



## Ergebnisse der Sammeltätigkeit 2022

### Bericht des Vorstandsvorsitzenden

Im Berichtsjahr 2022 führte der NH/HH-Recyclingverein dem umweltfreundlichen Recycling im Kupferkonverter von Aurubis eine Gesamtmenge von über 182 Tonnen ausgedienter Schmelzsicherungen zu. Damit wurde der Rückstau im Recycling, ausgelöst durch die Standortverschiebung von Aurubis Hamburg zu deren Tochterunternehmen in Lünen (NRW) sowie pandemiebedingte Transportausfälle, zum größten Teil aufgearbeitet. Eine Restmenge wurde im Januar und Februar 2023 verarbeitet.

In unseren weit über 600 Sammelstellen, verteilt über die gesamte Bundesrepublik, entsorgen umweltbewußte Sammler ihre abgeschalteten Schmelzsicherungen zur vollkommenen Wiederverwertung im Kreislaufsystem des NH/HH-Recyclingvereins. Zu unseren treuesten Sammlern gehören Hunderte von Handwerksbetrieben, viele berufsbildende Schulen, namhafte Energieversorger und Netzbetreiber sowie eine beachtliche Zahl von Industriebetrieben, die sich der Nachhaltigkeit verschrieben haben.



**DRIESCHER · WEGBERG**

**EFEN** 

**ETI**

**:hager**

**JEAN MÜLLER**   
THE NAME FOR SAFETY

**MERSEN**

**SIBA**

**SIEMENS**

Deutsche Sicherungshersteller  
stehen für Nachhaltigkeit

Gemäß der Satzung unseres gemeinnützigen Vereins werden sämtliche Erlöse der Sammel- und Recyclingtätigkeit in die Forschung und Ausbildung von Nachwuchskräften in der Elektroindustrie verwendet. Welche Projekte wir im Berichtsjahr unterstützt und eigenständig durchgeführt haben lesen Sie ab Seite 6 dieses Berichts.

Im Geschäftsjahr 2022 wurde auch eine in der Fachpresse vielbeachtete flächendeckende Sammelaktion von berufsbildenden Schulen in Baden-Württemberg zum Abschluss gebracht. Die zweijährige Aktion wurde durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW, das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport BW und dem Fachverband Elektro- und Informationstechnik des Landes BW unterstützt. Einen ausführlichen Bericht finden Sie ab Seite 3.

Ein aussagekräftiger Bestandteil des Jahresberichts war und ist die Berechnung der Umweltbilanz unserer Recyclingtätigkeit. Ausgelöst durch den Ukrainekrieg und mehrere wirtschaftliche Faktoren haben sich im vergangenen Jahr nicht nur die Rohstoffpreise, sondern vor allem auch die Energiepreise stark verändert. Einerseits verteuert dieser Umstand den Abbau von Rohstoffen in den Minen und den eigentlichen Recyclingprozess im Kupferkonverter, andererseits aber erhöhen sich dadurch auch die erzielten Einsparungen durch das „Urban Mining“, also die restlose Wiederverwertung des Sammelguts und die Rückführung der Rohstoffe Kupfer und Silber in den Wirtschaftskreislauf. Wir haben deshalb eine Neuberechnung unserer gesamten Umweltbilanz veranlasst, die wir für Sie auf Seite 2 aufschlüsseln.

Wie für die meisten Unternehmen weltweit waren auch für unseren Verein die beiden vergangenen Jahre eine große Herausforderung, die wir nur durch das ungebrochene Engagement unserer treuen Sammler meistern konnten. Dafür möchte ich allen Beteiligten an dieser Stelle meinen herzlichen Dank ausdrücken, ganz gleich, ob Sie viele oder wenige Schmelzsicherungen sammeln. Für uns zählt jede einzelne Sicherung, die Sie in unseren Sammelcontainern entsorgen. Und ich lade alle Betriebe, die unseren kostenlosen, unkomplizierten Service noch nicht nutzen, herzlich dazu ein, sich uns anzuschließen. Sie leisten so mit sehr wenig Aufwand einen wertvollen Beitrag für die Nachhaltigkeitsziele unseres Wirtschaftsstandorts.

Mit den besten Grüßen und Wünschen an unsere treuen Sammler und alle, die sich uns in Kürze anschließen möchten.

Volker Seefeld  
Vorstandsvorsitzender NH/HH-Recyclingverein





# Erfolgs- & Umweltbilanz 2022

Wir danken unseren Sammlern!  
Gesamtes Sammelergebnis 2022



## Umweltbilanz 2022

Auf der Basis von 182 Tonnen gesammelter Schmelzsicherungen

- Einsparung von Erz und Abraum: ca. 19.660 Tonnen
- Einsparung von Energie: ca. 564 MWh
- Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen: ca. 148 Tonnen

## Recyclingergebnis

- 182 Tonnen Sicherungen
- 26 Tonnen Kupfer
- 222 kg Feinsilber



# Hintergrund der Berechnungen zur Umweltbilanz

von Dipl.-Ing. Götz Bräuninger

Die recycelte Menge von ausgedienten Schmelzsicherungen liegt nur wenige Tonnen unter dem Ergebnis des Vorjahres, da zum Jahresende aufgrund von Corona bedingten Lieferengpässen noch ein gewisser Rückstau vorhanden war. Aus diesem Grund ist auch die Menge des zurückgewonnenen Kupfers und Silbers zurückgegangen. Aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung des Sammelguts ist jedoch auch immer eine Schwankungsbreite der recycelten Rohstoffe zu berücksichtigen. Die nach September 2022 gesammelten Sicherungen wurden im Januar und Februar 2023 verarbeitet, so dass der Recyclingkreislauf zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Jahresberichts keine Restmengen des Jahres 2022 mehr aufweist.

## Der Energiemix in Deutschland und die Umweltbilanz

Da nicht alle Lieferungen im Jahr 2022 verarbeitet werden konnten, sind die Mengen an Metallen geringer als in den Vorjahren und trotz niedrigerer Kupfergehalte im Erz auch die Einsparungen. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Bruttostromerzeugung stieg 2022 von 40,5% auf 44,6%. Bezogen auf den Stromverbrauch stieg ihr Anteil von 42% auf 47%, so viel wie noch nie zuvor. (Quelle BDEW). Zwar wurde für die Energieerzeugung insgesamt etwas mehr Gas und Kohle eingesetzt, der Zuwachs der erneuerbaren Energien ist aber ungebremst.

Dies bedeutet, dass auch der Recyclingprozess weniger Emissionen verursacht hat als in den Vorjahren. Aurubis hat bisher noch keine neuen Zahlen für das Recycling von Kupfer und die damit verbundenen Emissionen veröffentlicht. Man hat aber viele Prozesse laufend umgestellt, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern. Allerdings ist man bei Aurubis der Meinung, dass es physikalisch nicht möglich ist, eine Kupferhütte vollständig klimaneutral zu betreiben. Neben Strom wird nämlich auch Gas, Koks und Öl benötigt, diese Rohstoffe machen die Hälfte des Energiebedarfs von Aurubis aus.

Von 2012 bis 2023 will man bei Aurubis 100.000 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen, Windkraftanlagen ausbauen und Solarpaneele in Betrieb setzen. Außerdem ist ein Fernwärmenetz für überschüssige Prozesswärme geplant, mit dem allein schon über 100.000 Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden könnten (Quelle: Aurubis Factsheet).

Aurubis gab in der Vergangenheit an, dass beim Recycling von Kupfer nur halb so viel CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen wie bei der Gewinnung aus Primärlagerstätten und in anderen Kupferhütten, unsere Zahlen bestätigen das. Die zur Kupferrückgewinnung eingesetzten Verfahren benötigen sowohl Mineralöl als auch Erdgas und Strom. Mit dem Anstieg der erneuerbaren Energie zur Stromerzeugung in Deutschland um 5% im letzten Jahr und unter der Annahme, dass bei Aurubis die Verbesserung der Energiebilanz für das Klima in den letzten 10 Jahren mindestens weitere 15% betrug, ist der Ausstoß von Klimagasen bis heute um mindestens 20% gesunken. Auch die Tatsache, dass 50% der Energie aus dem Netz entnommen wird und davon die Hälfte aus klimaneutralen Quellen stammt, ergibt für 2023 einen Abschlag von ca. 25% für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Dies wurde entsprechend in der Neuberechnung berücksichtigt.



## Top 10 Sammler 2022

Mit einem Sammelaufkommen von jeweils über 2 Tonnen

Unter den Top 10 Sammlern 2022 mit einem Sammelaufkommen von über 2 Tonnen finden wir neben Energieversorgern, Netzbetreibern und Stadtwerken zum ersten Mal auch eine berufsbildende Schule, die im Rahmen der „Sammelaktion Baden-Württemberg“ herausragende Ergebnisse erzielt hat. Das Gesamtergebnis unserer Top 10 Sammler 2022 belief sich auf über 72,9 Tonnen Material, dessen wiedergewonnene Rohstoffe voll in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden konnten.

### Die Top 10 Sammler 2022 in alphabetischer Reihenfolge:

- Bayernwerk AG
- Balthasar-Neumann-Schule 1 Bruchsal
- E.DIS AG
- EWF Energie Waldeck Frankenberg GmbH
- LEW Augsburg – Lechwerke
- Sachsen Netze GmbH
- Schleswig-Holstein Netz AG
- Stadtwerke Netze Duisburg AG
- Syna GmbH
- Westnetz GmbH

## Handwerk, Mittelstand und Berufsschulen – die zweite Säule des Erfolgs

Handwerksbetriebe und mittelständische Unternehmen sind seit der Gründung des Vereins die zweite tragende Säule des Erfolgs. Nun kommt eine neue Generation von Elektrotechnikern hinzu, die in den berufsbildenden Schulen den Gedanken der Nachhaltigkeit verinnerlicht. Auch die Innungen der Elektrobranche sind immer mehr zu einer aktiven Mitarbeit bereit. Für den Verein ist das eine Bestätigung, dass unser Konzept eines umweltschonenden Rohstoffkreislaufs in Verbindung mit der Förderung von Forschung und Ausbildung im Bereich Elektrotechnik überzeugt.

## Ein voller Erfolg für Umwelt, Nachhaltigkeit und Ausbildung

### Abschluss Sammelaktion 2021/22 berufsbildender Schulen in Baden-Württemberg

Die Schüler und Schülerinnen sammelten in ihren jeweiligen Betrieben die anfallenden abgeschalteten Schmelzsicherungen und brachten sie zu den aufgestellten Sammelcontainern in die Schulen. Im Unterricht an der Berufsschule wurde die Thematik des Recyclings im Unterricht aufgegriffen und reflektiert. Die Sammelaktion erstreckte sich über das gesamte Schuljahr 2021/22 und war ein Gemeinschaftsprojekt von Handwerksbetrieben und Berufsschulen. Die Balthasar-Neumann-Schule 1 in Bruchsal stellte mit einem Sammelergebnis von 3,5 Tonnen den absoluten Rekord auf und schaffte es so unter die Top 10 Sammler des Vereins im Geschäftsjahr 2022.

Insgesamt wurden bei dieser Aktion rund 4 Tonnen abgeschalteter Schmelzsicherungen gesammelt. Durch das fachgerechte Recycling werden daraus ca. 650 kg Kupfer und ca. 7 kg Feinsilber zurückgewonnen. Um diese Mengen neu zu fördern, müssten in Kupfer- und Silberminen rund 60 Tonnen Erz abgebaut und verarbeitet werden. Dazu wäre ein Bedarf an Primärenergie für die Produktion von ca. 13,5 MWh notwendig, was durch das Recycling der Rohstoffe vermieden wird. Diese Energieeinsparung entspricht einer Verminderung von rund 7 Tonnen CO<sub>2</sub> Treibhausgas-Emissionen.



Ein voller Erfolg für Nachhaltigkeit und Umwelt: Pressekonferenz zum Abschluss der einjährigen Sammelaktion der baden-württembergischen Berufsschulen.

Bildquelle: Kultusministerium Baden-Württemberg (Pressestelle)



Am 26.07.2022 fand zum Abschluss der Aktion ein Presse-termin mit der Baden-Württemberg Kultusministerin Theresa Schopper, der Umweltministerin Thekla Walker MdL sowie Vertretern des NH/HH-Recyclingvereins und des Fachverbandes Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg in Stuttgart statt. Dabei betonte Kultusministerin Schopper „die gelungene Zusammenarbeit von Ausbildungsbetrieben und Berufsschulen – also Lernortkooperation in Reinform – mit dem Ziel, den Nachhaltigkeits- und Recyclinggedanken durch aktives Handeln der Schülerinnen und Schüler zu schärfen.“

tionen in Ausbildungsberufen und dem Studium der Elektrotechnik die interessante Welt der sicherungsbehafteten Schaltgeräte nähergebracht wird. Dies ist besonders wichtig in Anbetracht des akuten Fachkräftemangels in unserer Branche.“

Die Umweltministerin appellierte: „Sammeln Sie engagiert weiter! Sie tragen mit dieser Aktion dazu bei, dass sich hoffentlich noch mehr Betriebe zukünftig beteiligen werden und Ihre Motivation auf viele andere überspringt.“ Thomas Bürkle, Präsident des Fachverbandes Elektro- und Informationstechnik, hatte die Aktion maßgeblich unterstützt und signalisierte während der Veranstaltung seine Bereitschaft zur Fortführung des Projekts.

**Der NH/HH-Recyclingverein dankt allen teilnehmenden Schulen in Baden-Württemberg für ihr herausragendes Engagement bei dieser landesweiten Sammelaktion.**

## Neue Sammler gesucht

**Perfekte Logistik für jedes Sammelaufkommen – für Sie vollkommen kostenfrei**

Leider werden immer noch geschätzte 400 Tonnen ausgediente Schmelzsicherungen im E-Schrott oder, noch schlimmer, im Müll entsorgt. Dabei ist jeder Betrieb, der mit dem Austausch von gebrauchten Schmelzsicherungen zu tun hat, für uns ein wertvoller Partner. Ganz egal, ob die Mengen groß oder klein sind. Jede Sicherung zählt, denn die Erlöse leisten einen wertvollen Beitrag zur Erhaltung des Ausbildungs- und Wissensvorsprungs am Industriestandort Deutschland.

### Flächendeckendes Sammelnetzwerk für Handwerksbetriebe

Entsorgen Sie Ihre ausgedienten Schmelzsicherungen in speziell dafür aufgestellten Euro-Gitterboxen an weit über 600 Sammelstellen in ganz Deutschland. Eine davon ist bestimmt ganz in Ihrer Nähe. Schreiben Sie uns einfach eine Email an [info@nh-hh-recycling.de](mailto:info@nh-hh-recycling.de) und wir sagen Ihnen, wo Ihre nächste Abgabestelle zu finden ist.

### Kooperation mit der Berufsschule Ihrer Auszubildenden

Schulen, die sich unserem Sammelnetzwerk anschließen, haben eine gute Chance einen unserer bewährten Lernzirkelwagen „Überstromschutzorgane“ zu bekommen, mit praktischem und theoretischem Unterrichtsmaterial auf höchstem technischem Niveau.

### Stromversorger, Netzbetreiber, Industriebetriebe

Neben führenden Stromversorgern, Netzbetreibern und herstellenden Betrieben aus allen Branchen haben vor allem auch Industrie- und Gewerbeparks mit eigener Stromversorgung sowie Ölraffinerien, große Sportstadien oder Wind- und Solarparks einen hohen Bedarf an Schmelzsicherungen, die alle nach gegebener Zeit entsorgt werden müssen. Wenn Ihr Unternehmen noch nicht Teil unseres Netzwerks ist, laden wir Sie herzlich ein, bei unserem gemeinnützigen Konzept mitzumachen. Sie haben dabei weder einen finanziellen noch einen administrativen Aufwand.

Bei einem größeren Sammelaufkommen stellen wir Ihnen eine eigene Euro-Gitterbox mit Kennzeichnungstafel auf Ihr Firmengelände. Ist die Box voll, schreiben Sie uns eine Email und unser langjähriger Speditionspartner tauscht diese dann innerhalb von drei Tagen kostenlos gegen eine leere Gitterbox aus. Umweltbeauftragte von interessierten Betrieben bekommen eine ausführliche Beratung von Birgit Zwicknagel, der Leiterin unserer Geschäftsstelle.



**Der NH/HH-Recyclingverein verfügt über alle Nachweise für eine vollständige und umweltgerechte Entsorgung der Schmelzsicherungen über den Umschmelzprozess im Kupferkonverter von AURUBIS. Als sammelndes Unternehmen haben Sie also weder finanziell noch verwaltungstechnisch irgendeinen Aufwand.**



# Preis und Produktionsentwicklung bei Kupfer und Silber im Jahr 2022

von Dipl.-Ing. Götz Bräuninger



**Kupfer**

Der Kupferpreis lag zum Jahresbeginn bei fast € 10.000, fiel dann aber sehr schnell auf unter € 7.000, zum Jahresende hatte sich der Preis auf € 7.800 erholt. Mit dem Ende der Covidmaßnahmen stieg auch wieder die Gewinnung von Metall aus Erz um 3% auf 22 Millionen Tonnen. Die wichtigsten Erzeuger waren Chile, Peru und DRC (Kongo). Russland ist kein bedeutender Produzent mit lediglich etwa einer Million Tonnen jährlich.

Bei einem Preis von ca. € 7.000 liegt der Metallgehalt (cutoff-grade) für Kupfer inzwischen bei 0,3%, wenn das Erz im Tagebau abgebaut und das Metall durch Laugung gewonnen wird. Bei Lagerstätten, die zusätzlich Gold und Silber enthalten, kann er auch weit tiefer liegen. Es genügen also 3 kg Metall pro Tonne Erz, um solche Betriebe wirtschaftlich profitabel zu machen. Die weltweit größte Kupfermine ist Escondida in Chile, dort verfügt man über Ressourcen von 11,5 Milliarden Tonnen Erz, mit einem Kupfergehalt von 0,59% und Reserven von 5 Milliarden Tonnen, mit einem Kupfergehalt von 0,71%. In der Vergangenheit hat der NH/HH-Recyclingverein den Metallgehalt im Erz immer wieder nach unten angepaßt, zuletzt auf 0,65%. Die Preis- und Ertragssituation rechtfertigt daher mit Sicherheit jetzt einen neu bestimmten Metallgehalt von 0,60%, den auch Escondida gewählt hat. Dieser Wert wird ab jetzt für die Umweltbilanz verwendet. Entsprechend wird mehr Abraum bewegt, mehr Erz transportiert und aufbereitet, der Energiebedarf steigt.

## Ausblick Kupfer

Gründe für die durch die Pandemie in den letzten beiden Jahren hervorgerufene Volatilität gibt es aktuell nicht mehr und die Industrie kann auf stabilere Märkte hoffen. Wenn der Bedarf weiter steigt, wird sich naturgemäß auch der Preis nach oben bewegen. Für das laufende Jahr und bis 2026 rechnet man mit einer Wachstumsrate von jährlich 3,4%, auf dann 25 Millionen Tonnen Kupfer. Es ist zu erwarten, dass der Bedarf weiter steigt, insbesondere wegen der Generatoren in Windkraftanlagen, der Anschlusskabel, Überlandleitungen von Nord nach Süd, zusätzlichen Umrichtanlagen und natürlich auch wegen der Elektromobilität. Einige Fachleute (US Geological Service 2023 Report) gehen davon aus, dass nach 2024 die Nachfrage nicht mehr aus Primärquellen gedeckt werden kann. Hierbei wurden bereits geplante Bergwerke mit eingerechnet. Es ist also erforderlich, dass die Produktion deutlich nach oben gefahren werden muss.



**Silber**

Auch Silber unterlag im vergangenen Jahr starken Preisschwankungen. Es fiel von über € 24 auf € 17 pro Feinunze, erholte sich dann aber wieder zum Jahresende auf € 23. Im Jahr 2022 stieg die Nachfrage nach Silber weltweit um 19%, auf einen bisher nie erreichten Rekordwert von 1,101 Milliarden Unzen. Im Berichtszeitraum kamen 843 Millionen Unzen aus Bergwerken, 6 Millionen Unzen aus anderen Quellen und 180 Millionen Unzen aus dem Urban Mining, also dem Recycling. Damit konnte der Bedarf nur mit Hilfe von Lagerbeständen knapp gedeckt werden. Silber wird in großen Mengen für Solarpaneele gebraucht, und die Versorgung dürfte eine Herausforderung werden, wenn wie geplant weltweit stärker auf Solarenergie umgestellt wird.

In Sicherungen ist Silber nicht ersetzbar, deshalb sollte auch jede ausgetauschte Sicherung in den Recyclingprozess des NH/HH-Recyclingvereins gegeben werden.

Bei welchem Metallgehalt noch wirtschaftlich gewonnen werden kann, ist sehr stark von der Geologie abhängig. Fast immer wird Silber zusammen mit Gold und Kupfer oder Blei abgebaut. In solchen Lagerstätten kann auch ein Silbergehalt von weit weniger als 100 Gramm pro Tonne lohnend sein. Für komplexe Lagerstätten im Tiefbau benötigt man deutlich mehr. Silbergehalte von 30 g/t bis 200 g/t werden als Bandbreite genannt. Apollo Mining, eines der größten Projekte in Amerika, hat gerade erst eine Lagerstätte mit 110 Millionen Unzen und einem Metallgehalt von 100 g/t identifiziert, will aber auch den Abbau von Erz mit einem Metallgehalt von nur 50 g/t beginnen. Für Silber wurden zunächst keine Veränderungen der Berechnung vorgenommen. Der ursprünglich ermittelte Durchschnitt von 100 g/t erscheint solide in der Bandbreite der von den Bergwerksunternehmen gemachten Angaben.

## Ausblick Silber

Für 2023 wird ein weiterer Bedarfsrekord von 1,15 Milliarden Unzen erwartet, es könnte also durchaus zu einem Engpass kommen. Institutionelle und private Lagerbestände könnten allerdings bei höheren Preisen einen Teil der Nachfrage decken. Russland fördert ca. 40 Millionen Unzen und ist damit kein großer Produzent.



# Forschungsprojekt *msTau*, HTW Dresden

von Prof. Dr. Ing. Ralf-Dieter Rogler

Im Rahmen des Forschungsprojekts *msTau* zwischen dem NH/HH-Recyclingverein und dem ZAFT e.V. an der HTW Dresden wurden experimentelle Untersuchungen von Sicherungen hinsichtlich ihrer Auslösecharakteristik durchgeführt. Die Versuchsreihen wurden mit einem auf Kondensatoren (PowerCaps) basierenden Impulsstromprüfstand (s. Bild 1) bei glatter Gleichstrombeanspruchung und kleinen Zeitkonstanten ( $\tau < 1$  ms) realisiert.

Zuerst wurden einzelne Schmelzleiter auf ihr Schmelzverhalten und ihr Schmelzintegral hin untersucht. Dem Projekt wurden verschiedene Schmelzleitertypen (variables Material und Geometrie) zur Verfügung gestellt. Die Beanspruchung der Schmelzleiter erfolgte mit unterschiedlichen Prüfströmen ( $I_p = 1 \dots 7$  kA) durch unterschiedliche Ladespannungen der Kondensatoren ( $U_c = 5 \dots 100$  V).

Jeder Schmelzleiter wurde bezüglich des Schmelzintegrals und der Schmelzzeit erfasst. Die resultierenden Schmelzdiagramme (s. Bild 2) entsprachen auch bei sehr kleinen Schmelzzeiten ( $t < 1$  ms) den Erwartungswerten. Der u.U. zu erwartende Skin-Effekt konnte durch die Versuchsreihen nicht nachgewiesen werden.

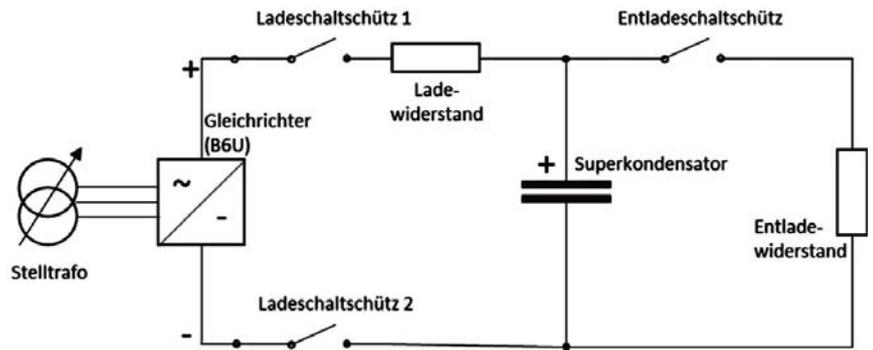


Bild 1: Impulsstromversuchsstand

Danach wurden Sicherungsmuster hinsichtlich der Abschaltfähigkeit in der Lichtbogenphase im Sicherungskörper untersucht. Die Sicherungsmuster wurden mit den Schmelzleitern nach Bild 1 bestückt und regelrecht in Quarzsand eingebettet und in einen üblichen Sicherungskörper verbracht. Die Sicherung ist für eine Spannung von 1000 V bei einem Nennstrom von 100 A ausgelegt. Um das Abschaltverhalten bei glatterm Gleichstrom zu untersuchen, wurden nun die Kondensatoren auf eine Spannung von  $U_c \approx 500$  V aufgeladen.

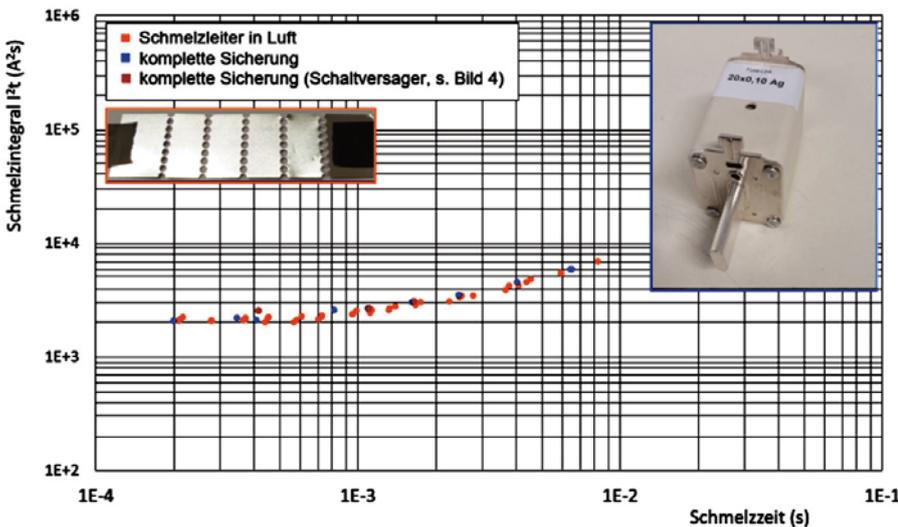


Bild 2: Schmelzintegral als Funktion der Kurzschlusszeit

Eine Aufklärung der Ursache für das Schaltversagen sollte Gegenstand weiterer Forschungsaktivitäten sein. Es darf vermutet werden, dass zwischen einem glatten (aus Kondensatoren und Batterien) stammenden Strom und einem gleichgerichteten (aus dem Netz stammenden) Strom erhebliche Differenzen bezüglich des Schaltverhaltens von Sicherungen zu erwarten sind; die bisher gewonnenen Erkenntnisse zu Gleichstromsicherungen bei welligen Strömen können nicht auf glatte Ströme übertragen werden.

Durch Einbringen von Luftspulen und Widerständen in den Prüfkreis konnte die Zeitkonstante variiert werden ( $\tau = 0,09 \dots 0,44$  ms). Die Versuchsreihen zeigten, dass die Sicherungen bei welligem (gleichgerichtetem) Gleichstrom in 100% der Fälle und bei glatterm Gleichstrom nur in 77% der Fälle in der Lage sind (s. Bild 3, Seite 7), den Prüfstrom zu schalten. In den fehlerbehafteten Fällen führte dies zur Zerstörung des Sicherungsmusters mit austretendem Lichtbogen, wenn nicht vorher abgeschaltet wurde (s. Bild 4).



Bild 4: Geborstene Sicherung



Versuche mit gattertem Gleichstrom										
Rated current of fuse-link	A	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Test Voltage	V	504	504	503	504	504	503	503	503	504
Prospective test current Ip	kA	2,44	1,89	1,89	1,54	1,54	1,30	1,12	0,99	0,99
Time constant	ms	0,22	0,17	0,17	0,14	0,14	0,12	0,10	0,09	0,18
Melting current Is	kA	2,20	1,80	1,81	1,49	1,49	1,26	1,09	0,98	0,97
Out-off current	kA	n. m.								
Is/ Ip	-	0,90	0,95	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97	0,99	0,98
Meltingtime	ms	0,81	1,09	1,07	1,63	1,60	2,42	4,04	6,54	6,67
Arcingtime	ms	18,68	n. m.	34,33	n. m.	32,50	n. m.	36,82	n. m.	n. m.
Break time	ms	19,49	n. m.	35,40	n. m.	34,10	n. m.	40,86	n. m.	n. m.
Melting integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	2,59	2,70	2,60	3,09	2,99	3,51	4,61	6,04	6,02
Arcing integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	1,69	n. m.	3,73	n. m.	2,53	n. m.	2,14	n. m.	n. m.
Breaking integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	4,28	n. m.	6,33	n. m.	5,52	n. m.	6,75	n. m.	n. m.
Arcenergy	kVAs	1,57	4,63	3,03	3,78	2,59	4,19	2,58	3,15	3,86
Switching voltage	V	525	n. m.	527	n. m.	532	n. m.	526	n. m.	n. m.
Recovery voltage	V	504	n. m.	503	n. m.	504	n. m.	503	n. m.	n. m.
Success	-	yes	no	yes	no	yes	yes	yes	yes	yes
Fail Rate	%	23								

Versuche mit gattertem Gleichstrom										
Rated current of fuse-link	A	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Test Voltage	V	505	500	500	500	500	500	500	500	500
Prospective test current Ip	kA	2,44	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Time constant	ms	0,44	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Melting current Is	kA	2,06	1,73	1,76	1,76	1,74	1,77	1,76	1,75	1,76
Out-off current	kA	n. m.								
Is/ Ip	-	0,84	0,91	0,92	0,93	0,92	0,93	0,93	0,92	0,93
Meltingtime	ms	1,11	1,22	1,26	1,25	1,12	1,27	1,14	1,22	1,28
Arcingtime	ms	29,30	41,25	31,42	17,27	24,15	22,57	17,04	95,41	20,14
Break time	ms	30,41	42,47	32,68	18,52	25,27	23,84	18,18	96,63	21,42
Melting integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	2,78	2,81	2,81	2,80	2,62	2,79	2,73	2,65	2,81
Arcing integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	4,17	7,15	1,94	1,29	2,90	1,96	1,58	6,42	1,19
Breaking integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	6,96	9,95	4,75	4,09	5,52	4,75	4,30	9,07	4,00
Arcenergy	kVAs	2,82	5,78	1,85	1,33	2,20	1,81	1,45	8,31	1,32
Switching voltage	V	557	n. m.	528	526	554	522	521	n. m.	526
Recovery voltage	V	505	n. m.	502	502	501	502	502	n. m.	502
Success	-	yes	no*	yes	yes	yes	yes	yes	no*	yes
Fail Rate	%	23								

		Versuche mit gattertem Gleichstrom				Versuche mit gleichgerichtetem Gleichstrom				
Rated current of fuse-link	A	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Test Voltage	V	500	500	500	500	502	502	502	502	502
Prospective test current Ip	kA	1,90	1,90	1,90	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Time constant	ms	0,17	0,17	0,17	0,17	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
Melting current Is	kA	1,75	1,74	1,78	1,74	1,47	1,46	1,46	1,51	1,46
Out-off current	kA	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	1,48	1,46	1,46	1,51	1,46
Is/ Ip	-	0,92	0,92	0,94	0,92	0,74	0,73	0,73	0,76	0,73
Meltingtime	ms	1,33	1,27	1,23	1,25	3,19	3,18	3,19	3,29	3,23
Arcingtime	ms	98,29	17,58	25,34	28,64	13,00	9,59	9,72	16,90	22,50
Break time	ms	99,62	18,85	26,57	29,89	16,20	12,80	12,90	20,20	25,70
Melting integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	2,74	2,80	2,77	2,78	3,33	3,33	3,33	3,46	3,37
Arcing integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	6,76	1,04	2,87	2,11	3,10	2,49	2,75	3,55	3,20
Breaking integral	10 <sup>3</sup> A <sup>2</sup> s	9,50	3,83	5,64	4,89	6,42	5,81	6,07	7,00	6,56
Arcenergy	kVAs	8,87	1,12	2,22	2,01	1,91	1,60	1,68	2,24	2,17
Switching voltage	V	n. m.	527	522	520	557	573	544	538	602
Recovery voltage	V	n. m.	499	502	501	510	510	511	510	511
Success	-	no*	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Fail Rate	%	23				0				

n. m.: keine Messwerte, \*: Abschaltung durch Schütz

Bild 3: Urliste



# Lernzirkelwagen „Überstromschutzorgane“

Auch nach 12 Jahren begehrt wie eh und je



In den 12 Jahren seit dem Startschuss dieses innovativen Lehrprojekts erhielten weit über 100 Berufsschulen und Lehrwerkstätten einen Lernzirkelwagen des NH/HH-Recyclingvereins. Viele der Schulen beteiligen sich auch als aktive Sammler von ausgedienten Schmelzsicherungen in Kooperation mit den Ausbildungsbetrieben ihrer Schüler. Die Herstellungskosten eines Lernzirkelwagens belaufen sich auf ca. € 10.000. Sie werden aus den Erlösen des Recyclings finanziert.

Die Materialwagen enthalten die kompletten Unterlagen sowie technische Exponate und ermöglichen einen Unterricht auf höchstem Niveau. Dem Umweltschutz durch Recycling ist dabei ein eigenes Kapitel gewidmet. Als

Resultat beteiligen sich viele Berufsschulen, in denen der Lernzirkel „Überstromschutzorgane“ ein fester Bestandteil des Unterrichts ist, als aktive Sammler für den NH/HH-Recyclingverein. Das geschieht auch sehr oft in Zusammenarbeit mit örtlichen Unternehmen, Handwerksbetrieben oder Innungen.



Berufliches Schulzentrum Weiden, Februar 2022

## Kostenloser Download: Theoretisches Unterrichtsmaterial in mehreren Sprachen

Der Verein bekommt jedes Jahr viele Anfragen von berufsbildenden Schulen, die gerne den Lernzirkelwagen „Überstromschutzorgane“ als Lehrmittel einsetzen würden. Leider können wir nicht allen Interessenten einen positiven Bescheid geben. Damit aber so viele Schulen wie möglich von unserem Angebot profitieren, steht das theoretische Unterrichtsmaterial kostenlos auf unserer Webseite zum Download zur Verfügung. Besonders während der Covid Pandemie, bis weit hinein in das Berichtsjahr, war dieser Service für den Distanzunterricht sehr gefragt.

Die Leitfragen für den Lernzirkel „Überstromschutzorgane“ gibt es neben Deutsch auch in Englisch und in Polnisch. Klicken Sie hier, um das ganze Angebot zu sehen. Es ist bestimmt auch etwas für Ihre Anforderungen dabei. Auf unserer Webseite finden Sie ausführliche Informationen.

## Lernzirkelübergaben 2022

Im Berichtszeitraum wurden an vier Berufsschulen für die Fachbereiche Elektrotechnik und Mechatronik ein Lernzirkel „Überstromschutzorgane“ vergeben.



Staatliches Berufsschulzentrum „Heinrich Ehrhardt“ Eisenach, November 2022



Berufsbildende Schule Alfeld (Leine), Mai 2022



Berufsbildende Schule II Osterode, Mai 2022



# Kostenlose Fachpublikationen für Lehre und Praxis

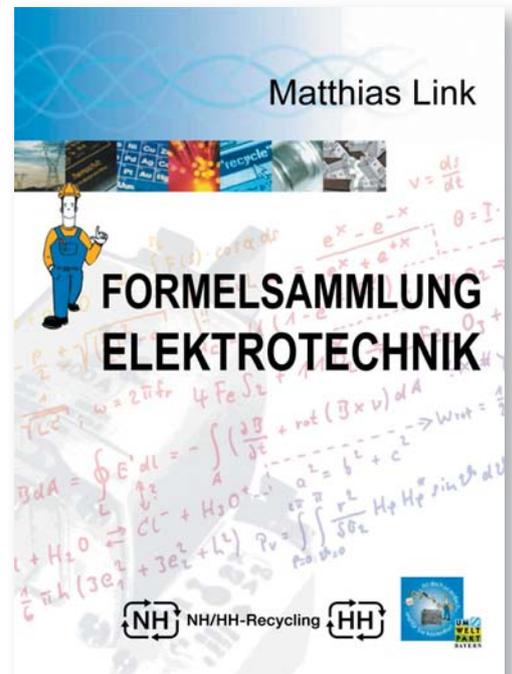


Der NH/HH-Recyclingverein verwendet einen wesentlichen Teil seiner Erlöse auf die Publikation von Fachliteratur, die berufsbildenden Schulen, Lehrwerkstätten, Handwerksbetrieben und Unternehmen in der Elektroindustrie für die tägliche Praxis kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Berufsbildende Schulen und Lehrwerkstätten erhalten auch gerne genügend Exemplare, um eine ganze Klasse damit auszustatten. Bestellen können Sie die Bücher auf der Webseite des Vereins.

## 7. Auflage des Sicherungshandbuchs von Dr.-Ing. Herbert Bessei

In der 7. Auflage des Sicherungshandbuchs, erschienen im März 2021, werden sowohl die weiterentwickelten internationalen Normen als auch Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben, die durch den NH/HH-Recyclingverein angeregt und finanziell unterstützt wurden, behandelt. Dazu gehören neben der wachsenden Bedeutung von Sicherungen in Gleichstromanwendungen auch häufig wiederkehrende Fragen aus der Praxis sowie zu Gebrauchslage und Lebensdauer von NH-Sicherungen.

## Formelsammlung Elektrotechnik von Matthias Link



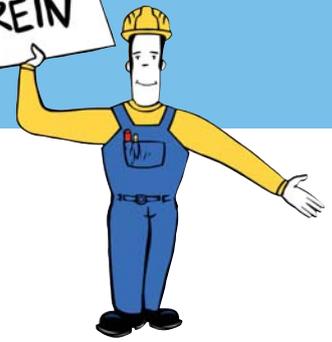
Der Autor ist Lehrer an der Heinrich-Hertz-Schule in Karlsruhe. Sein vom NH/HH-Recyclingverein herausgegebenes Nachschlagewerk ist ein viel benutztes Standardwerk in der Elektroindustrie sowie an berufsbildenden Schulen.

Der kompakte und klar strukturierte Aufbau ermöglicht ein schnelles Nachschlagen. Für Auszubildende deckt das Fachbuch die ersten vier Lernfelder sämtlicher Elektroberufe ab. Durch das Kapitel Wechselstromtechnik kommt es auch an technischen Gymnasien, Fachoberschulen und Berufskollegs zum Einsatz.

## Leitfaden zur Anwendung von Photovoltaik-Sicherungen von Dipl.-Ing. Peter Funtan



Eines der wenigen umfassenden Nachschlagewerke über die internationale Norm IEC 60269-6. Der NH/HH-Recyclingverein unterstützte diese Veröffentlichung des Fraunhofer Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel. Der Leitfaden ist ein beliebtes Lehrmittel in der Ausbildung und eignet sich ebenso für den täglichen Einsatz in der Praxis.



### ICEFA Wissensarchiv Online

Der NH/HH-Recyclingverein stellt sämtliche Fachvorträge aller internationalen ICEFA Konferenzen seit 1976 als PDF-Dokumente auf seiner Homepage zum kostenlosen Abruf bereit. Damit stellt der Verein einer interessierten Öffentlichkeit eine der größten Wissenssammlungen weltweit über Niederspannungs-, Mittel- und Hochspannungssicherungen sowie Miniatur Sicherungen zur Verfügung.



## Ausblick

Der NH/HH-Recyclingverein wird im Zuge seiner Vorstandssitzung im Mai 2023 mit einer Urkundenübergabe offiziell das Unternehmen ETI als neues Vereinsmitglied begrüßen. ETI hat sich seit seiner Gründung im Jahr 1950 bis heute unter anderem zu einem international führenden Lieferanten von Produkten und Dienstleistungen auf dem Gebiet der Elektroinstallation entwickelt. Das Unternehmen ist einer der führenden Hersteller von Schmelzsicherungen. Seine Produkte kommen in elektrischen Verteilungen in Wohnhäusern, Industrie und Energieversorgern weltweit zum Einsatz.

Vom 28. bis 30. März 2023 präsentiert sich der NH/HH-Recyclingverein auf der eltefa Messe in Stuttgart auf dem Stand des Fachverbandes Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg dem interessierten Fachpublikum.



21. Fachmesse für  
Elektro, Energie,  
Gebäude und Industrie

28. - 30. März 2023  
Messe Stuttgart

### IMPRESSUM

Verein zur Förderung des umweltgerechten Recycling von abgeschalteten NH/HH-Sicherungseinsätzen e.V.  
Hofmannstraße 6 • D-93491 Stamsried  
Telefon: +49 (0) 9466 – 91 03 75  
Email: info@nh-hh-recycling.de  
[www.nh-hh-recycling.de](http://www.nh-hh-recycling.de)

JETZT AUCH BEI

