

## Über die Heilung von Knochenlücken nach Impressions-Frakturen der Schädelkonvexität

D. STÖWSAND

Aus der Neurochirurgischen Abteilung (Leiter: Prof. Dr. E. BUES)  
der Chirurgischen Universitätsklinik der Christian Albrechts-Universität Kiel  
(Direktor: Prof. Dr. B. LÖHE)

Eingegangen am 19. Juli 1966

Bei der operativen Versorgung von Impressions-Frakturen (I.F.) des Schädeldaches ist es oft unvermeidlich, verschmutzte Knochenbruchstücke zu entfernen und so Knochendefekte zu schaffen. Die Frage, wie weit solche Knochenlücken spontan fest verheilen können und wann eine spätere plastische Deckung in Erwägung gezogen werden muß, ist von erheblicher praktischer Bedeutung. Erfahrungsgemäß sind die Spätbefunde über Schädel-Knochenlücken sehr verschiedenartig. Manche Defekte bleiben weich und pulsierend, während andere fest verheilt erscheinen und nur noch als Unebenheit zu tasten sind. Auch zeigt der Schädelknochen selbst eine auffallend unterschiedliche Regenerationstendenz: Schmale lineare Frakturlinien können radiologisch jahrzehntelang persistieren (MAYER; KRÖSL u. MIFKA; KOTSCHER), während in großen Trepanations-Defekten besonders bei Kindern eine ausgedehnte Knochen-Neubildung bis zur vollständigen spontanen Wiederverknöcherung in seltenen Fällen gefunden werden kann.

Die Heilung von linearen Brüchen des Schädeldaches wurde u. a. von GLASER u. BLAINE, HÄBERL, ILLIG, LINDEMANN und von PIA untersucht. Dagegen berichten nur wenige Autoren über die Veränderungen von Knochenlücken nach Impressions-Frakturen. HÄBLER beobachtete bei 3 nicht operierten I.F. stets eine vollständige knöcherne Ausheilung. GLASER u. BLAINE fanden bei I.F. mit einer Hebung der Bruchstücke eine bessere knöcherne Konsolidierung als bei linearen Bruchspalten. Dagegen persistierten I.F. mit Entfernung der Bruchstücke in ihrem Krankengut stets jahrzehntelang in unveränderter Größe. Über die Heilung von I.F. bei 15 Kindern hat PIA berichtet. Bei konservativ behandelten und gehobenen I.F. erfolgte in jedem Fall eine knöcherne Ausheilung. Bei operativ gesetzten Knochendefekten zeigte sich viermal eine Randcallusbildung, wobei es aber nur einmal zu einer deutlichen Verkleinerung der Knochenlücke gekommen war.

Aufgrund von klinischen und radiologischen Verlaufsbeobachtungen an einem auslesefreien Krankengut von 73 überlebenden Patienten mit

I.F. der Kieler Klinik soll hier untersucht werden, unter welchen Bedingungen und in welchem Ausmaß eine Heilung der Knochenlücken eintritt. Nachuntersuchungen wurden bei 36 Patienten in einem Zeitraum von 5—12 Jahren, bei 18 weiteren 2—5 Jahre und bei 19 Patienten 1—2 Jahre nach dem Unfall vorgenommen. Bei 18 Patienten wurden in größeren zeitlichen Abständen 3 oder mehr Kontroll-Untersuchungen durchgeführt, bei 23 Verletzten 2 und bei 32 nur eine.

### Ergebnisse

#### *1. Konservativ behandelte Impressions-Frakturen*

Nur 4 Patienten mit besonders flachen und gedeckten I.F. waren konservativ behandelt worden. Hier war bei allen eine vollständige knöcherne Heilung eingetreten. Als Residuen der Knochenverletzung waren nur noch die bekannten kleinen Randleisten und Unebenheiten nachweisbar. Bruchlinien waren bei der Nachuntersuchung nicht mehr zu erkennen.

#### *2. Impressions-Frakturen mit Hebung der Fragmente*

Die postoperativen Röntgen-Kontrollen bei 18 in dieser Weise behandelten Patienten zeigten zunächst kleinere Knochendefekte, da bei der Operation kleine Splitter entfernt oder ein erweitertes Bohrloch angelegt worden war, um einen Ansatzpunkt für die Elevation der Fragmente zu gewinnen. Bei einigen Verletzten waren auch Fragmente herausgenommen und nach Abrundung der Knochenränder wieder eingelegt worden.

Die Nachuntersuchungen zeigten hier bei 3 Kindern und 1 Erwachsenen eine vollständige Wiederverknöcherung der Lücke. Alle knöchern vollständig verheilten Defekte lagen in Regionen, die von Muskulatur bedeckt sind (zweimal temporal, je einmal unter dem M. frontalis und der occipitalen Muskulatur). Die knöcherne Heilung erschien radiologisch nach 1—2 Jahren abgeschlossen (Abb. 1 und 2).

Bei 7 weiteren Patienten (4 Erwachsene und 3 Kinder) hatte vom Defektrand her neugebildetes Knochengewebe die ursprüngliche Lücke eingeengt, isolierte Knochenfragmente hatten wieder Anschluß an die Kalotte gewonnen. Eine Bevorzugung bestimmter Schädelregionen bestand dabei nicht. Die Knochenbildung war bereits 3—4 Monate nach dem Unfall erkennbar und nahm nach 1 Jahr nicht mehr wesentlich zu. Palpatorisch erwies sich die Verletzungsregion bei allen Patienten als hart, so daß eine zusätzliche besonders derbe bindegewebige Heilung angenommen werden kann.

Unverändert in seiner Größe zeigte sich der Defekt bei der Nachuntersuchung von 4 Erwachsenen und 3 Kindern. Keiner dieser Defekte betraf Schädelteile, die von Muskulatur bedeckt sind. Nur bei 2 Patienten war primär die Dura verletzt gewesen.

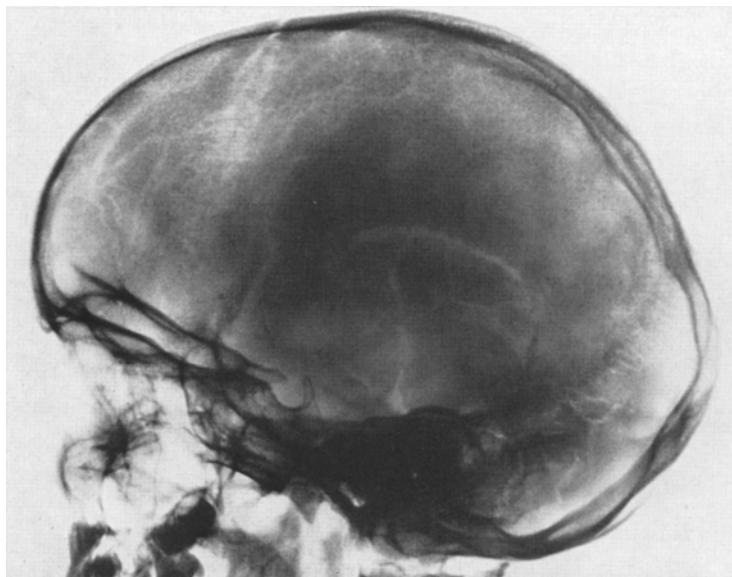


Abb. 1. Parieto-Temporale I.F. bei einem 7jährigen Mädchen (S. J.). Postoperative Kontrolle nach Anlegen einer Knochenrinne

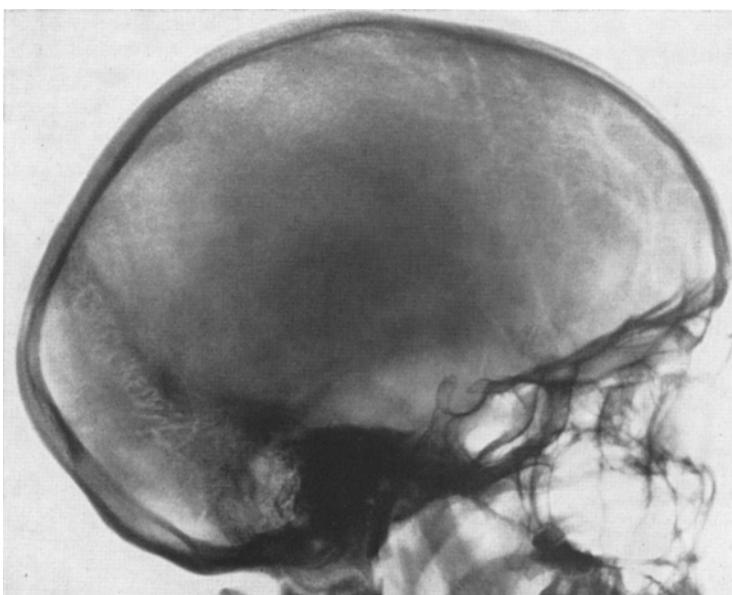


Abb. 2. Kontroll-Aufnahme 2 Jahre später. Reste einer Knochenverletzung sind nicht erkennbar

### 3. Impressions-Frakturen mit Entfernung der Bruchstücke

Bei 51 Verletzten waren die Knochen-Fragmente entfernt worden, so daß mehr oder weniger große Defekte entstanden. Diese Lücken blieben bei 25 Patienten unverändert groß. Durch Resorption von Knochenvorsprüngen am Defektrand und Bildung einer knöchernen

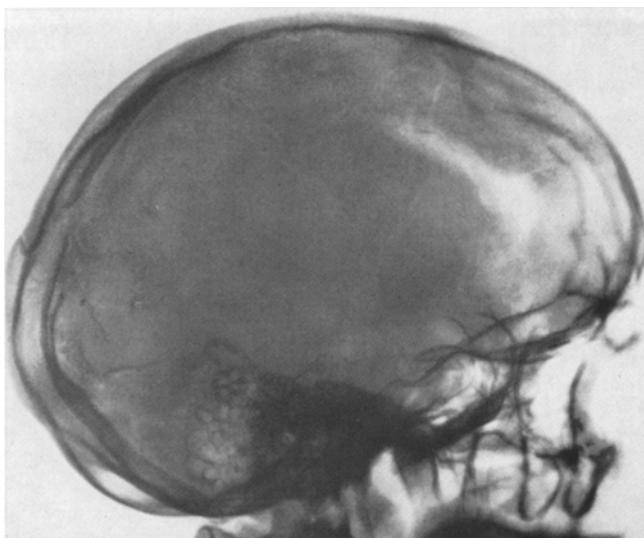


Abb. 3. I.F. fronto-parietal bei 27jährigem Mann (H. St.). Aufnahme 4 Monate nach Anlegen einer 2 cm breiten Knochenrinne

Abschluß-Leiste war der Defekt nur insgesamt abgerundet ohne Verkleinerung der Gesamt-Fläche. Diese Defekte lagen bevorzugt in der Frontal- (neunmal) und Parietal-Region (13 mal). Dura-Verletzungen hatten bei 19 Patienten bestanden, offene I.F. bei 20. Das funktionelle Ergebnis war jedoch bei allen persistierenden temporalen Knochenlücken befriedigend. Hier hatte sich innerhalb von 1–3 Jahren ein fester bindegewebiger Verschluß gebildet. Ungünstiger stellten sich die frontalen Lücken dar, da sie weich und pulsierend blieben. Die parietalen Defekte waren palpatorisch zur Hälfte fest.

Bei insgesamt 19 Patienten (7 Erwachsene und 12 Kinder) zeigte sich eine Verkleinerung der Knochenlücke durch neugebildetes Knochengewebe, das sich vom Rand her in den Defekt hinein entwickelte (Abb. 3 und 4). Diese Art der Knochenregeneration wurde besonders bei den parietalen (neunmal) und bei den frontalen Lücken (fünfmal), aber auch bei 4 temporalen und 1 occipitalen Lücke beobachtet.

Bei 6 Patienten (1 Erwachsener und 5 Kinder) fand sich ein anderer Heilungstyp. Hier entstanden Knocheninseln in der Mitte des Defektes,



Abb.4. Eine Kontrolle nach 8 Jahren zeigt die fast vollständige Wiederverknöcherung

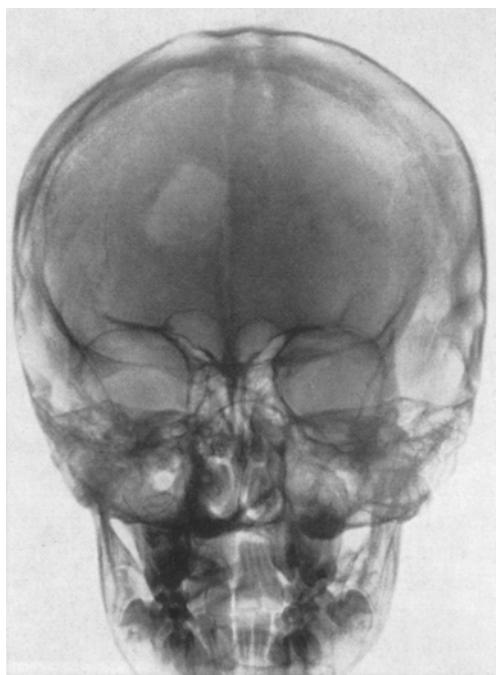


Abb.5. Frontale Knochenlücke nach I. F. bei einem 10jährigen Jungen (D. E.)



Abb. 6. Nach 1 Jahr sind mehrere neugebildete Knochenschollen im Defekt zu erkennen

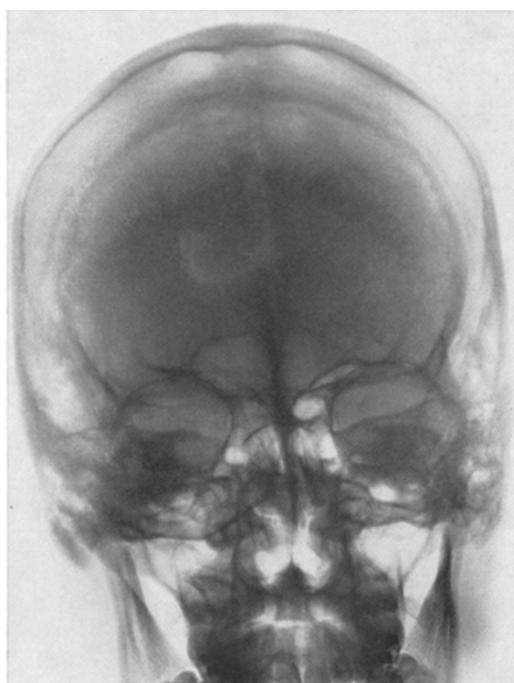


Abb. 7. Nach 10 Jahren ist der Defekt bis auf eine caudale Rinne wiederverknöchert

die zum Teil später knöchernen Anschluß an die Umgebung fanden (Abb. 5, 6 und 7).

Diese neugebildeten Knochenschollen waren bei Kindern bereits 3 Monate nach der Operation und vorwiegend in der Temporalregion zu erkennen.

Eine Vergrößerung des Defektes wurde nur bei einem occipitalen Defekt durch stärkere Resorptionserscheinungen an den Rändern gefunden.

Um einen Überblick über die Bedeutung der Knochenlücke für den Verletzten zu gewinnen, wurden Erhebungen über die posttraumatischen Beschwerden und Anfälle angestellt. Bei insgesamt 7 Patienten bestand ein posttraumatisches Anfallsleiden. Einzelheiten über die neurologischen Spätbefunde sind an anderer Stelle veröffentlicht (STÖWSAND u. GEILE). Diese epileptischen Spät-Reaktionen hatten keine erkennbare Beziehung zur Größe des Knochendefektes und zur Art seiner Heilung. Bei 2 Patienten mit Anfällen war der Defekt knöchern verheilt, bei 2 bindegewebig fest und bei 3 blieb die Lücke weich und pulsierend.

An posttraumatischen Kopfschmerzen litt noch etwa die Hälfte der untersuchten Patienten (36). Auch hierbei hatten die Knochenlücken selbst keine Bedeutung. Bei 8 Patienten lagen knöcherne Heilungen vor, bei 18 feste bindegewebige und bei 18 persistierte ein weicher pulsierender Defekt.

### Diskussion

Knochenlücken nach I.F. zeigen häufiger eine knöcherne Heilungstendenz als allgemein angenommen. Die schnelle und vollständige Heilung der Bruchlinien bei konservativ behandelten oder nur gehobenen I.F. entspricht der Erfahrung anderer Untersucher (GLASER u. BLAINE; HÄBLER; PIA). Hierbei ist der enge Kontakt, den die Bruchstücke behalten, offenbar eine günstige Bedingung. Darüber hinaus fand sich aber auch bei postoperativen Knochendefekten bei etwa der Hälfte der Verletzten (37 von 69) eine Verkleinerung der Knochenlücke bis zur vollständigen Wiederverknöcherung in einzelnen Fällen.

Bei der Auswertung unseres Krankengutes zeigte sich der Einfluß mehrerer Faktoren auf die Knochenregeneration: Die am stärksten ausgebildete Knochen-Neubildung fand sich in der Temporal-Region. Hier wirkt sich der stark ausgebildete und vascularisierte Temporalmuskel günstig aus. BUSHE beobachtete, daß sich die Knochen-Neubildung, die er bei einigen parieto-temporalen Trepanations-Defekten sah, an die Grenzen des Schläfenmuskels hielt. Auch nach Craniotomien der hinteren Schädelgrube fanden BUSHE sowie LANGE u. SCHULTHEISS unter der occipitalen Muskulatur eine Knochen-Regeneration. I.F. der Occipital-Region sind allerdings selten. Wir fanden aber auch bei solchen temporalen Defekten, die keine Ansätze zu einer knöchernen Heilung zeigten,

bei denen aber der Schläfenmuskel erhalten war, spätestens nach 2 bis 3 Jahren ein feste bindegewebige Heilung und nie weiche Schädellücken. Die Knochen-Neubildung beschränkte sich bei unseren Verletzten nicht auf die von Muskulatur bedeckten Schädelregionen. In 7 von 18 frontalen und 9 von 29 parietalen Defekten — welche am häufigsten von I.F. betroffen werden — zeigte sich eine ausgeprägte Knochen-Neubildung (vgl. Abb. 5—7).

Die häufigste Knochenregeneration wurde im Kindesalter beobachtet (23 von 41 Kindern). Bei 18 Kindern persistierten die Knochenlücken aber bis in das Erwachsenenalter.

Die Größe des Defektes war für das Ausmaß der Wiederverknöcherung nicht von Bedeutung. Zahlreiche kleine Defekte blieben unverändert, während ein Teil der größeren Defekte weitgehend knöchern verheilte. Die von MATTI angegebene Grenze eines Defekt-Durchmessers von 5 cm, oberhalb derer keine knöcherne Heilung eintreten soll, konnte bei unseren Verletzten nicht bestätigt werden. Abhängig von der Defekt-Größe sahen wir jedoch 2 Formen der Wiederverknöcherung. Bei kleinen Defekten erfolgte die Knochen-Renegeration vom Rand her. Bei größeren Defekten — ebenso wie in Trepanations-Defekten — entwickelten sich vorwiegend Knocheninseln innerhalb des Defektes, die erst später zum Teil knöchernen Anschluß an den Defektrand gewannen. Histologisch bestehen diese Knochenschollen aus vorwiegend kompaktem Knochen, der aufgrund einer Anpassungsmetaplasie von der Dura gebildet wird. Im Röntgenbild waren diese Knochenbildungen bereits 3—4 Monate nach der Operation sichtbar. Sie traten bevorzugt in der Temporalregion auf. Berücksichtigt werden muß jedoch, daß neugebildetes Knochengewebe erst von einer bestimmten Dicke und einem bestimmten Verkalkungsgrad an im Röntgenbild sichtbar wird. So fanden wir bei der Re-Craniotomie zwecks Schädeldach-Plastik bei einem Patienten mit einem großen Trepanations-Defekt mehrere neugebildete Knochen-Schollen, die im Röntgenbild nicht erkennbar waren.

Nach LAUCHE sollen posttraumatische Verwachsungen zwischen Haut, Periost und Dura eine Knochenregeneration verhindern. In unserem Krankengut bestand aber kein Unterschied zwischen der Knochenneubildung bei gedeckten und offenen Verletzungen. Auch nach Dura-Verletzungen sahen wir öfters eine Knochenregeneration. Ungünstige Bedingungen entstehen offenbar nur, wenn größere Dura-Defekte vorliegen (PIA).

Die Wiederverknöcherung von Schädel-Defekten kann zwar als das beste Heilungsergebnis angesehen werden, doch erscheinen feste bindegewebige Verheilungen funktionell nicht weniger günstig. Überhaupt haben die persistierenden Defekte in der Regel nur eine kosmetische Bedeutung. Eine plastische Deckung erscheint nur dann indiziert, wenn

wesentliche formgebende Teile der Schädelkalotte fehlen oder wenn ein pulsierender oder stark eingezogener Defekt an sichtbaren Stellen vorhanden ist. Solche pulsierenden Defekte werden besonders oft im Stirnbereich gefunden. Eine Gefährdung des Hirns durch den Knochendefekt ist im allgemeinen nicht anzunehmen. Keiner unserer Patienten hatte in dem bis zu 12 Jahren betragenden Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung eine ernstliche Verletzung des Defekt-Bereiches erlitten. Auch für die subjektiven Beschwerden ist der Defekt offenbar ohne Bedeutung. Posttraumatische Kopfschmerzen waren bei Patienten mit weichen pulsierenden Knochenlücken nicht häufiger als bei solchen mit fest verheilten Defekten. Die Beschwerden sind Folge des Hirntraumas und stehen bei einem Teil der Verletzten in Zusammenhang mit Kopfschwarten-Narben im Sinne des „posttraumatischen neuralgischen Syndroms“ (BUES). Der Prozentsatz von Patienten mit posttraumatischen Kopfschmerzen ist bei Verletzten mit gedeckten Hirntraumen ohne I.F. (siehe BUES) gleich hoch wie bei den hier untersuchten mit Impressions-Frakturen.

Besonders früher, vereinzelt aber auch noch in letzter Zeit (GRANT u. NORCROSS; WEIFORD u. GARDNER) wurde die Meinung vertreten, daß posttraumatische Krampfanfälle in ursächlichem Zusammenhang mit Knochenlücken stehen und durch eine plastische Deckung beseitigt werden können. Heute lehnen die meisten Autoren einen solchen Zusammenhang ab (ROSENHAGEN; WALKER). Auch in unserem kleinen Krankengut von posttraumatischen Anfallsleiden nach Hirntraumen mit I.F. ließen sich keine Beziehungen zu dem Knochendefekt nachweisen.

### Zusammenfassung

73 Patienten mit Impressions-Frakturen der Schädelkonvexität wurden in einem Zeitraum bis zu 12 Jahren nach dem Unfall klinisch und röntgenologisch nachuntersucht. Bei konservativ und mit Fragment-Hebung behandelten I.F. kam es stets zu einer vollständigen knöchernen Ausheilung. Von 69 Verletzten mit postoperativen Knochendefekten zeigte sich bei 37 eine wesentliche Verkleinerung der Lücken durch neugebildetes Knochengewebe, davon viermal eine praktisch vollständige Heilung. 2 Heilungstypen wurden gefunden. Bei 31 Patienten hatte sich vom Defekt-Rand her neuer Knochen gebildet und sechsmal entstanden Knocheninseln innerhalb des Defektes. Besonders günstige Regenerationsbedingungen bestehen unter dem Schläfenmuskel. Ausgedehnte Knochenneubildungen fanden sich aber auch bei 9 Patienten mit parietalen Knochendefekten, welche nicht von Muskulatur bedeckt waren. Bei Kindern (23 von 41) wurde häufiger eine Knochenneubildung gefunden als bei Erwachsenen (14 von 32). Die Größe des Defektes war ebenso wie das Vorhandensein von Dura- bzw. Hautverletzungen ohne

Einfluß auf die Knochen-Regeneration. Posttraumatische Beschwerden und Anfälle zeigten keine Abhängigkeit von der Art der Knochendefekt-Heilung.

### Literatur

- BUES, E.: Formen des posttraumatischen Kopfschmerzes. Stuttgart: G. Thieme 1965.
- Verletzungen des Gehirns. In: Das ärztliche Gutachten im Versicherungswesen, von FISCHER-HERGET-MOLLOWITZ. München: Joh. Ambrosius Barth 1966 (im Druck).
- BUSHNELL, K. A.: Spontane Regeneration traumatischer und Operationsdefekte des Schädels. Zbl. Neurochir. **21**, 337—347 (1961).
- GLASER, M. A., and E. S. BLAINE: Fate of cranial defects secondary to fracture and surgery. Radiology **34**, 678—684 (1940).
- GRANT, F. C., and N. C. NORCROSS: Repair of cranial defects by Cranioplasty. Ann. Surg. **110**, 488—510 (1939).
- HÄBLER, C.: Die Heilungsvorgänge der Brüche des Schädeldaches im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. **44**, 352—359 (1931).
- ILLIG, W.: Über die Dauer der Sichtbarkeit von kindlichen Schädelfrakturen im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. **43**, 76—85 (1931).
- KOTSCHER, E.: Die Röntgendiagnostik der Schädeltraumen. Handb. d. Medizin. Radiologie. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1963.
- KRÖSL, W., u. P. MIFKA: Zur Frage der klinischen Bedeutung der Brüche der Schädelkapsel. Chir. Praxis **4**, 451—456 (1959).
- LANG, W., u. G. SCHULTHEISS: Knochenneubildung im Bereich der hinteren Schädelgrube nach suboccipitaler Craniotomie. Acta neurochir. (Wien) **9**, 440—448 (1961).
- LAUCHE, A.: Handbuch der spez. path. Anatomie und Histologie, Bd. 9. Berlin: Springer 1937.
- LINDEMANN, E.: Röntgenologische Untersuchungen über die Heilung von Schädelbrüchen. Arch. Ohrenheilk. **135**, 25—40 (1933).
- MATTI, H.: Die Knochenbrüche und ihre Behandlung. Berlin: Springer 1931.
- MAYER, E. G.: Diagnose und Differentialdiagnose in der Schädel-Röntgenologie. Wien: Springer 1959.
- PIA, H. W.: Die Heilungsaussichten der kindlichen Schädeldachbrüche. Fortschr. Röntgenstr. **78**, 396—399 (1953).
- , u. E. BUES: Gehirn, Rückenmark, Nerven und Vegetativum. In: Chirurgische Differentialdiagnostik, von VOSSSCHULTE u. ZUKSCHWERDT. Stuttgart: G. Thieme 1966 (im Druck).
- ROSENHAGEN, H.: Posttraumatische cerebrale Anfallsleiden. In REHWALD: Das Hirntrauma. Stuttgart: G. Thieme 1956.
- STÖWSAND, D., u. G. GELE: Cerebrale Symptome bei Impressionsfrakturen der Schädelkonvexität. Dtsch. Z. Nervenheilk. (im Druck) (1966).
- WALKER, A. E., and F. ERCULEI: The late results of cranioplasty. Arch. Neurol. (Chic.) **9**, 105—110 (1963).
- WANKE, R., R. MAATZ, H. JUNGE u. W. LENTZ: Knochenbrüche und Verrenkungen. München u. Berlin: Urban & Schwarzenberg 1962.
- WEIFORD, E. C., and W. J. GARDNER: Tantalum Cranioplasty. J. Neurosurg. **6**, 13—42 (1949).

Dr. D. STÖWSAND  
Chirurgische Univ.-Klinik  
Neurochirurgische Abteilung  
23 Kiel, Weimarer Straße 8