

Brandgefahren durch elektrische Leitungen in Kraftfahrzeugen

H.-J. Blumhagen

Im Kraftfahrzeug kommen eine Vielzahl elektrischer Betriebsmittel und -geräte mit den erforderlichen Anschlußleitungen zum Einsatz. Bild 1 gibt hierfür eine eindrucksvolle Übersicht.

Zur Erzeugung des elektrischen Stroms dient ein Generator, auch Lichtmaschine genannt, eine Gleichstrommaschine und in neueren Fahrzeugen ein Drehstromgenerator mit den erforderlichen Gleich- und Wechselrichtern für den Batteriebetrieb; denn jedes Fahrzeug muß auch bei stillstehender Antriebsmaschine für die Versorgung der Lichtanlage und des Startermotors über eine ständig bereite Stromquelle in Form der Batterie verfügen.

Nennspannungen in Kraftfahrzeugen

Ältere Fahrzeuge sind mit einer 6-V-, neuere Fahrzeuge mit einer 12-V-Anlage ausgerüstet. In Omnibussen kommen 24 V zur Anwendung, wobei dann zwei 12-Volt-Batterien hintereinander geschaltet werden.

Angaben zu Autobatterien

Entscheidend für den brandgefährlichen Fehlerfall eines abgestellten Fahrzeuges ist die zur Verfügung stehende Kurzschlußstromstärke I_k der

Batterie. Sie ist u. a. abhängig von der Nennkapazität in Ah und damit von ihrem Innenwiderstand R_i , dem Entladezustand, der Zelltemperatur, der Dichte des Elektrolyten (Säure) und schließlich vom Alter der Batterie.

Innenwiderstände und Kurzschlußstromstärken

12-V-Starterbatterien (nach Angaben der Firma Bosch bei 20 °C Zelltemperatur).

Innenwiderstand R_i ; Kurzschlußstromstärke I_k

Ah	R_i mΩ	I_k A
36	8	1460
44	7	1690
45	6,5	1840
55	5,6	2120
66	4,7	2550
88	4,1	2900

Bei einer Zelltemperatur von -18 °C ist infolge des damit verbundenen erhöhten Innenwiderstandes die Kurzschlußstromstärke um etwa 30 % kleiner.

Begrenzung der Stromstärke durch Sicherungen

Die Leitungen in Kraftfahrzeugen sind einpolig verlegt. Als Rückleitung dienen die Metallteile des Fahrzeugs.

Die Verbindungsleitungen im Kraftfahrzeug von der Batterie zur Sicherungsverteilung und zum Startermotor sind nicht gegen Kurzschlüsse durch Leitungsschutzorgane, wie Schmelzleitersicherungen, geschützt. Bei Auftreten eines Masseschlusses (Körperschluß) fließt der volle Kurzschlußstrom, begrenzt durch den Innenwiderstand der Stromquelle – der Batterie –, dem Widerstand der kurzen Leitung vom Pluspol der Batterie zur Fehlerstelle, dem Widerstand der Rückleitung zum Minuspol der Batterie über die Masse des Kraftfahrzeuges und dem Widerstand der Fehlerstelle, der fast auf Null absinkt, wenn die Leitung durch die Stromwärme sich an der Fehlerstelle verschweißst.

Alle übrigen Leitungen und elektrischen Betriebsmittel sind entsprechend dem Leitungsquerschnitt bzw. der Nennstromstärke des Betriebsmittels abgesichert; damit wird die Brandgefahr bei Masseschluß zwar nicht ausgeschlossen, aber verringert.

Brandgefahren durch elektrische Einrichtungen

Der elektrische Lichtbogenkurzschluß ist gekennzeichnet durch den Flammbogen mit Temperaturen um 3000 °C als Folge eines Isolationsfehlers unter Spannung stehender elektrischer Leitungen. Zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens sind Spannungen zwischen 50 bis 70 Volt erforderlich, die in elektrischen Anlagen von Kraftfahrzeugen nicht üblich sind. Mit einem elektrischen Lichtbogenkurzschluß ist bei einem Isolationsfehler in Kraftfahrzeugen also nicht zu rechnen.

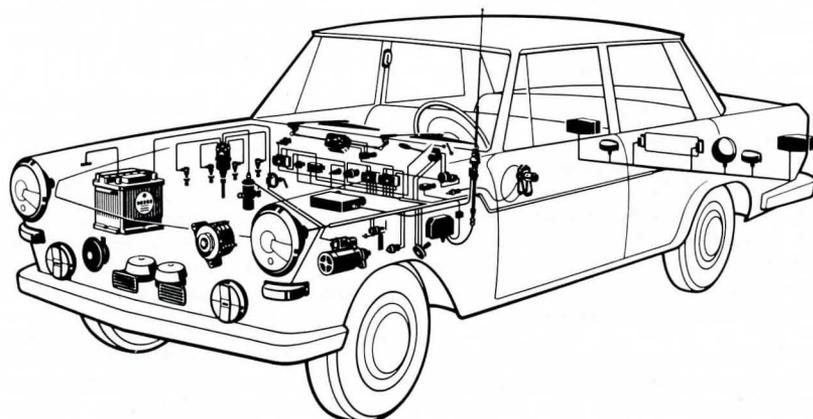


Bild 1. Elektrische Anlage eines Personenkraftwagens.

Foto Bosch

Ing. (grad.) H.-J. Blumhagen, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlich-rechtlichen Versicherer e.V. (IfS), Kiel

Darüber hinaus entstehen aber auch Brände durch Stromwärme überlasteter Leitungen und bei Leiterquerschnittsverringerungen, zum Beispiel bei schlechter Kontaktgabe von Klemmverbindungen oder punktförmiger Berührung bei durchgescheuerter Isolation gegen Masse. Während zur Begrenzung der Betriebstemperatur auf 60 bis 70 °C mit Rücksicht auf den Werkstoff der Leiterisolation nach VDE 0100 je nach Drahtdurchmesser und dem damit verbundenen Vermögen, die Stromwärme an die Umgebung abführen zu können, Belastungen von 10 A/mm² für Leiter um etwa 1 mm² Cu bis 2 A/mm² für Leiter um etwa 120 mm² Cu zulässig sind, steigt die Stromdichte bei Masseschluß in einem Kraftfahrzeug auf mehrere 100 A/mm² an. Hierdurch verdampft explosionsartig der Werkstoff des Leiters an der Berührungsstelle. Flüssige Kupferteilchen – der Schmelzpunkt des Kupfers liegt bei etwa 1080 °C – werden weggeschleudert und können bei Auftreffen z. B. auf Polsterungen im Kraftfahrzeug oder Öl- und Kraftstoffreste am Motorblock diese in Brand setzen.

Laboruntersuchungen

Zur Klärung der Frage, wie ein Masseschluß abläuft, welche Temperaturen hierbei auftreten und wie hoch die Kurzschlußstromstärke an der Fehlerstelle ist, wurde ein Versuch durchgeführt. Bild 2.

Als Stromquelle diente eine neuwertige Batterie 12 V, 45 Ah.

Verbindungsleitungen 1 x 25 mm² Cu, 2 m lang.

Strommesser 0–1,5 kA mit Nebenwiderstand 60 mV.

Als Fehlerstelle diente ein Stahlblech von einem Kraftfahrzeug, an dem sich das Batteriekabel scheuerte und zu einem Brandschaden Anlaß gegeben hatte.

Dicke des Stahlbleches 1,5 mm.

$I_k = 1840$ A der Batterie nach Werksangaben bei 20 °C Raumtemperatur.

Unter Berücksichtigung der Leiterwiderstände, des Nebenwiderstandes und der Anschlußklemmen wurde bei satterm Schluß eine Kurzschlußstromstärke von $I_k = 750$ A gemessen.

Bei der Berührung des Stahlbleches mit dem Kupferleiter trat zunächst starkes Spritzfeuer auf. Nach wenigen Sekunden verschweißte sich der Kupferleiter mit dem Blech, im Bereich der Berührungsstelle wurde das Blech und der Kupferdraht rotglühend.

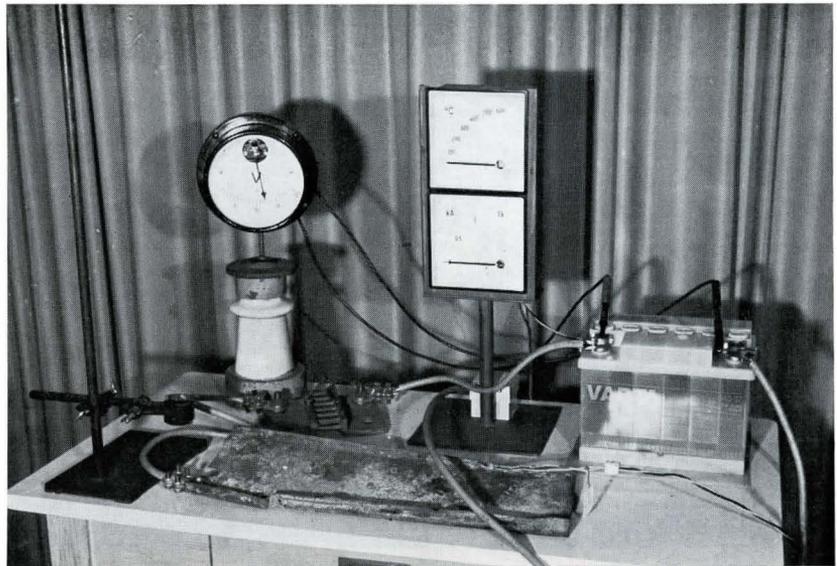


Bild 2. Versuchsstand.

Schadenfälle

In einer Werkstatt war ein Monteur an einem Kraftwagen beschäftigt. Als das Telefon läutete, warf er ärgerlich den Schraubenschlüssel aus der Hand. Dieser fiel unglücklicherweise auf die nicht abgedeckte Batterie.

Der metallische Schraubenschlüssel berührte hierbei zwei Pole der Batteriezelle. Das hierbei entstehende Spritzfeuer entzündete Öl- und Kraftstoffreste am Motorblock. Als der Monteur zurückkam, stand das Kraftfahrzeug in Flammen. Bevor die Feuerwehr erschien, griff das Feuer auf das danebenstehende Wohnhaus über. Das Fahrzeug brannte aus.

Auf einer Fahrt stiegen leichte Rauchwolken eines beginnenden Brandes neben dem Sitz des Fahrers auf. Die

sofortige Nachschau ergab, daß die Federn des belasteten Sitzes gegen die versehentlich nicht abgedeckten Batteriepole stießen. Das dabei entstehende Spritzfeuer hatte bereits die Polsterung des Sitzes in Brand gesetzt.

In einer Großgarage waren 6 Lastkraftwagen und 5 Lieferwagen zum großen Teil voll beladen untergestellt. Nachts brach Feuer aus. Zunächst vermutete man vorsätzliche Brandstiftung. Während alle Wagen im oberen Bereich die stärksten Brandspuren aufwiesen und diese nach unten hin abnahmen, fielen bei einem Lastkraftwagen unterhalb des Führerhauses in der Nähe der Batterie starke Brandzerrungen auf. Der Metallschutzschlauch des Batteriekabels mit einem Leiterquerschnitt von 90 mm² Alu war an mehreren Stellen durchgescheuert. Bild 3, 4 und Ti-

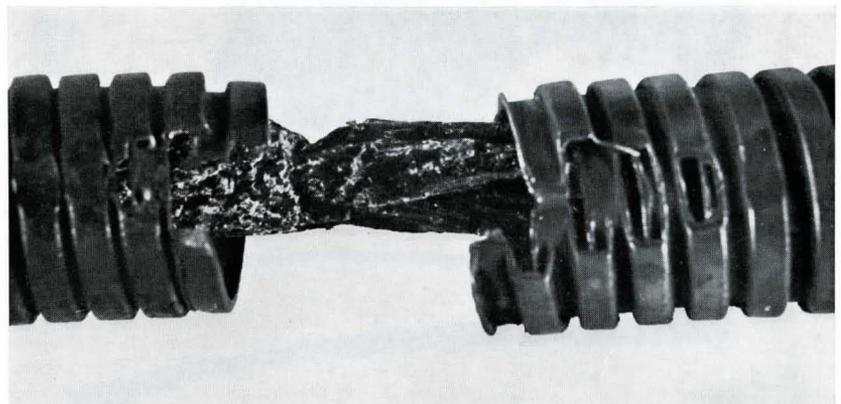


Bild 3. Der metallische Schutzschlauch ist durchgescheuert.



Bild 4. Brandherd im Bereich des Batteriekabels unter dem Führerhaus.

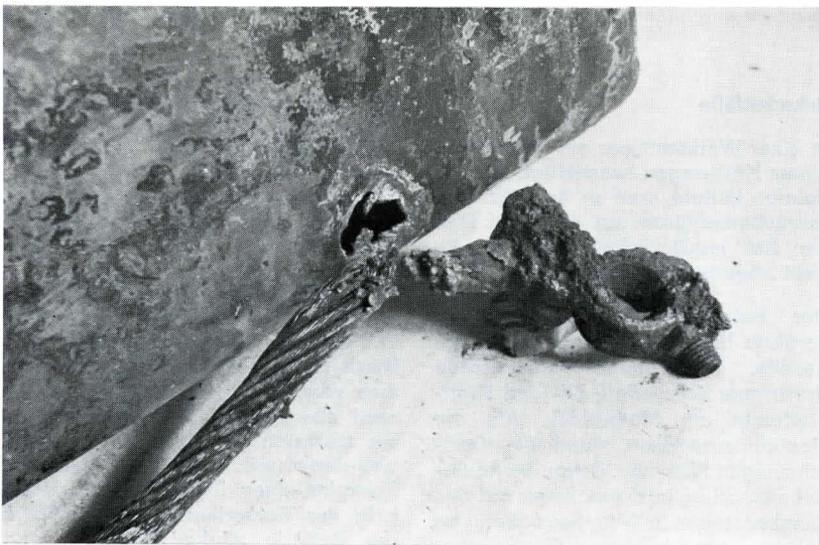


Bild 5. Das schadhafte Batteriekabel setzt den Kraftstofftank in Brand.

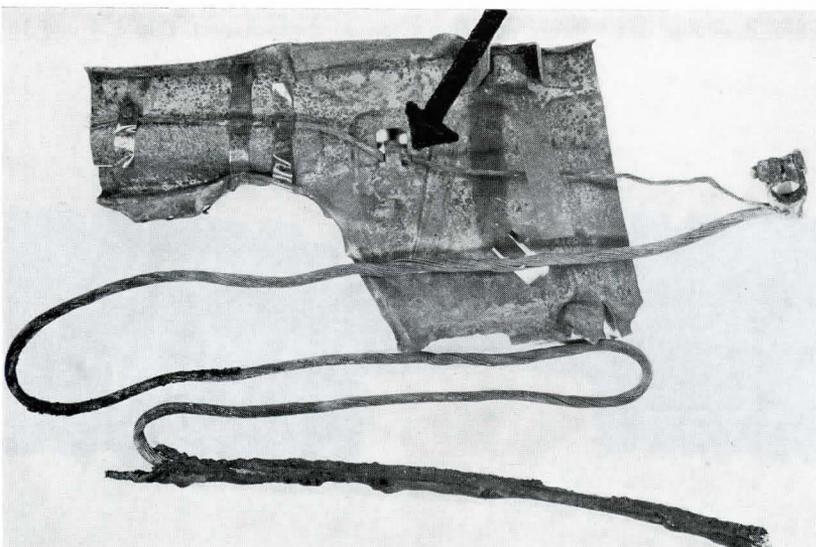


Bild 6. Masseschluß der Verbindungsleitung $1 \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ zur Sicherungsverteilung.

telbild. Das ständig unter Betriebsspannung stehende einpolige Verbindungskabel von der Batterie zum Schaltschütz des Starters hatte an der Stelle, an der die Leiterisolation durchgescheuert war, einen Masseschluß ausgelöst. Die an der Fehlerstelle entstehende Wärme setzte brennbare Bauteile des Kraftfahrzeuges in Brand. Die Garage mit sämtlichen Kraftfahrzeugen brannte aus.

Ein Landwirt hatte seinen Trecker im Maschinenschuppen abgestellt. Eines Tages war die Isolierung des Batteriekabels unmittelbar hinter der Batterieklemme beschädigt und berührte den metallischen Kraftstoffbehälter. Der hierdurch entstandene Masseschluß schweißte den Kraftstoffbehälter auf. Kraftfahrzeug und Maschinenschuppen brannten aus. Bild 5.

Ein Geschäftsmann hatte seinen Kombi an der Straße abgestellt, um einen Kunden aufzusuchen. Als er nach einiger Zeit zurückkehrte, stand das Führerhaus in Flammen. Die Untersuchung ergab, daß das Batteriekabel des verhältnismäßig neuen Kraftfahrzeuges an der Durchführungsstelle durch eine Blechwand durchgescheuert war und hierdurch einen Masseschluß verursachte. Das Kraftfahrzeug war darüber hinaus nicht gegen Feuer versichert, weil der Fahrzeughalter die Auffassung vertrat, daß Dieselfahrzeuge nicht so brandgefährlich seien.

Ein Pkw war in einer Kfz-Werkstatt abgestellt. Nachts brach Feuer aus. Die Untersuchung ergab, daß die Verbindungsleitung von der 12-Volt-Batterie 45 Ah zur Sicherungsverteilung an der Stelle, wo die Leitung durch eine Blechwand führte, einen Körperschluß auslöste. Die Leitung hatte einen Querschnitt von $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$. Es handelt sich hierbei um die nicht abgesicherte Verbindungsleitung von der Batterie zur Sicherungsverteilung. Die Kupferleiter waren mit dem Blech verschweißt. Die hierbei entstehende Wärme hatte brennbare Stoffe im Bereich der Fehlerstelle in Brand gesetzt. Kraftfahrzeug und Werkstatt brannten weitgehend aus. Bild 6 und 7.

Auf einem Gut war ein Trecker in einer Kfz-Box abgestellt. Das Fahrzeug war etwa $4\frac{1}{2}$ Jahre in Betrieb. Eines Tages brannte der Trecker mit dem Schuppen aus. Die Untersuchung ergab eine Anschmelzung zwischen dem Batteriekabel der 6-Volt-Batterie und dem Scharnier der Abdeckhaube des Kraftfahrzeuges. Bild 8 und 9.

Eines Abends verspürte der Landwirt Brandgeruch in seinem zusammengebauten Wohn- und Wirtschaftsgebäude. Beim Betreten der Durchfahrt sah er, daß sein zwölf Stunden vorher abgestellter Trecker in Flammen stand.

Mit herbeigerufenen Angehörigen wurde das nicht gegen Feuer versicherte Kraftfahrzeug noch rechtzeitig ins Freie geschoben. Die Feuerwehr löschte mit Pulver ab.

Brandursache:

Die Isolation des lose am Motorblock hängenden Batteriekabels hatte sich an der Kante des Chassisrahmens durchgescheuert. Spritzfeuer setzte Ölreste am Motor in Brand. Bild 10.

Auf einer Segelyacht mit Motor entstanden während einer Fahrt auf der Ostsee plötzlich an mehreren Stellen an Bord Rauch und kleine Flammen. Mit Pulverlöschern konnten die Entstehungsbrände schnell abgelöscht werden.

Brandursache:

Der Kabelschuh der starren Anschlußleitung am Pluspol des Starters war durch die andauernden Schwingungen ermüdet und gebrochen. Das dadurch freihängende Leitungsende, das mit den drei während der Motorfahrt für die Ladung parallelgeschalteten 24-Volt-Bord-Batterien von je 84 Ah in Verbindung stand, berührte den Motorblock und verursachte einen Kurzschlußstrom über die Funkenstörungsleitung vom Minuspol der Motorbatterie zum Stevenrohr. Diese Leitung mit einem Kupferquerschnitt von etwa 4 mm² verlief in einem PVC-Rohr als Installationsschacht mit einer Vielzahl anderer elektrischer Leitungen des zweipolig verlegten Bordnetzes zwischen Bordwand und Inneneinrichtung.

Während des Kurzschlusses führte diese Leitung an 400 Amp. und wurde dabei rotglühend. Der Sachschaden betrug 40 000 DM einschließlich hochwertiger wissenschaftlicher Meßinstrumente, Echolotgerät und dergleichen. Die Versicherungssumme der Yacht betrug 150 000 DM.

Zur Verhütung solcher Schäden wurden bei der Erneuerung der Leitungen am Motorblock flexible Anschlußleitungstücke verwandt und die Klemmen zusätzlich mit stabilen Isolierstücken gegen Metallteile abgedeckt.

Der Einbau von Leitungsschutzorganen wie Sicherungen ist zur Verhütung einer Leitungsüberlastung in Schutz- und Erdungsleitungen, wie hier zur Aufrechterhaltung des ungestörten Funkbetriebes, nicht zulässig. Der Brandschutz gegen Stromwärme muß also, wie vorstehend geschildert, mit anderen Mitteln sichergestellt werden.

Der Hauptschalter

Die Feststellung der Feuerversicherer, daß infolge Masseschlusses schadhafte, unter Spannung stehende elektri-



Bild 7. Nahaufnahme der Fehlerstelle.

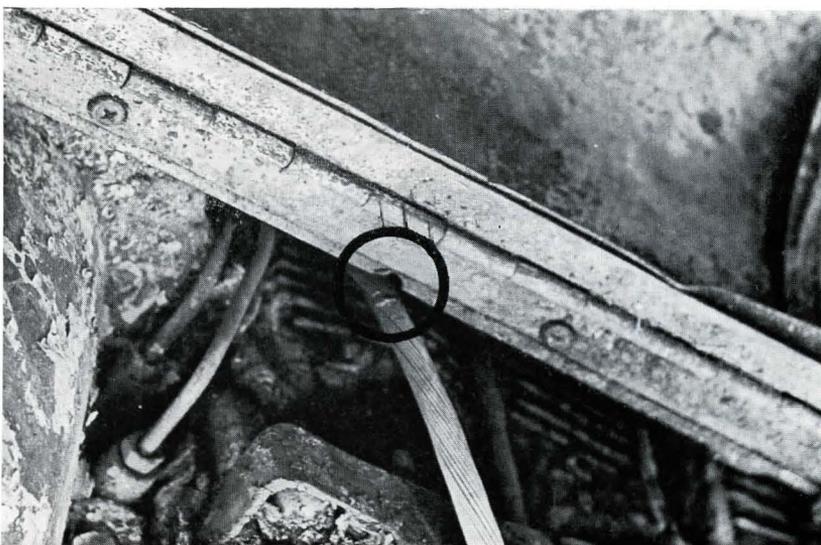


Bild 8. Fehlerstelle am Batteriekabel.



Bild 9. Die ausgebrannte Kfz-Box.



Bild 10. Batteriekabel scheuerte am Chassisrahmen.

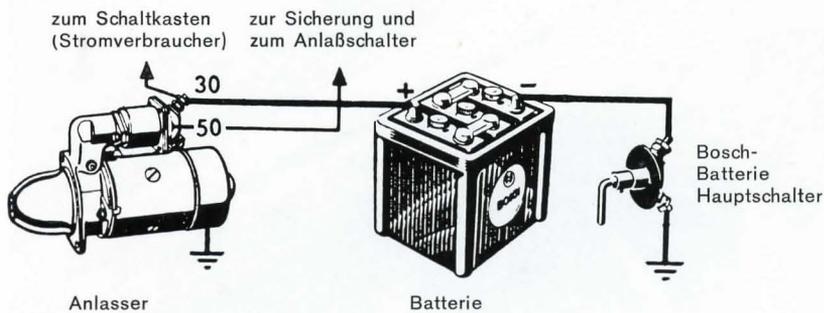


Bild 11. Schaltbild der Batterie mit Hauptschalter.

Foto Bosch

scher Leitungen immer wieder Kraftfahrzeuge in Brand geraten, macht die Forderung nach einem Hauptschalter verständlich, wie ihn z. B. das Formblatt 1012 der Feuerversicherer bereits für Starkstromanlagen in feuergefährdeten Betrieben seit Jahrzehnten vorschreibt mit dem Ziel, die gesamte elektrische Anlage des abgestellten Fahrzeuges durch Abschalten der Batterie spannungsfrei zu machen. Unter der Bezeichnung „Batterieschalter“ bringt eine Firma einen derartigen Schalter auf den Markt. Der Einbau erfolgt in der Verbindungsleitung zwischen dem Minuspol der Batterie und der Masse des Kraftfahrzeuges – siehe Schaltbild – Bild 11. Der Haupt- oder Batterieschalter wird also unmittelbar neben der Batterie eingebaut. Je nach dem Standort der Batterie im Fahrzeug ist die Einbaustelle des Schalters unterschiedlich. Der abgezogene Batterieschalter kann zugleich als zusätzlicher Diebstahlschutz dienen.

Große Fahrzeuge, wie Omnibusse und schwere Kraftwagen, mit 24 Volt Nennspannung verfügen über einen entsprechend großen Batterieraum. Hier kann zur Betätigung des Batterieschalters ein elektromagnetisch gesteuertes Relais über eine Steuerleitung zum Fahrersitz eingebaut werden.

Brandschutz für Trecker und landwirtschaftliche Maschinen

Kraftfahrzeuge aller Art dürfen in landwirtschaftlichen Betriebsräumen sowie Räumen zur Tierhaltung und Lagerung von Erntestoffen, weil diese nach VDE 0100 § 3 als gefährdete Betriebsräume gelten, nicht abgestellt werden. Verbrennungskraftmaschinen, wie z. B. Trecker oder auch fest eingebaut in Mähdrescher, sind andererseits neben dem Elektromotor die Kraftmaschinen der Landwirtschaft. Wenn mit Hilfe des Trackers die Erntewagen mit Heu und Stroh beladen mehrmals täglich durch die Scheune gezogen werden, bleibt es nicht aus, daß mitunter der vorgespannte Trecker während der Mittagspause oder auch in der Nacht oder bei plötzlich einsetzendem Unwetter in der Durchfahrt stehen bleibt. Berührt während dieser Zeit das schadhafte Batteriekabel den elektrisch leitenden Motorblock oder metallische Teile des Fahrzeuges, so können durch das hierbei auftretende Spritzfeuer sehr leicht Öl- und Kraftstoffreste im Motorbereich entzündet werden. Wird das Feuer nicht rechtzeitig entdeckt, tritt in der Regel in landwirtschaftlichen Betrieben Totalschaden ein.

Mit Hilfe eines Haupt- oder Batterieschalters, der allerdings auch jedes Mal nach Abstellen des Motors geöffnet werden muß, kann man sich vor

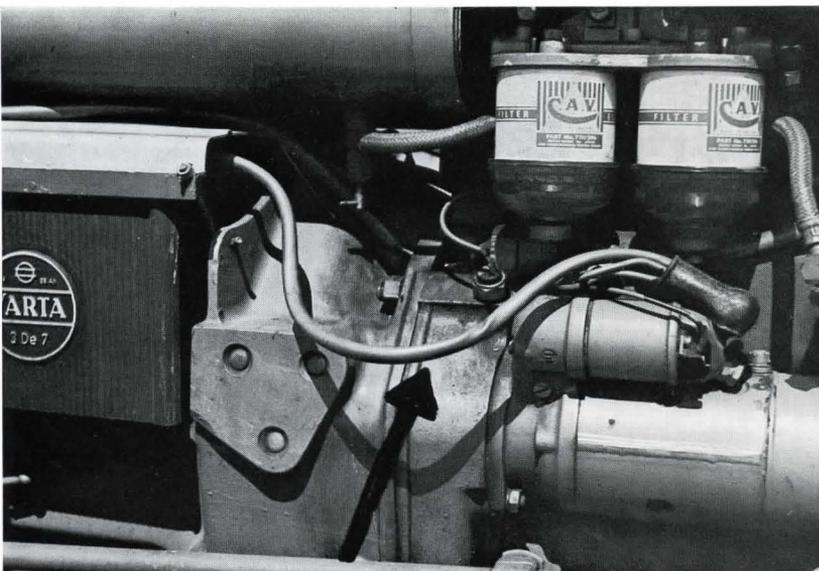


Bild 12. Dieses Kabel ist vor Masseschluß zu schützen.

solchen Überraschungen schützen. Wer die elektrischen Leitungen seines Kraftfahrzeuges, insbesondere die ständig unter Spannung stehenden Batteriekabel, soweit sie — wie auf Bild 12 ersichtlich — leicht zugänglich sind, laufend auf ordnungsgemäßen Zustand und Befestigung überwacht, braucht allerdings nicht so leicht mit einem gefährlichen Spritzfeuer zu rechnen. Dies ist auch bequemer, als vor und nach dem Abstellen des Motors den Hauptschalter zu betätigen.

In Verbrennungskraftmaschinen, die für längere Zeit stillgesetzt werden — wie Mähdrescher — sollten die Batterien abgeklemmt und zur laufenden Wartung ausgebaut werden. Auch bei diesen Maschinen sollte mehr als bisher auf die ordnungsgemäße Befestigung der Batteriekabel geachtet werden;

denn wiederholt sind hierdurch Mähdrescher auch während des Einsatzes auf dem Felde in Brand geraten.

Die Brandsicherheit gegen Stromwärme ist meines Erachtens wirkungsvoller, wenn von Fahrzeugherstellern und in Reparaturwerkstätten von vornherein geeignete Vorkehrungen getroffen werden, Isolationsfehler an Leitungen mit nachfolgendem Spritzfeuer weitgehend auszuschließen, als die laufende Überwachung mangelhafter elektrischer Anlagen Hauptschaltern zu überlassen, deren Betätigung unsicher bleibt und in vielen Fällen z. B. im Straßenverkehr nicht durchführbar ist. Neben der Auswahl geeigneten Leitungsmaterials mit den erforderlichen Schutzschläuchen bzw. -Rohren ist mehr als bisher auf eine sinnvolle Leitungsführung und eine dauerhafte und kurzschlußfeste Befestigung der

Leitungen, insbesondere der Anschlußkabel, zu achten.

Das sollte auch bedacht werden bei den laufenden Inspektionen der Trecker, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

Schrifttum

1. Bosch, Technische Unterrichtung Batterien VDT-UBE 410/1 Schaltzeichen und -pläne der Kraftfahrzeuge VDT-UBE 001/10 Bilder 1, 4, und 14
2. Blumhagen, H.-J., Grundlagen der Kriminalistik, Bd. 8/2/1973 Steintor-Verlag, Hamburg
3. Dahlberg, H., Wenn es im Wagen brennt, Kieler Nachrichten, 11. 3. 1961

Laserstrahlen, Gefahren und Schutzmaßnahmen

Walter Klost

Erzeugung und Anwendung von Laserstrahlen

Laser ist eine Abkürzung des englischen Ausdrucks „Light amplification by stimulated emission of radiation“. Laserlicht ist ein streng einfarbiges Licht. Der zeitliche Beginn und die räumliche Ausdehnung sind für alle einzelnen Schwingungen gleich. Das Licht ist kohärent. Sonnenlicht oder künstliches Licht besteht dagegen aus verschiedenen Farben (Frequenzen). Ferner bestehen räumliche und zeitliche Unterschiede zwischen den einzelnen Schwingungen. Einige Werte für Wellenlängen und Frequenzen des natürlichen Lichts und des Laserlichts werden in Tabelle 1 angegeben.

Laserlicht ist wesentlich energiereicher und läßt sich besser bündeln als Sonnenlicht oder künstliches Licht. Licht entsteht durch Energievorgänge in der Elektronenhülle der Atome. Bei der Erzeugung von Laserlicht wird dieser Vorgang stimuliert und gesteuert.

Festkörper-Laser arbeiten impulsförmig, während Gas-Laser eine kontinuierliche Strahlung abgeben.

Helium-Neon-Laser gestatten die kontinuierliche Abgabe einer sehr gut sichtbaren Lichtstrahlung mit geringer Leistung (z. B. 1 mW und 10 mW). Dadurch sind diese Strahlungsquellen sehr gut geeignet für Demonstrations- und Unterrichtszwecke sowie für die Erzeugung von Leitstrahlen im Baubetrieb und besonders beim Tunnelbau. Abbildung 2 zeigt das Prinzip der Laserlichtentstehung im Helium-Neon-Laser.

Laserstrahlen lassen sich verwenden beispielsweise für die genaue Längenmessung, für die Holographie, für die Bearbeitung, wie z. B. Bohren, Schneiden, Schweißen, Trennen, als unblutiges steriles Messer in der Medizin, als Hilfsmittel bei Netzhautoperationen und für viele andere technische und wissenschaftliche Zwecke.

Hersteller von Laser-Schutzbrillen schätzen, daß zur Zeit in Deutschland weit mehr als 1000 Laser-Geräte in Betrieb sind. Dabei sind jedoch die zahlreichen Gas-Laser mit sehr geringen Leistungen für Meß- und Demonstrationszwecke noch nicht berück-

sichtigt. Abbildung 3 zeigt ein Siemens-Baulasersystem LG 68 für Anwendungen im Hoch- und Tiefbau und für die automatische Steuerung von Baumaschinen. Der Laser LG 68 liefert eine mit 17,75 KHz modulierte Wechselleistung von 0,2 mW bei der Wellenlänge 632,8 nm. Die mittlere Leistung beträgt 1 mW. Damit ist eine Arbeitsentfernung bis zu 400 m erzielbar.

Gefahren durch Laserstrahlen

Laserlicht im sichtbaren Bereich wird durch das menschliche Auge praktisch nicht absorbiert. Die stark gebündelte Strahlung wird beim direkten Blick auf eine Laserquelle auf der Netzhaut konzentriert und kann dort sehr leicht irreparable Schäden hervorrufen. Netzhautschäden bedeuten partiellen oder totalen Verlust der Sehfähigkeit. Die Schädigung kann ohne besondere Wahrnehmung oder Schmerz eintreten. Aus diesem Grunde müssen Sicherheitsmaßnahmen das Ziel haben, direkte und reflektierte Strahlung vom Auge fernzuhalten.

Die Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften geben Richtwerte für die höchst zulässige Bestrahlung am Auge

Walter Klost,
Hauptsicherheitsingenieur, Berlin