendlichen. Es zeigte sich, daß sowohl die Fähigkeit zur Stoßdämpfung als auch die Steifigkeit (Federstärke) der Wirbelsäule alters- und auch haltungsabhängig ist. In rein axialer Richtung ist die Dämpfungsleistung relativ gering, sie wird in erster Linie durch Ausbiegung nach dorsal erhöht.

**Schlüsselwörter:** Wirbelsäule – Morphologie – Dynamik – Beschleunigungsmessung – Wirbelbogengelenke.

Der technische Ausbau verschiedener neuer Methoden der morphologischen und funktionellen Diagnostik ergab die Notwendigkeit, die Bauelemente der Wirbelsäule detailliert neu zu untersuchen und darauf aufbauend das Verständnis für ihre funktionellen Aufgaben zu vertiefen. Die Funktion unseres Achsenorgans als Ganzheit kann erst auf der Basis des Zusammenspiels aller Bauelemente im Hinblick auf Diagnose und Therapie, besonders aber für eine wirksame Prophylaxe im weitesten Sinne, verstanden werden.

Im folgenden sollen hier zuerst einige morphologische Schwerpunkte und ihre Bedeutung im funktionellen Zusammenspiel innerhalb der Wirbelsäule dargestellt werden. Davon ausgehend werden neuere Ergebnisse zur Dynamik der Wirbelsäule vorgestellt, die aus einer Untersuchungsserie der letzten Jahre zum Schwingungsverhalten der Wirbelsäule stammen. Diese Messungen wurden an Kindern und Jugendlichen durchgeführt und erlauben damit eine Aussage zur Entwicklung der funktionellen Leistungsfähigkeit der Wirbelsäule. Sie sind zwar bei weitem noch nicht so standardisiert, daß sie für den routinemäßigen, klinischen Einsatz in Frage kommen, sie können aber das Verständnis für die Funktionsweise unseres Achsenorgans außerordentlich verbessern. Dabei wird hier der Begriff Dynamik im physikalischen Sinn verwendet, d. h. für die zusam-

\* Die Untersuchungen zur *Dynamik der Wirbelsäule* wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. O. Ennemoser, Institut für Medizinische Physik, Innsbruck, dem Institut für Anatomie, (Prof. Dr. W. Platzer) Innsbruck und dem Kinderspital, (Prof. DDr. E. G. Huber), Salzburg, durchgeführt.

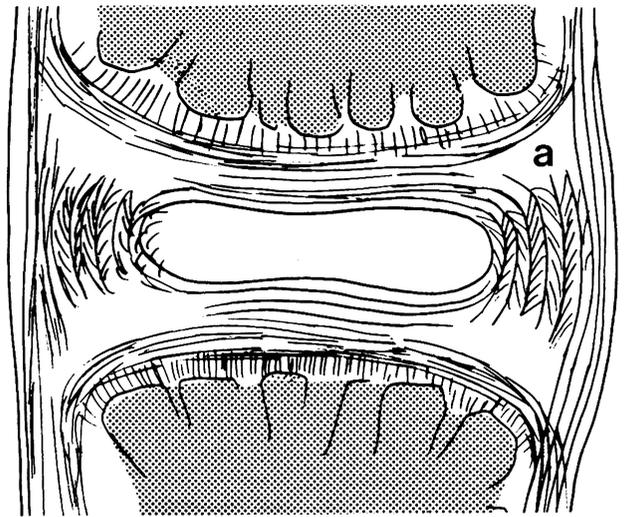


**Abb. 1.** Schema des „Bewegungssegmentes“ der Lendenwirbelsäule. *a* Lig. longitudinale anterior, *b* Lig. longitudinale posterior, *c* Lig. flavum, *d* Lig. interspinale, *e* Lig. supraspinale, *f* Discus intervertebralis (Annulus fibrosus und Nucleus pulposus), *g* Juntura zygapophysialis (Wirbelbogengelenk)

**Abb. 2.** Lendenwirbelsäule, Paramedianschnitt, Präparat (Legende siehe Abb. 1)

menfassende Beschreibung der physikalischen Faktoren (Kräfteeinwirkung), die eine bestimmte Beweglichkeit (Kinematik) bedingen.

Als Grundlage für die morphologisch-funktionelle Beschreibung der Elemente der Wirbelsäule hat sich der Begriff des „Bewegungssegmentes“, der von Junghanns (1930) geprägt wurde, eingeführt. Junghanns verstand darunter die einander zugewendeten Flächen zweier angrenzender Wirbel und alle sie verbindenden Einrichtungen, also Bänder, Bandscheibe und Gelenke. (Besonders wichtig erscheint



**Abb. 3.** Anordnung der kollagenen Fasern in der kindlichen Bandscheibe, Sagittalschnitt, Schema. In der knorpelig vorgebildeten Randleiste (*a*) bildet sich ca. um das 8. Lebensjahr ein ringförmiger Knochenkern aus, der bis ca. zum 18. Lebensjahr mit dem Körperkern synostosiert

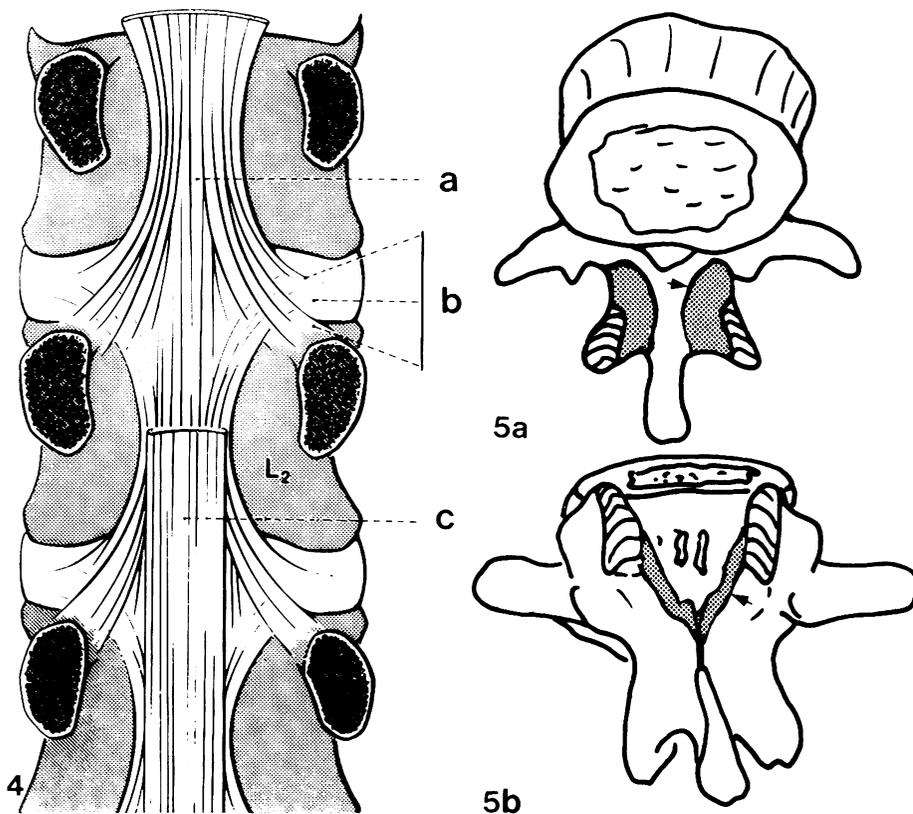
dabei der Hinweis, daß in dem Begriff „Bewegungssegment“ von Junghanns auch die Übergangszonen von Weichteilen zum Knochen – z. B. Insertionszonen der Bänder – einbezogen wurden.) Im Normalfall sind die Weichteilstrukturen mit den klassischen radiologischen Aufnahmeverfahren nicht darzustellen, dies hat erst die Computertomographie in jüngerer Zeit ermöglicht.

### Morphologische Vorbemerkungen

Sieht man vom Bereich der Kopf Gelenke, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ab, so besteht die Wirbelsäule aus 23 Bewegungssegmenten, die von den Anlagen her aus vergleichbaren Elementen aufgebaut werden: Discus intervertebralis mit Annulus fibrosus und Nucleus pulposus, die unelastischen Bänder (Ligg. longitudinalia anterior/posterior, Ligg. intertransversaria, Ligg. interspinalia, Lig. supraspinale), die elastischen Bänder (Ligg. flava) und die Wirbelbogengelenke (Articulationes zygapophysiales) (Abb. 1 und 2).

### Discus intervertebralis

Die Annuli fibrosi der Disci sind an den Randleisten der Wirbelkörper verankert, ihre zentralen Fasern strahlen in hyaline Knorpelplatten ein, die Grund- und Deckplatte der Wirbelkörper bedecken (Abb. 3). Der Nucleus pulposus wird damit von einer festen Hülle kollagener (also unelastischer) Faserbündel umgeben. Bei intaktem Faserring steht der Nucleus pulposus unter Spannung und ermöglicht damit eine Druckübertragung auf die gesamten angrenzenden Wirbelkörperflächen [4, 9]. So wird die Anordnung



**Abb. 4.** Lig. longitudinale posterius, Schema [7]. *a, b* Tiefen nach lateral ausstrahlender Anteil, der die oberen Bereiche der Disci intervertebrales freiläßt und in den oberen Randleisten sowie im Periost der Pediculi arcuum inseriert. *c* Oberflächlicher Anteil, über mehrere Segmente hinweg verlaufend

**Abb. 5a und b.** Insertionsflächen (Pfeile) der Ligg. flava an den Lendenwirbeln, Schema. *a* Lendenwirbel von unten, *b* Lendenwirbel von oben

der Spongiosa der Wirbelkörper verständlich, deren Bälkchen entsprechend der trajektoriiellen Beanspruchung zur Aufnahme axialer Druckkräfte ausgerichtet sind. Übersteigen allerdings lokale Spitzendrücke die Widerstandskraft der zentralen hyalinen Knorpelplatten, so entstehen Einbrüche, die als Schmorlsche Knötchen bekannt sind [10].

### Ligamenta

Ligg. longitudinalia anterius und posterius weisen einen grundsätzlich unterschiedlichen Verlauf auf. Während das Lig. longitudinale anterius fest mit der gesamten Vorder- (in der Lendenwirbelsäule auch Seiten-)fläche der Wirbelkörper verbunden ist und den Disci intervertebrales anliegt, zieht das Lig. longitudinale posterius über die einzelnen Wirbelkörperhinterflächen frei hinweg. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß das Lig. longitudinale posterius aus einer oberflächlich verlaufenden, durchgehenden Schicht besteht, unter der eine segmentale Folge tiefer gelegener Faserbündel liegt (Abb. 4). Diese tiefer gelegenen Fasern entspringen jeweils medial aus den Disci und strahlen nach kaudal hin in die oberen Randleisten, das Periost der Pediculi der Wirbelbögen und nur teilweise in die lateralen Bereiche der Annulli fibrosi [7] ein. Die Faserbündel durchflechten sich segmental und gehen im medialen Bereich eine feste Verbindung mit den Annulli fibrosi ein, die nach lateral ausstrahlenden Fasern bedecken nur den jeweils kaudalen Anteil der Annulli fibrosi.

Die Ligg. interspinalia sind in den einzelnen Wirbelsäulenregionen unterschiedlich strukturiert. Besonders wesentlich erscheint ihre nähere Beschreibung in der Lendenwirbelsäule [6]. Die ausschließlich segmental verlaufenden Ligamenta ziehen von der häufig etwas ausgezogenen Spitze des jeweils oberen Processus spinosus bogenförmig nach kaudal und ventral zur Basis des zugehörigen unteren Processus spinosus (Abb. 1). Daraus ergibt sich, daß sie primär keineswegs die Entfernung der Dornfortsätze begrenzen, sondern in erster Linie einer Dorsalverschiebung der Wirbel entgegenwirken, wie sie als Folge der Hebelwirkung über die Wirbelbogengelenke, auf die noch später eingegangen wird, sowohl bei Ventral- als auch Dorsalflexion eintritt. Aufgrund ihrer nahezu radiären Einstellung zum Ablauf der Sagittalflexion werden die Ligg. interspinalia der Lendenwirbelsäule erst in der Endphase dieser Bewegung gespannt. Sie bedingen damit – zusammen mit anderen Einrichtungen des Bewegungssegmentes – vor allem bei der Ventralflexion eine „weiche“ Begrenzung der Endphase dieser Bewegung.

Die elastischen Ligg. flava weisen regional sehr unterschiedliche Insertionsflächen auf. Während sie in der Halswirbelsäule medial der Wirbelgelenke zu liegen kommen, treten sie nach kaudal hin mehr und mehr vor die Wirbelgelenke. In der unteren Lendenwirbelsäule schließlich bilden sie die dicke Wülste, die einzelne „Recessus laterales“ des Wirbelkanals sogar einengen können (Abb. 1 und 5). Im Bereich der Vorderränder der Insertionsflächen treten oft Knochenvorsprünge auf, die mitunter groteske Größen errei-

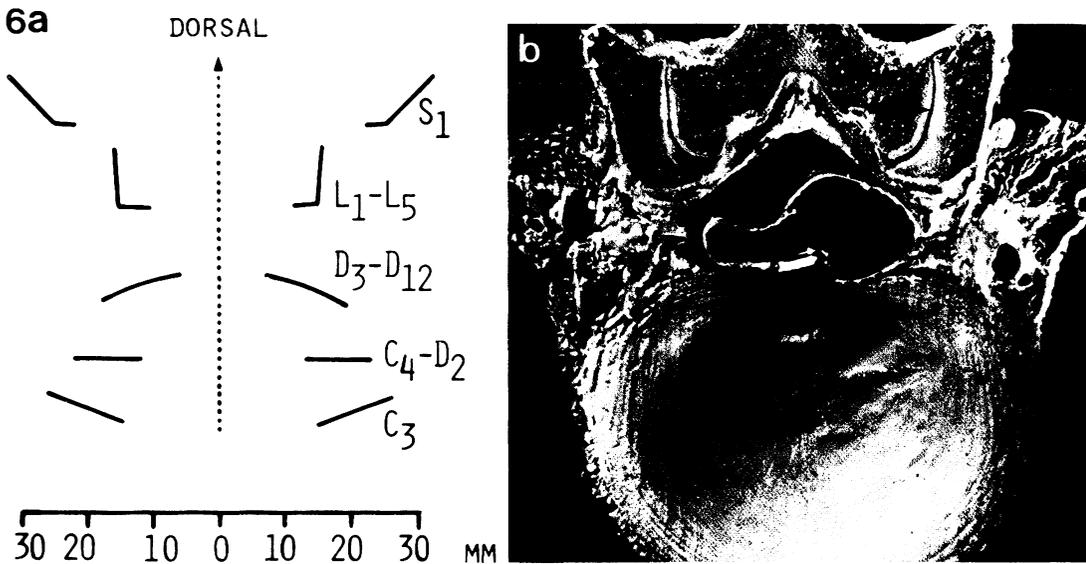


Abb. 6a und b. Ausrichtung der Gelenkspalte der Wirbelbogengelenke in der Transversalebene, a Schema nach Putz [8], b Transversalschnitt durch die Lendenwirbelsäule, Präparat. Beachte die Abwinkelung des Gelenkspaltes

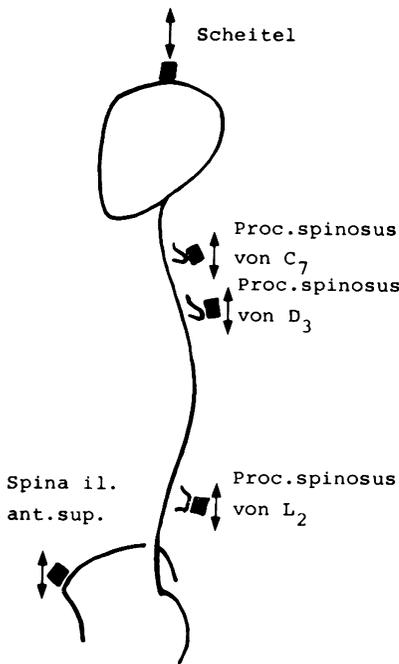


Abb. 7. Verschiedene Anbringensorte von Sensoren zur Beschleunigungsmessung: am Scheitel, über den Proc. spinosi von C<sub>7</sub>, D<sub>3</sub> und L<sub>2</sub> und an der Spina il. ant. sup

chen. Interessanterweise finden wir derartige Knochenzacken auch schon bei jüngeren Individuen [8].

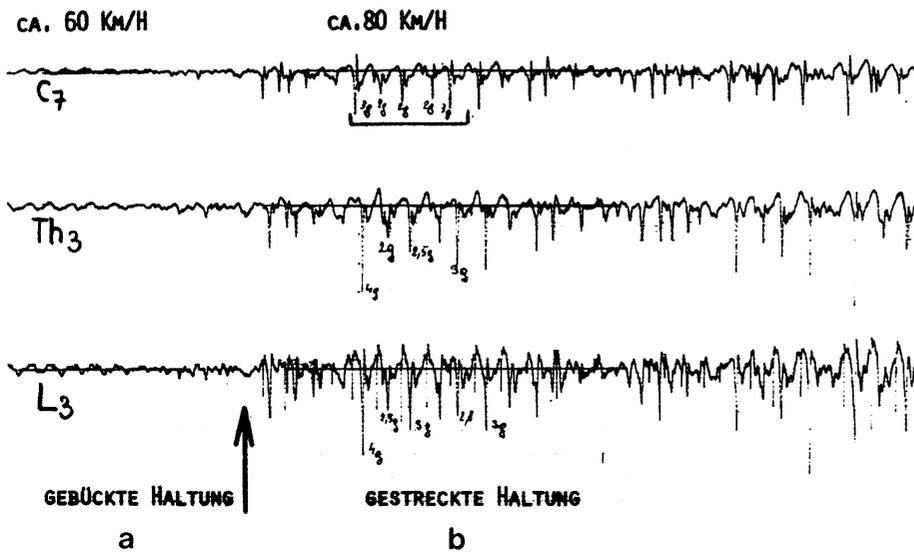
*Articulationes zygapophysiales*

Die Gelenkflächen der Wirbelbogengelenke werden häufig als plan und zwar in Hals- und Brustwirbelsäule eher frontal oder – in der Lendenwirbelsäule – eher sagittal ausgerichtet beschrieben. An einem größeren Material mazerierter und nichtmazerierter Wirbel konnte gezeigt werden, daß in der Ausrich-

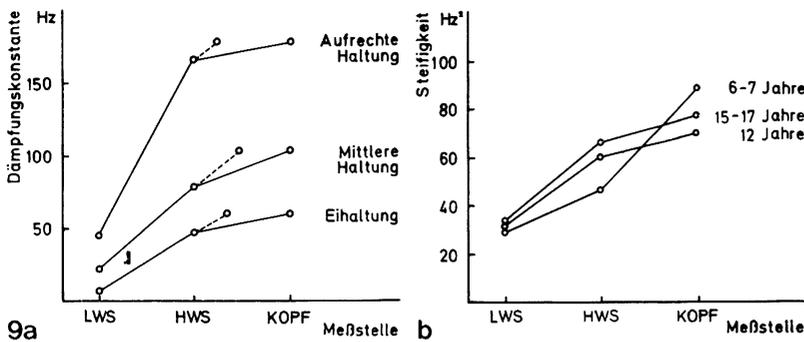
tung der Gelenkflächen ein über die gesamte Wirbelsäule hinweg bestehendes gemeinsames Prinzip liegt. Die Wirbelbogengelenke aller Regionen sind so ausgerichtet, daß sie in der Lage sind, sowohl axiale Kräfte, als auch nach vorne gerichtete Schubkräfte, wie sie bei verschiedensten Bewegungen auftreten, aufzunehmen [5, 8]. Der quantitative Anteil der axialen Druckkraft, den die Wirbelbogengelenke aufnehmen können, hängt von ihrem Neigungswinkel zur zugehörigen Wirbelkörperdeckplatte ab. Dieser ist an den Halswirbeln kleiner als an den Brust- und Lendenwirbeln, wo damit der Hauptanteil der Druckkraft von den Disci intervertebrales getragen werden muß.

Die Wirbelbogengelenke aller Bewegungssegmente sind außerdem in der Lage, nach ventral gerichtete Schubkräfte aufzunehmen, wie sie in Abhängigkeit von den Neigungswinkeln regional besonders bei Ventralflexion auftreten. Dies gilt auch für die Lendenwirbelgelenke, deren Gelenkflächen im allgemeinen abgewinkelt sind und aus einem kleineren, medialen – eher frontal eingestellten – und aus einem größeren, lateralen – eher sagittal eingestellten – Anteil bestehen (Abb. 6a, b). Radiologisch wird normalerweise nur der laterale Anteil dargestellt!

Aus der Einstellung der Wirbelgelenke läßt sich ableiten, daß die axiale Druckübertragung im einzelnen Bewegungssegment unter Normalbedingungen über drei Punkte erfolgt: Über den Discus intervertebralis, der sicherlich den größten Teil der Druckkraft aufnimmt, und über beide Wirbelbogengelenke. In Abhängigkeit von der Gesamthaltung der Wirbelsäule und der Verschieblichkeit benachbarter Wirbel zueinander kann sich allerdings die resultierende Druckkraft zu einzelnen Eckbereichen der Unterstützungsflächen hin verschieben. Die Wirbelbogengelenke können damit zu „Hebelpunkten“ bestimm-



**Abb. 8.** Aufzeichnung der Beschleunigungskurven beim Übergang von einer leicht gebeugten (a) in die aufrechte, gestreckte Haltung (b). Die Versuchsperson steht bei der Messung auf einem „Schütteltisch“, der vertikale Stöße von unten ausübt, entsprechend etwa dem Ablauf einer Schiabfahrt. Die Gelenkkette der unteren Extremität übernimmt in Beugehaltung den Hauptanteil der Stoßabsorption, bei Streckung werden die Stöße nur wenig verändert bis zum Kopf weitergeleitet



**Abb. 9a und b.** Dämpfungs- und Federungsverhalten der Wirbelsäule. **a** Die Dämpfungskonstante nimmt in Abhängigkeit von der Haltung von kaudal nach kranial hin zu. **b** Die Steifigkeit (= Federstärke) nimmt bei aufrechter Haltung ebenfalls von kaudal nach kranial hin zu. Auffallend ist, daß der obere Meßbereich (Halswirbelsäule) bei der Gruppe der 6-7-jährigen Kinder relativ härter als bei älteren Kindern ist

ter Bewegungen werden. Besonders gilt dies z. B. für die Endstellungen der Sagittalflexion in Hals- und Lendenwirbelsäule, in denen es zu einem Klaffen der Gelenkspalte kommt [1] und die Druckübertragung auf einen kleinen linienhaften Bezirk der Gelenkflächen eingeschränkt wird.

**Zur Dynamik der Wirbelsäule**

Dynamische Belastung der Wirbelsäule entsteht entweder im Verlauf von Bewegungen der Wirbel zueinander oder durch Stoßwirkung vornehmlich in axialer Richtung von kaudal her, wie sie im Alltag bei Schwingungen in Straßenfahrzeugen oder beim Gehen bzw. Laufen auftritt. Unter Vorstellung eines Verfahrens zur relativen und absoluten Messung von Beschleunigungen einzelner Wirbelsäulenabschnitte bei bestimmten Bewegungen sollen hier dynamische Vorgänge innerhalb des Achsenorganes bei der Fortleitung von Stößen beschrieben werden.

Die technische Grundlage dieser Methode beruht auf dem Einsatz von „Beschleunigungssensoren“, die aufgrund ihrer sehr geringen Masse empfindlich auf Änderungen der Beschleunigung reagieren können. Unter Einsatz einer Telemetrieanlage [2] und

der von Kaltschmidt [3] entwickelten Rechenmethode zur Begrenzung der Fehlerquellen dieses Verfahrens, führten wir Untersuchungen an Probanden verschiedenen Alters durch. Dabei wurde sowohl die Fortleitung von Einzelstößen, als auch niedrigfrequenter Schwingungen über die gesamte Wirbelsäule bei verschiedenen Haltungen verglichen (Abb. 7). Die Festsetzung der angewendeten Stoßgrößen beruht auf Vergleichsmessungen bei verschiedenen Sportarten (Schiifahren).

Mit Hilfe der genannten technischen Einrichtungen kann die Beschleunigungsänderung jeder einzelnen Meßstelle im Ablauf einer Bewegung als Kurve festgehalten werden. Aus dem Beispiel der Abbildung 8 geht hervor, daß in der Folge eines Aufsprunges oder von Stößen in der Wirbelsäule relativ hochfrequente Schwingungen auftreten. Ihre Größe wird maßgeblich von der Eigenfrequenz der Wirbelsäulenabschnitte bestimmt. Es ist selbstverständlich klar, daß die Meßergebnisse nicht nur Ausdruck des Schwingungsverhaltens der Wirbelsäule allein, sondern des gesamten Rumpfes darstellt. Die Messungen in verschiedenen Haltungen zeigen jedoch, daß die Wirbelsäule als Achsenorgan den Hauptanteil bei der Stoßfortleitung übernehmen muß.

Aus der Veränderung der Beschleunigungsamplituden zwischen den einzelnen Meßstellen läßt

sich die *Dämpfung* eines Stoßes innerhalb der Wirbelsäule ableiten. Die errechnete Eigenfrequenz einzelner Bereiche erlaubt uns eine Aussage über die *Steifigkeit* des jeweiligen Wirbelsäulenabschnittes.

Die Dämpfungskonstante, die sich aus der Abnahme der Beschleunigungsamplituden ergibt, stellt ein Maß für die Stoßabsorption dar. Sie nimmt nahezu linear von kaudal nach kranial hin zu, allerdings sind in Beugehaltung die Absolutwerte wesentlich größer, als in gestreckter Haltung (Abb. 9). Dies läßt den Schluß zu, daß innerhalb der einzelnen Bewegungssegmente nur eine geringe Stoßabsorption möglich ist. Eine ausgiebige Dämpfung durch das Achsenorgan erfolgt vielmehr über die Ausbiegung – vor allem durch Ventralflexion. Dies führt zur kräfteverzehrenden Dehnung der Rückenmuskulatur. Je nach Beugungsgrad können dabei die Wirbelgelenke ungünstigen – weil auf sehr kleine Flächen begrenzten – Belastungen ausgesetzt werden.

Die Eigenfrequenz der Wirbelsäulenabschnitte ist Ausdruck ihrer Steifigkeit. Auch sie nimmt von kaudal nach kranial hin zu. Bei Kindern unter 10 Jahren konnten dabei höhere Werte festgestellt werden als bei Jugendlichen. Auch die Steifigkeit ist haltungsabhängig, in der aufrechten Haltung etwas größer als in Beugehaltung (Abb. 9). Die Steifigkeit der Wirbelsäule, ihre „Federstärke“, wird bedingt durch das auf dem untersuchten Wirbelsäulenabschnitt lastende anteilmäßige Körpergewicht und die Spannung der Muskulatur.

Ein besonderes Phänomen, das in seiner Bedeutung für funktionsbedingte Umbauvorgänge an der Wirbelsäule noch nicht von uns gewertet werden kann, stellen Resonanzerscheinungen in einzelnen Wirbelsäulenabschnitten dar. Sie sind abhängig von der Stoßdauer und führen zu wesentlichen Erhöhungen der regionalen Belastung. So können etwa in kranial gelegenen Wirbelsäulenabschnitten höhere Beschleunigungswerte und damit Belastungen als kaudal davon auftreten!

Versuchen wir Dämpfungs- und Federungsverhalten der Wirbelsäule als Ganzes auf die Anteile der einzelnen Elemente zurückzuführen, so müssen wir feststellen, daß es innerhalb der einzelnen Bewegungssegmente gewissermaßen zu einer „Arbeitsteilung“ kommt. Die Disci intervertebrales sind nicht in

der Lage, axiale Stöße ausreichend zu absorbieren, ihr Anteil an der Funktion des Achsenorganes besteht vielmehr darin, Druck von Wirbelkörper zu Wirbelkörper möglichst gleichmäßig über die gesamten angrenzenden Wirbelkörperflächen zu verteilen. Dämpfung erfolgt in erster Linie über Ausbiegung als Ventralflexion und Dehnung der Rückenmuskulatur (natürlich auch der Ligg. flava), wobei den Wirbelgelenken vor allem in den Grenzbereichen der Bewegungsabläufe die Funktion von Hebelpunkten zukommt. Solange sie ein gewisses „Bewegungsspiel“ erlauben, ist eine fließende Kräfteabsorption möglich. Die Summation der Vorgänge im einzelnen Bewegungssegment über die gesamte Wirbelsäule ergibt erst eine beträchtliche, allerdings haltungsabhängige, Dämpfungsleistung.

### Literatur

1. Dittmar O (1930) Die sagittal- und lateralflexorische Bewegung der menschlichen Lendenwirbelsäule im Röntgenbild. Zur Mechanologie der Wirbelsäule. I. Mitteilung. Z Anat Entwicklungsgesch 92: 644
2. Huber EG, Kaltschmidt H, Tauffkirchen W (1976) Methodik und Technik kindersportärztlicher Untersuchungen. Pädiatr Pädiol 11: 489
3. Kaltschmidt H (1974) Telemetrische Datenübertragung. Acta Medico Techn 22: 302
4. Krämer J (1973) Biomechanische Veränderungen im lumbalen Bewegungssegment. Wirbelsäule Forsch Prax 58
5. Kummer B (1981) Biomechanik der Wirbelgelenke. Wirbelsäule Forsch Prax 87: 29
6. Prestar FJ (1981) Morphologie und Funktion der Ligamenta interspinalia der Lendenwirbelsäule. Morphol Med 2: 53
7. Prestar FJ, Putz R (1982) Morphologie und Funktion des Ligamentum longitudinale posterius. Morphol Med 3: 181
8. Putz R (1981) Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. Norm Pathol Anat 43
9. Schlüter K (1965) Form und Struktur des normalen und des pathologisch veränderten Wirbels. Wirbelsäule Forsch Prax 30
10. Schmorl G, Junghanns H (1968) Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. Thieme, Stuttgart

Prof. Dr. R. Putz  
Anatomisches Institut  
Lehrstuhl III  
Universität Freiburg  
Albertstraße 17  
D-7800 Freiburg i. Br.