

(Aus dem Institut für Gerichtliche und Soziale Medizin der Universität Bonn.
Direktor: Prof. Dr. Pietrusky.)

Der elektrische Unfall im Bergbau.

Von
F. Pietrusky und G. Schrader.

Mit 4 Textabbildungen.

Nachdem der elektrische Unfall in landwirtschaftlichen Betrieben von einem von uns einer kritischen Untersuchung unterzogen worden ist¹, haben wir jetzt das Studium des elektrischen Unfalls im Bergbau in Angriff genommen. Die Ergebnisse seien im folgenden in enger Anlehnung an die genannte frühere Mitteilung wiedergegeben, wobei von zusammenfassenden Ausführungen, um nicht zu wiederholen, abgesehen worden ist.

In dankenswerter Weise wurden uns von den Knappschaftsberufs- genossenschaften in *Halle* und *Waldenburg* (Schlesien) die elektrischen Unfallakten zur Verfügung gestellt. Sie betrafen im ganzen 589 Unfälle, von denen der größere Teil (490) auf den Bezirk *Halle* fiel. Für diesen Bezirk umfaßten sie den Siebenjahresabschnitt 1922/1928, für *Waldenburg* den Zeitraum von 1919—1929. Die Verteilung auf die einzelnen Jahre war:

Bezirk Halle.

1922	80	1926	75
1923	68	1927	73
1924	52	1928	78
1925	63		

Bezirk Waldenburg.

1919	3	1925	9
1920	4	1926	18
1921	1	1927	16
1922	3	1928	16
1923	7	1929	15
1924	6		

Es sei hier kurz bemerkt, daß der Waldenburger Bezirk Kohlen- gruben mit Tiefbauförderung umfaßt, der Bezirk Halle dagegen sowohl

¹ *Pietrusky*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **16**, 313 (1931).

Tiefbau (vorwiegend Kaligruben) wie auch Tagebau (Braunkohlengruben).

Von den 589 Unfällen verliefen 121 tödlich, 72 mit schweren Folgen, 361 mit leichten, und 35 gingen ohne gesundheitliche Schäden aus.

Die **Todesfälle** wurden hervorgerufen 21mal durch Strom bis 220 V, 26mal durch solchen bis 500 V und 67mal durch höhere Spannung. Für die übrigen wenigen Fällen fehlten nähere Angaben. Soweit über die Stromart etwas gesagt war, handelte es sich vorwiegend um Wechselstrom.

Bei dem **Tod durch Strom bis 220 V Spannung** fand sich folgendes Alter der Verunglückten:

Unter 20 Jahren	5	Von 40—50 Jahren	3
Von 20—30 Jahren	8	„ 50—60 „	1
„ 30—40 „	3	Über 60 Jahre	1

Besinnungslosigkeit bzw. Tod traten bei den meisten sofort oder innerhalb kürzester Zeit ein. Bei 7 der Verunfallten wurden kurze dauernde Hilferufe, kurze Schreie oder Aufstöhnen gehört. Bei 5 anderen wurde ausdrücklich vermerkt, daß sie, ohne einen Laut von sich zu geben, umsanken. Über die Dauer der elektrischen Durchströmung war Genaueres im allgemeinen nicht gesagt. Meist wurde sofort der Strom von den Unfallzeugen ausgeschaltet oder die Verunglückten fortgerissen, so daß die Elektrisierung nur kurze Zeit betragen haben kann. Die Wiederbelebungsversuche (fast durchweg manuell, einige Male mit Pulsmotor oder Inhabadapparat noch hinterher) wurden sofort begonnen und in 11 Fällen 2—4 Stunden lang ununterbrochen fortgesetzt. Einmal wurden sie ohne ersichtlichen Grund nach 30 Minuten von dem hinzugerufenen Arzt eingestellt. In den übrigen Fällen war über ihre Dauer nichts verzeichnet.

Bemerkenswert ist eine einwandfreie Beobachtung eines *Spät-todesfalls*. Im allgemeinen sind wir hinsichtlich des Verhaltens der Verunglückten unmittelbar nach der Elektrisierung auf Laienangaben angewiesen. Bei diesem Unfall eines 27jährigen Mannes hingegen, der sofort bewußtlos, ohne einen Laut, umgesunken war, wurden von einem Heilgehilfen 7 Minuten nach dem Kontakt auffallend langsame Pulsschläge festgestellt. Der Arzt, der 20—25 Minuten nach dem Unfall eintraf, nahm noch einige rasselnde Atemzüge wahr. Die Sektion ergab Strommarken an Nacken und Fußsohle, akute Lungenhyperämie bei katarrhalischer Bronchitis, Hyperämie der peripherischen Organe und der Haut, flüssiges Blut, Petechien am Epikard, Status thymo-lymphyaticus und geringgradige Hypoplasie der Nebennieren.

Was den *Unfallmechanismus* anlangt, so ereignete sich die Mehrzahl der Todesfälle an defekten Bohrmaschinen (7 mal). Teils handelte es sich um Stromführung des Gehäuses infolge innerer Fehler, teils um

Beschädigungen an dem zuleitenden Kabel. Während der Arbeit trat dann ganz unerwartet der Stromschluß ein, oft nachdem kurz zuvor noch ein oder mehrere andere Arbeiter damit hantiert hatten, ohne etwas zu merken. Die nächsthäufige Verunglückungsart war die Be-rührung defekter Lichtleitungen, wobei bisweilen durch salzhaltige Feuchtigkeit (im Kalibergbau) ein besonders guter Stromübergang geschaffen war. Auf erhöhten Erdenschluß durch feuchten Boden, von Schweiß oder Regen durchfeuchtete Kleider und Schuhe wurde mehrfach besonders hingewiesen. Durchhängende, mangelhaft isolierte oder schadhafte Leitungen waren weitere Unfallfaktoren. Leichtfertigkeit brachte 2 Leuten den Tod bei unvorsichtigen Versuchen, eine beschädigte Signalleitung zu reparieren; der eine faßte den Draht mit der nur mangelhaft durch ein Taschentuch geschützten Hand an, der andere wollte die gerissene Leitung mit einem Holz beiseiteschieben und geriet dabei unter Strom. Ein gewisser Dispositionsfaktor wird vielleicht für einen Verunfallten anzunehmen sein, der nach einem sechs-wöchigen Krankenlager infolge von Appendicitis und Lungenentzündung erst wieder seit 8 Tagen gearbeitet hatte.

Die *Eintrittsstelle* des Stromes war nur in einem Teil der Fälle angeführt, und zwar:

Linke Hand	1 mal	Beide Hände	5 mal
Rechte Hand	3 „	Kopf	2 „

In den übrigen Fällen wurde zwar noch mehrfach gesagt, daß die Hand den Kontakt mit dem stromführenden Leiter vermittelte. Da aber nicht deutlich zu entnehmen war, ob rechte oder linke Hand, so mußten diese Angaben unberücksichtigt bleiben.

Daß die Bedeutung der elektrischen Niederspannungsströme auch unter Ärzten noch nicht genügend bekannt ist, wurde aus einem Gutachten ersichtlich, worin trotz eindeutigen tödlichen elektrischen Unfalls gesagt war, daß ein Strom von 220 V *nicht* tödlich wirke.

Durch **Strom bis zu 500 V Spannung** wurden 26 Arbeiter getötet. Die Verteilung auf die einzelnen Altersklassen war folgende:

Unter 20 Jahren	6	Von 40—50 Jahren	2
Von 20—30 Jahren	12	„ 50—60 „	1
„ 30—40 „	5	Über 60 Jahre	0

Ein *Spättod* wurde hierbei *nicht* beobachtet. Die Verunglückten waren im allgemeinen sofort bewußtlos bzw. starben unmittelbar nach der Elektrisierung. Kurze Aufschreie, Hilferufe oder nur ein dumpfes Stöhnen wurde in 8 Fällen verzeichnet, bisweilen auch kurzdauerndes Atmen bemerkt. Ein Mann gab noch etwa 1 Minute lang auf Anruf der Helfer schwache Antwort und verschied dann trotz sofort einge-

leiteter künstlicher Atmung. Die Wiederbelebungsversuche wurden in 6 Fällen 2—4 Stunden lang durchgeführt. In einigen Unfallakten wurden kürzere Zeiten ($\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden) verzeichnet. In 2 Fällen waren sie ohne ersichtliche Begründung nach 10 bzw. 20 Minuten eingestellt worden, davon einmal auf Veranlassung eines Arztes (nach 10 Minuten!). Die Methode war durchweg die Silvestersche und wurde mehrfach nach einiger Zeit durch apparative Versuche abgelöst. Einmal fand sich der besondere Vermerk, daß die *künstliche Atmung* auf ausdrückliche Anordnung der Knappschaft nur *manuell* ausgeführt wurde, da die apparative Belebung keine genügende Gewähr biete. Ein Todesfall war auf sekundäre schwere Verletzung (Schädelbruch) beim Herabstürzen im Augenblick der Stromausschaltung zurückzuführen.

Hinsichtlich des *Unfallmechanismus* fanden sich vorwiegend verzeichnet: Berührung (unmittelbar oder mittelbar) von zu tief hängenden Leitungen (10mal), ferner Isolationsfehler und Unfälle bei Reparaturarbeiten an Transformatoren bzw. Schalttafeln (7mal). In 5 Fällen wurde besonders darauf hingewiesen, daß durch vorausgegangenen Regen (Tagebaubetriebe) die Kleidung, der Boden sowie die elektrische Anlage, an der gearbeitet wurde, stark durchnäßt waren. Durchfeuchtung von Kleidung und Schuhwerk durch Salzlösung im Kalibergbau hatte einmal die Leitfähigkeit wesentlich begünstigt. Hervorhebung verdient eine Stromüberbrückung durch einen Wasserstrahl bzw. Wasserschleier in einem Pumpenschaltraum, wodurch eine tödliche Verunglückung beim Ausschaltungsversuch veranlaßt war. Be merkenswert sind ferner 2 elektrische Katastrophen. Das eine Mal wurden 14 Leute getroffen, als bei einem Baggertransport dieser mit einer tiefhängenden Leitung in Berührung kam. Während 11 Mann nur leichtere Verletzungen davontrugen, stürzten 3 leblos zu Boden. Die stundenlangen künstlichen Wiederbelebungsversuche (von 3 Ärzten und einem Sanitäter mit Unterstützung durch mehrere Helfer ausgeführt) hatten nur bei einem Arbeiter Erfolg. Bei der zweiten ähnlichen Katastrophe waren 4 Leute getroffen, von denen einer gleichfalls trotz aller Bemühungen nicht zu retten war.

Die *Stromeintrittsstelle* war:

Linke Hand	5 mal	Beide Hände	0 mal
Rechte Hand	5 „	Kopf	3 „

Bei den 67 tödlichen Hochspannungsunfällen war die Altersverteilung folgende:

Unter 20 Jahren	7	Von 40—50 Jahren	9
Von 20—30 Jahren	30	„ 50—60 „	4
„ 30—40 „	17	Über 60 Jahre	0

Das Verhalten beim Unfall war im allgemeinen das gleiche, wie vorher beschrieben. Kurze Aufschreie oder Hilferufe wurden 15mal verzeichnet. In 3 Fällen dagegen war wieder ausdrücklich betont, daß die Verunglückten ohne jeden Laut in sich zusammensanken und rasch verschieden. Bei 6 Verunfallten trat der Tod erst nach längerer Zeit *sekundär* infolge umfangreicher Verbrennungen oder später hinzutretender Lungenentzündung ein (3 Stunden bis 8 Tage), wobei die 8tägige Überlebung sich bei schweren Verbrennungen 4. Grades fand. Bei einer umfangreichen Brandverletzung durch Hochspannung von 100000 V lebte der Verunglückte noch 2 Tage. In 2 weiteren Fällen dagegen dürfte es sich wieder um einen *primären Spättod* handeln. Das eine Mal hatten die sofort aufgenommenen Wiederbelebungsversuche und Herzmassage bei den Bewußtlosen zunächst Erfolg; nach $\frac{1}{4}$ Stunde erlosch aber doch das Leben. In dem andern Spätfall atmete der Verunglückte etwa 40—50 Minuten lang, starb aber trotz Wiederbelebungsversuchen. Die Sektion ergab hierbei außer einer Blutüberfüllung der verschiedensten Organe, vor allem von Gehirn und Rückenmark und Lungenödem keine Besonderheiten, auch keinen Status thymolymphaticus. Die künstliche Atmung wurde in 15 Fällen 2—5 Stunden lang durchgeführt. In mehreren anderen Akten waren kürzere Zeiten angegeben. Bemerkenswerterweise ließ einmal ein Arzt, als er nach $\frac{3}{4}$ Stunden hinzukam, ohne ersichtliche Veranlassung die Wiederbelebungsversuche sofort einstellen. In einem andern Fall wurden sie von vornherein unterlassen, da sie der Heilgehilfe für zwecklos hielt. Bei diesem Verunglückten waren von den Unfallzeugen „Rauchgase“ bemerkt, die aus dem Munde des Verletzten kamen. Die Annahme liegt nahe, daß es sich dabei um Kondensation des Atems an der kühlen Luft gehandelt haben könnte, so daß der angebliche Tote wahrscheinlich nur bewußtlos war. Über die Dauer der elektrischen Durchströmung fanden sich Angaben von wenigen Sekunden bis zu $\frac{1}{2}$ Stunde. In diesem Fall von außerordentlich langer Stromeinwirkung war der Körper nach der Ausschaltung aus dem Stromkreise bereits in Starre übergegangen. Je einmal wurden Cyanose des Gesichts und Auftreten schaumiger Flüssigkeit aus dem Munde vermerkt.

Was den „*Unfallmechanismus*“ anlangt, so ereignete sich die Mehrzahl der Verunglückungen bei Arbeiten auf Gerüsten, an Leitungsmasten oder auf Lokomotiven durch Berührung stromführender Leitungen (19mal). Die nächsthäufige Unfallart betraf Arbeiten an Transformatoren, Schalttafeln oder in Schaltzellen (15mal). 8 Unfälle erneuerten sich an Baggern, wo irgendwelche Teile Stromschluß bekommen hatten oder deren Leitungen defekt geworden waren. Dabei war wiederum mehrfach durch Regen, Salzlösung oder eiserne Teile guter Erdschluß geschaffen. Zwei elektrische Katastrophen fanden sich bei

den Hochspannungsunfällen verzeichnet, wobei der Mechanismus dem vorher geschilderten glich (Berührung einer transportierten Maschine bzw. eines großen Füllwagens mit der Hochspannungsleitung). In dem einen Fall wurden 8 Arbeiter zugleich getroffen, von denen einer getötet wurde; die übrigen trugen sämtlich Verbrennungen davon, auch klagten mehrere über Schwächegefühl in den Beinen. Bei der anderen Katastrophe wurden 2 Mann getötet, sämtliche andere (ihre Zahl ist nicht genannt) verletzt.

Bei einer ganzen Reihe von Unfällen handelte es sich um Leichtfertigkeit oder grobe Fahrlässigkeit der Verunglückten selbst bzw. anderer Personen. Reparaturen an Hochspannungsleitungen wurden wiederholt unternommen, ohne vorher für Ausschaltung zu sorgen oder die angeordnete Ausschaltung abzuwarten. Trotz ausdrücklicher Warnung wurden mehrfach unter Spannung stehende Transformatorzellen betreten, spannungsführende Leitungen ohne jeden Versuch der Selbstsicherung oder nur mit mangelhaftem Schutz (z. B. leichte Stoffmütze) angefaßt. In 5 Fällen wurden durch vorzeitige Wiedereinschaltung von der Zentrale her tödliche Verunglückungen bei Reparaturarbeiten ausgelöst. Ein verantwortlicher Elektromeister wurde deshalb wegen Fahrlässigkeit zu 5 Monaten Gefängnis verurteilt.

Unfallpsychologisch erscheint folgendes Ereignis noch bemerkenswert. An einer 100 000 V-Leitung war ein Arbeiter tödlich verunglückt. Der Monteur, der kurz danach die Leitung zwecks Reparatur abschalten wollte, war durch dieses Ereignis schwer mitgenommen und vergaß in seiner Erregung, die Abschaltung vollständig auszuführen. Beim Versuch, den Arbeitern die vermeintliche Stromfreiheit der Anlage zu demonstrieren, verunglückte er selbst tödlich.

Die *Stromeintrittsstelle* fand sich nur in etwa der Hälfte der Unfälle deutlich verzeichnet. Sie war:

Linke Hand	8 mal	Beide Hände	9 mal
Rechte Hand	6 „	Kopf	7 „

Von **468 Überlebenden** hatten 72 schwere Folgen im Sinne der Berufsgenossenschaft. Diese umfaßten: Amputationen von Gliedern oder Teilen davon, Einschränkung der Gebrauchsfähigkeit von Gliedern infolge von Narben, dauernde oder vorübergehende Rentengewährung, Krankheitsdauer über 13 Wochen.

Unter diesen **72 Schwerverletzten** waren 5 von einem Strom bis **220 V Spannung** getroffen worden. Ihr *Alter* war:

Unter 20 Jahren	1
Von 20—30 Jahren	1
„ 40—50 „	3

Die *Stromeintrittsstelle* war:

1 mal an der linken Hand,
4 „ „ „ rechten Hand.

Die Verletzungen bestanden in mehr oder weniger tiefen Strommarken bzw. elektrischen Verbrennungen bis 3. Grades, die in 3 Fällen eine Fingeramputation nötig machten. Einmal schloß sich eine Narbenkontraktur größeren Umfangs an, die auch einen Nachbarfinger mitbetrifft; bei 2 Verunglückten behielten die Narben längere Zeit eine erhebliche Empfindlichkeit, auch traten an ihnen Zirkulationsstörungen in Gestalt länger anhaltender Ödeme in Erscheinung. Eine Strommarke infizierte sich und machte deshalb längere Behandlung nötig. Ferner war eine Atrophie der Schultermuskulatur verzeichnet, die im Anschluß an eine Elektrisierung von längerer Dauer auftrat. Hingegen scheint es sich bei einer vorübergehenden Sprachlähmung mit fraglichen Anfällen um psychogene Erscheinungen gehandelt zu haben.

Die Unfälle ereigneten sich bei Arbeiten mit Handlampen oder bei Reparaturen defekter Schalter und Lichtanlagen. Dabei war einmal der Hartgummigriff eines dreipoligen Schalters durch feuchten Salzstaub leitend geworden und gab beim Ausschalten des Motors Anlaß zur Elektrisierung.

Die 67 anderen Schwerverletzten waren von **Strom bis 500 V Spannung (11 Personen)** oder **über 500 V gespannten Strom (37 Personen)** getroffen worden. Bei den übrigen fehlten nähere Angaben über die Stromart.

Das *Alter* der Verunglückten war:

Unter 20 Jahren	0	Stromspannung bis 500 V	1	Stromspannung üb. 500 V
Von 20—30 Jahren	4	„	500 V	15 „ 500 V
„ 30—40 „	2	„	500 V	9 „ 500 V
„ 40—50 „	4	„	500 V	9 „ 500 V
„ 50—60 „	0	„	500 V	2 „ 500 V
Über 60 Jahre	1	„	500 V	1 „ 500 V

Die *Stromeintrittsstelle* betraf:

Linke Hand	16 mal	Beide Hände	8 mal
Rechte Hand	17 „	Kopf	7 „

Die *Verletzungen* waren vorwiegend schwere Verbrennungen, meist 2. und 3. Grades, die häufig bis zu den Knochen hinabreichten. In 18 Fällen wurden deshalb Amputationen oder Exartikulationen notwendig. 16mal kam es später zu Narbenkontrakturen und narbigen Versteifungen einzelner Gelenke, oft mit weitgehender Gebrauchs einschränkung. Eine Infektion der elektrischen Verletzungen trat bei 4 Verunglückten ein und zögerte den Heilungsverlauf hinaus. Dreimal entwickelte sich eine Spätnekrose, indem anfangs geringfügig

erscheinende Strommarken oder Verbrennungen erst in den folgenden Tagen durch Einschmelzung der Umgebung sich zu großen Substanzverlusten ausdehnten. Dabei wurde einmal dieser Vorgang durch ein am 4. Tage auftretendes Ödem der Hand und des ganzen Unterarmes eingeleitet. Eine schwere Blutung entstand bei einem Arbeiter, der zunächst ambulant behandelt wurde, am 13. Tage nach dem Unfall und machte seine sofortige Krankenhausaufnahme nötig. 24 Verunglückte wurden bei dem Unfall bewußtlos und kamen teils spontan, teils unter den sofort vorgenommenen Wiederbelebungsversuchen meist nach kurzer Zeit wieder zu sich. Einer fuhr dann sogar auf seinem Fahrrad nach Hause. In 2 Fällen hielt dagegen die Besinnungslosigkeit 24 Stunden lang an und war bei dem einen von schweren Erregungszuständen begleitet. Der andere, ein 48jähriger Mann, zeigte in den folgenden Tagen ein so gutes Allgemeinbefinden, daß er bereits am 4. Tage das Bett verlassen konnte. Einige Unfälle waren neben den elektrischen Schädigungen noch durch sekundäre Verletzungen kompliziert, meist infolge von Sturz, wobei Schädelbrüche, Fußgelenksdistorsion, Wirbelsäulenverletzung u. a. hinzutrat. Je einmal wurde blutiger Auswurf oder weißlicher Schaum am Munde des zunächst Bewußtlosen bemerkt. Das Narbenstadium war bei 7 Leuten durch schmerzhafte Empfindungen gestört, 2mal traten Narbenulcerationen noch nach längerer Zeit auf. 8mal waren noch lange nach der Abheilung mehr oder weniger starke ödematöse Schwellungen im Bereich der ehemaligen Verletzung und darüber hinaus zu bemerken. Organische Lähmungen bzw. sichere Sensibilitätsstörungen entwickelten sich in 7 Fällen. Bei einem dieser Verunglückten, der mit dem Kopf gegen eine Hochspannungsleitung von 15000 V Drehstrom gestoßen war, fand sich bei der Krankenhausaufnahme eine schlaffe Lähmung der Arme und spastische Lähmung der Beine mit positivem Babinski. Im Laufe von Monaten traten wohl langsam wieder aktive Beweglichkeit ein, doch verschlechterte sich späterhin der Zustand immer mehr unter dem Bilde einer spastischen Lähmung aller 4 Extremitäten. 7mal wurde über unangenehme Sensationen in den getroffenen Gliedern geklagt, wie Kältegefühl, Muskelschmerzen, Gefühl des Eingeschlafenseins, Schlaffheit u. ä. Rein psychogene Störungen waren verhältnismäßig selten, sie wurden nur in 5 Fällen beobachtet und verschwanden unter energetischer Krankenhausbehandlung rasch. Einmal entwickelte sich im Anschluß an das elektrische Trauma bei einem Potator eine Psychose, die einem Delirium tremens ähnelte, aber nicht allein auf die Alkoholentziehung zurückgeführt wurde. Bei einem Verunglückten wurde kurz nach dem Unfall eine deutliche Pulsspannung bei gleichzeitiger Verlangsamung beobachtet. In einem andern Fall wurde eine bleibende Herzmuskelschädigung als Unfallfolge anerkannt, während

sie bei einem dritten Verunfallten fraglich blieb. Bei einem Verunglückten entwickelte sich elektrischer Star.

Die *Unfallursachen* waren in erster Linie defekte Schalter oder Reparaturarbeiten an Schalttafeln (12mal). Es folgten mit je 10 Unfällen Arbeiten an Transformatoren und auf elektrischen Lokomotiven bzw. Baggern, wobei stromführende Leitungen dem Körper zu nahe kamen. Ähnlich war der Unfallmechanismus bei Leitungsarbeiten an Hochspannungsmasten (8mal). Zu tief hängende Leitungen, vorzeitige Einschaltung, Zusammentreffen unglücklicher Umstände waren weiterhin genannt.

Hingewiesen muß noch werden auf das unverständliche Verhalten eines Diplomingenieurs, der einen Verletzten 3 Stunden lang am Unfallort ohne Hilfe liegen ließ und die andern Arbeiter, die helfen wollten, zurückhielt, weil angeblich der Verunglückte noch Strom in sich habe; dabei war die Leitung sofort ausgeschaltet worden.

Bemerkenswert sind auch die Lasten, die der Knappschaft aus der Behandlung elektrischer Unfallverletzter und den mehr oder weniger hohen Renten erwuchsen. Bei 69 der Schwerverletzten war eine *Gesamtbehandlungsdauer* von 8205 Tagen nötig, das sind rund 119 Tage für den einzelnen Unfall, also nahezu 4 Monate. Ferner erhielten 38 Verunfallte eine *Dauerrente*, und zwar:

Von 10%	10	Von 40%	2	Von 75%	2
„ 15%	7	„ 45%	1	„ 80%	1
„ 20%	2	„ 50%	4	„ 90%	1
„ 25%	3	„ 60%	2	„ 100%	1
„ 30%	2				

18 Verunglückte erhielten vorübergehende Renten.

Bei 361 Unfällen handelte es sich um **Leichtverletzte**. Von diesen verunglückten 52 durch Strom bis 220 Volt, 54 durch solchen bis 500 V und 73 durch Strom über 500 V Spannung.

Die *Altersverteilung* war folgende:

Unter 20 Jahren	37	Von 40—50 Jahren	37
Von 20—30 Jahren	179	„ 50—60 „	17
„ 30—40 „	88	Über 60 Jahre	2

21 Personen wurden bewußtlos. In der Mehrzahl handelte es sich nur um ganz kurze Besinnungslosigkeiten. Bei 7 Leuten war aber eine längere Dauer hervorgehoben und Zeiten von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunden angegeben. In diesen Fällen, wie auch bei mehreren nur kurze Zeit bewußtlos gewesenen, waren künstliche Wiederbelebungsversuche gemacht worden. Erregungszustände während der Besinnungslosigkeit wurden 2mal beobachtet.

Die *Verletzungen* bestanden in der überwiegenden Mehrzahl in Strommarken bzw. elektrischen Verbrennungen, meist 1. bis 2. Grades.

Doch kamen auch Brandwunden 3. Grades vor. Die Abheilung verlief im allgemeinen glatt und ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Erwerbsfähigkeit. In 3 Fällen infizierten sich die elektrischen Wunden, wobei es einmal zu einer ausgedehnten Lymphangitis des betroffenen Armes kam. Bei einer ganzen Reihe der Verunglückten traten sekundäre Verletzungen komplizierend hinzu. Sie entstanden meist durch Sturz von Leitern, Masten, Lokomotiven u. ä. und betrafen die ganze Skala von geringfügigen Abschürfungen, Prellungen über schwerere Quetschungen, Luxationen, Frakturen bis zu mehr oder weniger schweren Gehirnerschütterungen. Spätere Klagen nach Abheilung der eigentlichen elektrischen Verletzungen waren meist neurasthenischer Art und wurden von 18 Verunfallten vorgebracht in Gestalt von Mattigkeit, Angstgefühl, Kopfdruck, Kopfschmerzen u. a. Sie waren gewöhnlich unter entsprechender energetischer Behandlung rasch behoben, so daß sich psychogene Bilder nicht weiter entwickelten. Einmal handelte es sich dabei um grobe Simulation.

Die *Eintrittsstelle* des Stromes war:

Linke Hand	61 mal	Beide Hände	55 mal
Rechte Hand	64 „	Kopf	16 „

Bei den übrigen Unfällen war darüber aus den Akten nichts Sichereres zu entnehmen.

Der *Unfallmechanismus* war im allgemeinen der gleiche, wie vorher geschildert. Auffallend häufig waren als schädigende Faktoren defekte Probier- bzw. Handlampen (20mal) oder Bohrmaschinen (8mal) genannt. Ferner betraf eine große Anzahl von Unfällen Reparaturarbeiten an elektrischen Lokomotiven oder deren Stromabnehmern. Starker Regen wurde in mehreren Fällen besonders hervorgehoben, teils als unmittelbare Ursache durch Begünstigung elektrischer Leitfähigkeit und Auslösung einer Stromüberbrückung, teils als mittelbare Unfallveranlassung durch Ausgleiten, Abrutschen von Arbeitern oder Werkzeug. Eine erhebliche Leichtfertigkeit bzw. grobe Fahrlässigkeit beim Umgang mit dem elektrischen Gerät war in 16 Fällen ersichtlich. Irrtum oder Vergeßlichkeit veranlaßten eine weitere beträchtliche Anzahl von Unfällen, indem die Leute es vergaßen, die Leitung vor Beginn der Reparaturarbeiten auszuschalten, oder im guten Glauben, daß die Leitung bereits stromfrei sei, an die Arbeit herangingen. Bemerkenswert sind noch 2 Unfälle, bei denen die Stromüberbrückung durch einen Wasserstrahl erfolgte, einmal beim Abspritzen eines Spannwagens, einmal beim Löschen eines Brandes mittels Feuerlöschers.

Bei 299 der Leichtverletzten war eine *Gesamtbehandlung* von 6097 Tagen zu Lasten der Knappschaft erforderlich; das sind für den einzelnen Unfall 20,3 Tage, also annähernd 3 Wochen.

Überblickt man das gewonnene Material über den elektrischen Unfall im Bergbau, so ist auch hier eine Zunahme elektrischer Verunglückungen zu verzeichnen. Das wird besonders deutlich bei einem Vergleich mit früheren Untersuchungen. *Wendt*¹ hat vor einigen Jahren die Unfallverhältnisse in den Bergwerken Deutschlands mit Tiefbaubetrieb — Kohle, Erz, Kali — studiert. Danach ereigneten sich in dem Zeitraum von 1900—1917 277 elektrische Unfälle. In dem von uns untersuchten Siebenjahresabschnitt 1922—1928, also einem knapp halb so großen Zeitraum, fanden wir 589 elektrische Unfälle, demnach über doppelt soviel Verunglückungen nur in einem Teilgebiet Deutschlands.

Maßgebend für diese zunehmende elektrische Unfallhäufung in Bergwerken ist sicherlich der steigende Ausbau elektrischer Förderungsmethoden, der nach *Wendt* in großem Maßstabe um das Jahr 1910 einsetzte. In dem von uns erfaßten Braunkohlengebiet Mitteldeutschlands haben wir es vorwiegend mit Tagebaubetrieben zu tun. Hier wird eine ganze Reihe maschineller Einrichtungen mit Drehstrom von 500 V Spannung betrieben. Weitere Fördermittel haben Antrieb mit Spannungen über 1000 V. Hingegen werden die viel verwendeten und ganz auffallend häufig zu Unfällen Anlaß gebenden elektrischen Bohrmaschinen und Handlampen mit Strom meist von 110—220 V Spannung betrieben. Einen Vergleich zwischen landwirtschaftlichen und bergmännischen Betrieben hinsichtlich der Unfallverteilung auf die einzelnen Stromspannungen und im Hinblick auf die Mortalität der elektrischen Unfälle gibt Abb. 1 (S. 324).

Das Verhältnis der Zahl der Todesfälle zu den folgenschweren und folgenleichten Unfällen ist im Bergbau für den Strom bis 220 V Spannung 21:5:52, für solchen bis 500 V Spannung 26:11:54 und für Hochspannung 67:37:73. Die Kurven der Bergbauunfälle (Abb. 2, S. 324) unterscheiden sich ganz wesentlich von denen der Landwirtschaft durch ihren starken Anstieg nach der Seite der leichten Unfälle hin. Die folgenleichten Verunglückungen nehmen absolut und relativ die höchsten Werte ein, während das Gewicht bei den landwirtschaftlichen Unfällen gerade nach der andern Seite hin, den tödlichen und folgenschweren Verunglückungen, verschoben ist. Diese Erscheinung wird man, wie bereits in der früheren Arbeit betont wurde, darauf zurückführen müssen, daß höchstwahrscheinlich bei vielen leichten elektrischen Unfällen in der Landwirtschaft keine Arbeitseinstellung erfolgte und sie nicht gemeldet wurden. Damit entgingen sie der statistischen Erfassung, und dieser Kurvenanteil wird demnach kein ganz reines Bild geben. Dagegen bleibt die hohe Mortalität bei Spannungen bis 220 V bzw. 500 V sowie der hohe Anteil an folgenschweren Unfällen durch Strom bis 500 V Spannung in der Landwirtschaft beachtlich. Diese

¹ Als Dissertation nur im Manuskript veröffentlicht.

Erscheinung einzig auf die vorwiegende Verwendung dieser Spannungsart zurückzuführen, dürfte nicht angängig sein und würde als einzige Erklärung für die gerade im Vergleich mit den Bergbauunfällen ganz auffallende Häufung nicht befriedigen. Wahrscheinlich wirken hierbei noch andere Momente mit, wie mangelhafte Installation, schlechtes Material aus der Kriegszeit u. ä. Bei den elektrischen Bergbauverunfälle treten unter den Überlebenden die folgenschweren Unfälle ersichtlich an Zahl zurück (s. Abb. 2), so daß bei allen 3 Stromarten die Kurven ein ähnliches Bild ergeben. Die Ursache dafür dürfte in den sofort einzusetzenden Rettungsmaßnahmen, sachkundiger erster

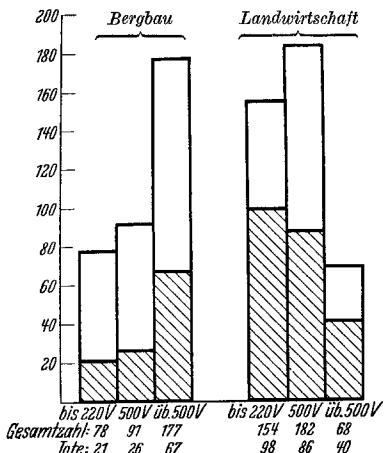


Abb. 1. Mortalität der elektrischen Unfälle im Bergbau und landwirtschaftlichen Betrieben.

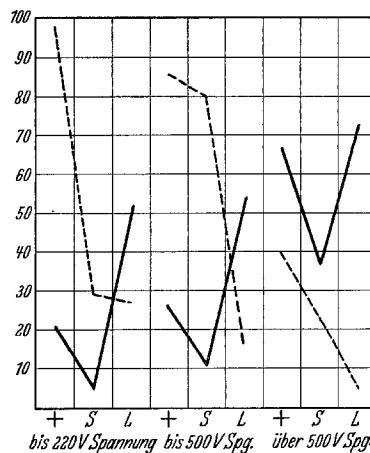


Abb. 2. Verhältnis von Todesfällen (+) : folgenschweren (S) : folgenleichten (L) Unfällen im Bergbau (—) und landwirtschaftlichen Betrieben (---).

Wundversorgung durch die bereitstehenden Sanitätsmannschaften der Gruben und vor allem in früh einsetzender Spezialbehandlung in den Knappschaftskrankenhäusern zu suchen sein.

Ein eindrucksvolles Bild von der jahreszeitlichen Verteilung elektrischer Unfälle erhält man bei Ordnung sämtlicher Verunglückungen nach Monatszahlen. Sowohl im Bergbau (s. Abb. 3), wie auch in landwirtschaftlichen Betrieben (s. Abb. 4) zeigt die Kurve ein deutliches Ansteigen während der Sommermonate. Eine ähnliche Beobachtung wurde früher schon von *Jaeger*¹ bei statistischen Untersuchungen über den elektrischen Unfall in der Schweiz gemacht. Er fand gleichfalls eine vorwiegende Beteiligung der heißen Sommermonate mit einem besonders starken Gipfel im August. Zur Erklärung dieser Erscheinung wird man mehrere Faktoren heranziehen müssen. Einmal werden

¹ Zbl. Gewerbehyg. 9, 153 (1921).

äußere Einwirkungen hierfür verantwortlich zu machen sein. Die Hitze der heißen Sommermonate führt zu vermehrter Schweißbildung, wodurch an Händen und Füßen — den häufigsten Ein- und Austrittsstellen der Elektrizität bei einem Unfall — der Hautwiderstand weitgehend absinkt und auch an anderen Körperstellen die elektrische Leitfähigkeit erleichtert wird. Es dürfte ferner auch eine erhöhte Gefährdung aus inneren Faktoren gegeben sein. Die an heißen, vor allem gewitterschwülen Tagen eintretende raschere Ermüdbarkeit, Abstumpfung und damit das Nachlassen der Aufmerksamkeit in Gefahrensituationen, wie sie das Arbeiten an elektrischem Gerät mit sich bringt, ist sicherlich mitwirkende Ursache für diese Unfallhäufung in den heißen Monaten. Da wir es bei den von uns erfaßten Bergbaubetrieben zum größeren Teil mit Tagebaugruben zu tun haben, treten diese meteorologisch-biologischen Faktoren auch hierbei sicherlich in Erscheinung.

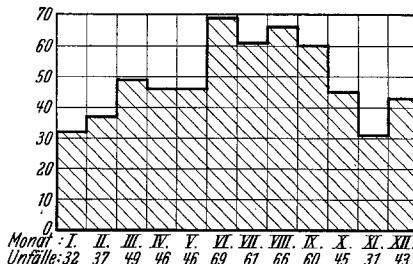


Abb. 3. Elektrische Unfälle im Bergbau 1922 bis 1928 nach Monatszahlen.

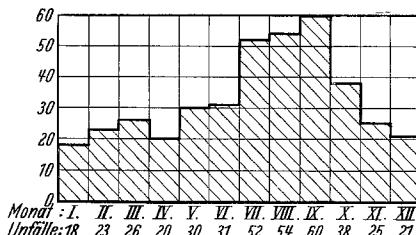


Abb. 4. Elektrische Unfälle in landwirtschaftlichen Betrieben 1922-1929 nach Monatszahlen.

Deutlicher hebt sich allerdings der Sommertgipfel bei den landwirtschaftlichen Unfällen heraus, wie ein Vergleich zwischen Abb. 3 und Abb. 4 zeigt. Die gleichzeitige Erfassung von Tiefbaugruben, wo diese klimatischen Faktoren nicht in Erscheinung treten können, dürfte wohl den Kurvenverlauf bei den Bergbauunfällen etwas flacher gestaltet haben.

Es seien die von *Jaeger* als Ursache für die Sommerhäufung elektrischer Unfälle noch angeschuldigte erhöhte Blitzgefahr und die stärkeren Ionisierungsvorgänge der Atmosphäre während der heißen Jahreszeit angeführt. Blitzverletzungen treten in den landwirtschaftlichen Betrieben bei uns an Zahl sehr stark zurück. An meteorologischen Faktoren dürfte in den Tagebaugruben die Regendurchnässung von Arbeitern und elektrischen Anlagen eine wesentlichere Bedeutung für eine Gefährdungserhöhung und dadurch bedingte Unfallhäufung verdiensten. Wir fanden in einer ganzen Reihe von Unfällen ausdrückliche Hinweise auf dieses Moment. Wieweit sich dieser besondere äußere Einfluß aber in der jahreszeitlichen Unfallverteilung geltend macht, ist schwer

nachzuweisen, da genaue Angaben über Witterung, insbesondere Regenfälle, bei den meisten Unfällen vermißt werden.

Es bedarf wohl keines besonderen Hinweises, daß auch ohne diese klimatisch-meteorologischen Faktoren eine Aufmerksamkeitsherabsetzung durch überlange Arbeitszeit eintreten und zu einem erhöhten Gefahrenmoment werden kann.

Daß die Bedeutung sofort einsetzender und genügend lange durchgeföhrter Wiederbelebungsversuche von manchen Helfern, selbst Ärzten und Sanitätern, noch immer nicht genügend gewürdigt wird, konnten wir mehrmals aus den Unfallakten ersehen. Obwohl die Knappsschaften für die Fortbildung der Grubenrettungsmannschaften und Sanitäter in besonderem Maße sorgen, wird auf diesen Punkt immer wieder mit Nachdruck hingewiesen werden müssen.

Sichere Spättodesfälle, die unmittelbar auf die Elektrizitätswirkung zurückzuföhren sind, fanden wir 3mal verzeichnet. Der eine war durch Strom von 220 V Spannung, die beiden andern durch Hochspannung verursacht worden. Deutliche Lebenszeichen waren bei ihnen noch bis zu $\frac{1}{4}$ Stunde, 20—25 Minuten und 40—50 Minuten nach dem Unfall beobachtet worden. Die Obduktion, die bei zweien der Verunfallten vorgenommen wurde, hat auch keine befriedigende Erklärung für diesen ungewöhnlichen Verlauf geben können.

Es sei hier kurz zur Frage der Lokalisationsverhältnisse des Stromübergangs auf den Körper Stellung genommen. Bereits auf Grund des Studiums der elektrischen Unfälle in landwirtschaftlichen Betrieben konnte die Angabe von besonders häufigem Vorkommen elektrischer Strommarken an der linken Hand bei tödlichen Verunglückungen nicht bestätigt werden. Zu dem gleichen Ergebnis führte uns auch die Analyseierung des elektrischen Unfalls im Bergbau.

Öfter fanden wir auch bei den elektrischen Bergbauunfällen eine Wundinfektion der Strommarken, zum Teil mit sehr starker örtlicher und Allgemeinreaktion (Phlegmone, Lymphangitis, hohes Fieber). Es sprechen diese Erfahrungen, die bereits bei den landwirtschaftlichen Unfällen gemacht wurden, gegen die Annahme einer besonderen Widerstandsfähigkeit elektrischer Verbrennungen gegen eine Infektion. Bei 3 Verunfallten trat nach einiger Zeit eine *Spätnekrose* in der Strommarkenumgebung auf, wobei unter umfangreicher Gewebeinschmelzung sich das Strommarkengebiet erheblich erweiterte. Diese Veränderungen, ebenso die in einem Fall am 13. Tage aufgetretene heftige *Spätblutung* aus der elektrischen Verletzung, sind auf schwere Gewebsund vor allem Gefäßalterationen zurückzuführen, die nach den Untersuchungen des einen von uns¹

¹ Schrader, „Experimentelle Untersuchungen zur Histopathologie elektrischer Hautschädigungen durch niedergespannten Gleich- und Wechselstrom“, in Veröff. Gewerbe- u. Konstitut.path., H. 33. Jena: Fischer 1932.

sich nicht auf das eigentliche Strommarkengebiet beschränken, sondern erheblich darüber hinaus erstrecken. Wir konnten u. a. eine solche Spätnekrose mit Blutung im Tierexperiment am 9. Tage nach Applikation der Strommarken beobachten.

Die bleibenden Schäden, die bei einer großen Anzahl der Überlebenden verzeichnet waren, hingen im wesentlichen von dem Ausmaß der elektrischen Verletzungen ab. Die oft umfangreichen Brandwunden und Zerstörungen an den Gliedmaßen waren in vielen Fällen nicht mehr durch konservative Behandlung zu beheben. Trotz Amputationen bzw. Exartikulationen traten wiederholt beträchtliche Gebrauchseinschränkungen durch Narbenkontrakturen ein. Durch hohe Renten wie auch durch die langdauernde Krankenhausbehandlung erwuchsen den Knappschaften bedeutende Lasten. Hervorgehoben sei in diesem Zusammenhang, daß *psychogene Erscheinungen*, unfall- oder rentenneurotische Züge bei den Bergbauunfällen *recht selten* waren, während sie im Anschluß an elektrische Verunglückungen in landwirtschaftlichen Betrieben sehr *häufig* in Erscheinung traten. Dieser Unterschied dürfte sicherlich darauf beruhen, daß bei der sofort einsetzenden Spezialbehandlung in den Knappschaftskrankenhäusern solche Reaktionen frühzeitig erkannt und durch energische Einwirkung rasch beseitigt werden. Für die in der Landwirtschaft Verunglückten ist diese günstige therapeutische Beeinflussung kaum gegeben, da ihre Behandlung nicht in solchen Fachkrankenhäusern zusammengefaßt ist.

Unfallanalysierungen wie die mitgeteilten, die größere Personenkreise betreffen, müssen zur Ergänzung experimenteller und kasuistischer Studien herangezogen werden, wobei nach Möglichkeit verschiedenartige gewerbliche Betriebe zu berücksichtigen und miteinander zu vergleichen sind.
