

**NATIONALE VOLKSARMEE
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK**

Lit.-Nr.: 17/78

A 040/1/406

**Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-
Akkumulatoren
Beschreibung und Nutzung**

1978

Einführungsbestimmung zur A 040/1/406

Die Anleitung 040/1/406 Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren, Beschreibung und Nutzung wird erlassen und tritt am 01. 07. 1978 in Kraft. Gleichzeitig damit tritt die A 040/1/406 (DV-44/13) Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren, Ausgabejahr 1968 außer Kraft.

O. U., den 21. 03. 1978

Chef Nachrichten

Inhaltsverzeichnis

		Seite	Blatt
	Übersichts- und Einführungsteil	1	5
A	<u>Beschreibung</u>	A 1/1	
1.	Bestimmung	A 1/1	1
2.	Typenbezeichnungen und Unterscheidungsmerkmale	A 2/1	2
3.	Konstruktiver Aufbau	A 3/1	5
3.1.	Bestandteile der Akkumulatoren	A 3/1	
3.2.	Zellengefäß und -deckel	A 3/1	
3.3.	Einsatz	A 3/3	
3.4.	Elektrolyt	A 3/4	
4.	Wirkungsweise	A 4/1	3
4.1.	Elektrochemische Vorgänge in der Akkumulatorenzelle	A 4/1	
4.2.	Faktoren der Lebensdauer	A 4/3	
4.3.	Selbstentladung	A 4/5	
5.	Schaltung von Akkumulatoren	A 5/1	4
5.1.	Allgemeines	A 5/1	
5.2.	Reihenschaltung	A 5/1	
5.3.	Parallelschaltung	A 5/3	
5.4.	Gruppenschaltung	A 5/5	
6.	Nickel-Kadmium-Akkumulatoren	A 6/1	3
6.1.	Unterteilung	A 6/1	
6.2.	Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt	A 6/1	
6.3.	Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart	A 6/2	
6.3.1.	Akkumulatoren mit Lamellen	A 6/2	
6.3.2.	Akkumulatoren ohne Lamellen	A 6/3	
6.4.	Akkumulatoren gasdichter Bauart	A 6/4	

		Seite	Blatt
7.	Silber-Zink-Akkumulatoren	A 7/1	1
7.1.	Besonderheiten und Unterteilung	A 7/1	
7.2.	Konstruktiver Aufbau und Wirkungsweise	A 7/2	
B	<u>Nutzung</u>	B 1/1	
1.	Sicherheitsbestimmungen	B 1/1	3
1.1.	Bestimmungen für den Umgang mit Säuren und Laugen	B 1/1	
1.2.	Bestimmungen der technischen Sicherheit sowie des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes in Akkumulatorenladeeinrichtungen und -ladestationen	B 1/3	
1.3.	Maßnahmen der Ersten Hilfe	B 1/5	
2.	Laden und Entladen der Akkumulatoren	B 2/1	11
2.1.	Laden der Akkumulatoren	B 2/1	
2.1.1.	Allgemeines	B 2/1	
2.1.2.	Ladearten	B 2/1	
2.1.3.	Vorbereiten der Akkumulatoren zum Laden	B 2/4	
2.1.4.	Schaltungen zum Laden von Akkumulatoren	B 2/5	
2.1.5.	Laden der Akkumulatoren	B 2/9	
2.1.6.	Arbeiten nach dem Laden	B 2/10	
2.2.	Entladen der Akkumulatoren	B 2/10	
2.3.	Besonderheiten für Nickel-Kadmium-Akkumulatoren	B 2/12	
2.3.1.	Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt	B 2/12	
2.3.1.1.	Elektrolyt und Elektrolytwechsel	B 2/12	
2.3.1.2.	Laden der Akkumulatoren	B 2/12	
2.3.2.	Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart	B 2/15	
2.3.2.1.	Allgemeines	B 2/15	

	Seite	Blatt
2.3.2.2. Laden der Akkumulatoren	B 2/16	
2.3.2.3. Akkumulatoren mit Lamellen	B 2/17	
2.3.2.4. Akkumulatoren ohne Lamellen	B 2/18	
2.3.3. Akkumulatoren gasdichter Bauart	B 2/18	
2.4. Besonderheiten für Silber-Zink-Akkumulatoren	B 2/19	
2.4.1. Laden der Akkumulatoren	B 2/19	
2.4.2. Entladen der Akkumulatoren	B 2/22	
3. Wartung	B 3/1	9
3.1. Allgemeines	B 3/1	
3.2. Übersicht über durchzuführende Wartungsarbeiten	B 3/4	
3.3. Technologische Karten zum Durchführen der Wartungsarbeiten	B 3/6	
3.3.1. Technologische Karte Nr. 1 "Prüfen und Warten der Akkumulatoren"	B 3/6	
3.3.2. Technologische Karte Nr. 2 "Kontrollieren der Funktionsfähigkeit"	B 3/8	
3.3.3. Technologische Karte Nr. 3 "Wechseln des Elektrolyts"	B 3/12	
3.3.4. Technologische Karte Nr. 4 "Kontrollieren der Kapazität"	B 3/15	
4. Fehler, mögliche Ursachen und Beseitigung	B 4/1	4
5. Lagerung von Akkumulatoren, Elektrolyt und destilliertem Wasser	B 5/1	2
5.1. Akkumulatoren	B 5/1	
5.2. Elektrolyt und destilliertes Wasser	B 5/3	
<u>Anlagen:</u>		
1 Begriffsbestimmungen	A1/1	4
2 Normwerte der Akkumulatoren	A1/10	4
3 Richtwerte für nicht angegebene Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren	A1/17	1

		Seite	Blatt
4	Nickel-Kadmium-Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt	Al/19	14
5	Nickel-Kadmium-Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart	Al/47	19
6	Nickel-Kadmium-Akkumulatoren gasdichter Bauart	Al/85	4
7	Silber-Zink-Akkumulatoren	Al/93	2
8	Berechtigung zum Umgang mit Giften (Muster)	Al/97	1
9	Rechtsvorschriften und militärische Bestimmungen	Al/99	1

Anhänge:

1	Verantwortlichkeit und Aufgaben	Ah/1	2
2	Sicherheitstechnische Bestimmungen für die Einrichtung und Ausrüstung der Akkumulatorenladestationen	Ah/5	2
3	Algorithmus zur Kontrolle stationärer Akkumulatorenladestationen	Ah/9	5

Einleitung

Die Anleitung ist für die Nutzer und technischen Kräfte, die für die Wartung, Ladung und Instandsetzung von Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren eingesetzt und verantwortlich sind, bestimmt.

Sie enthält neben allgemeinen Angaben über den Aufbau und die Wirkungsweise die wichtigsten Bestimmungen, Technologien und technischen Angaben, die beim Umgang mit laugegefüllten Akkumulatoren beachtet werden müssen.

Die in dieser Anleitung beschriebenen Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren gehören zu den elektrochemischen Stromquellen, die als galvanische Elemente eine netzunabhängige Elektroenergiequelle darstellen.

Die galvanischen Elemente werden nach folgenden Arten unterschieden

- Primärelemente,
- Sekundärelemente,
- Brennstoffelemente.

Primärelemente sind galvanische Zellen, die sofort Elektroenergie abgeben und nach einem einmaligen Entladen, wenn sie keine elektrische Arbeit mehr leisten, unbrauchbar sind.

Sekundärelemente sind galvanische Zellen, die nach ihrer Entladung durch elektrische Energie, die von einer Gleichspannungsquelle zugeführt wird, wieder regeneriert werden können. Dieser Prozeß des Ladens und Entladens kann vielfach wiederholt werden. Sekundärelemente werden auch als Akkumulatoren bezeichnet, da sie die elektrische Energie speichern.

Brennstoffelemente sind galvanische Zellen, die so lange elektrische Energie erzeugen, wie den Elektroden Brennstoff und Oxydationsmittel zugeführt werden.

In der Nachrichtenausrüstung sind auf Grund ihrer Regenerierbarkeit vorwiegend Sekundärelemente eingesetzt, deren Elektroden aus hochwertigen Rohstoffen, wie Silber, Zink, Nickel und Kadmium, bestehen. Diese Rohstoffe werden mit einem hohen Reinheitsgrad verwendet. Durch besondere Konstruktionsformen und Anwendung dauerhafter Materialien werden die elektrischen Eigenschaften und die mechanische Stabilität der Akkumulatoren verbessert. Deren maximale Leistungsabgabe und

hohe Lebensdauer können jedoch nur garantiert werden, wenn die Bestimmungen zur Nutzung und Wartung der Akkumulatoren eingehalten werden. Daraus ergibt sich für jeden Nutzer die Pflicht, mit den Akkumulatoren gewissenhaft und entsprechend den festgelegten Bestimmungen umzugehen.

In dieser Anleitung wird bei mehreren in Reihe oder parallelgeschalteten Akkumulatorenzellen anstelle "Akkumulatoren-batterie" der Begriff "Akkumulator" verwendet.

A Beschreibung

1. Bestimmung

Zum Betreiben der Nachrichtenausrüstung werden als netzunabhängige Elektroenergiequellen vorrangig Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren eingesetzt.

Diese sind zur unmittelbaren Energieversorgung der Nachrichtengeräte, -gerätesätze und -anlagen bestimmt. In der Regel sind sie in tragbaren Geräten die einzige Stromquelle.

In motorisierten Gerätesätzen sind die Akkulatoren meist zur Reservestromversorgung und in einigen Fällen zur Sicherstellung eines Bordnetzes bestimmt.

2. Typenbezeichnungen und Unterscheidungsmerkmale

Die Typenbezeichnung der Akkumulatoren besteht aus den Kurzbezeichnungen seiner wichtigsten Charakteristiken.

Die Akkumulatoren werden hauptsächlich nach den verwendeten Materialien für die Elektroden (Tabelle A2/1), d. h., dem elektrochemischen System, unterschieden.

Weitere zusätzliche Unterscheidungen werden nach folgenden konstruktiven Merkmalen und technischen Charakteristiken vorgenommen:

- konstruktiver Aufbau der Plattensätze,
- Ausführung des Zellengefäßes,
- Anordnung der Anschlußklemmen,
- Anzahl und Anordnung der Zellen,
- Verwendungszweck,
- Menge und Zustand des Elektrolyts,
- elektrische Charakteristiken.

Die Typen der Akkumulatoren sind in Abhängigkeit vom Hersteller verschieden bezeichnet.

In der Typenbezeichnung der Akkumulatoren sowjetischer Produktion bedeuten

- a) die ersten Ziffern -
Anzahl der Zellen;
- b) die Buchstaben -
Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems (gemäß Tabelle A2/1);
- c) weitere Buchstaben vor der Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems -
Verwendungszweck, unterteilt nach
A - Anodenstromversorgung,
N - Heizstromversorgung,
T - Schienenfahrzeuge,
Sch - Grubenleuchten,
F - Handleuchten;
- d) weitere Buchstaben nach der Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems
- bei Nickel-Kadmium-Akkumulatoren
technologische Besonderheiten der Elektrodenherstellung,
z. B.

Tabelle A 2/1 Unterscheidung der Akkumulatoren nach dem Elektrodenmaterial

Bezeichnung des Akkumulators	Elektrodenmaterial des Akkumulators im geladenen Zustand		Kurzbezeichnung	
	a) positive Elektrode b) negative Elektrode	Symbol bzw. Formel	DDR	Ud SR
Nickel-Kadmium-Akkumulator	a) Nickeloxidhydroxid b) Kadmiumschwamm	NiOOH Cd	NK	KH
Nickel-Eisen-Akkumulator	a) Nickeloxidhydroxid b) Eisenschwamm	NiOOH Fe	NE	
Nickel-Zink-Akkumulator	a) Nickeloxidhydroxid b) Sinterzink	NiOOH Zn	NZ	
Silber-Zink-Akkumulator	a) Silberoxid b) Sinterzink	Ag ₂ O Zn	SZ	ClI

- P - gepreßte Elektroden,
- B - metallkeramische Elektroden,
- T - tablettenförmige Elektroden;
- bei Silber-Zink-Akkumulatoren
Nutzungseigenschaften, z. B.
 - D - geringe Entladeströme, 10 bis 20stündige Nutzung,
 - M - mittel- bis langfristige Nutzung;
- e) die Ziffern nach der Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems -
Nenn-Amperestundenkapazität (Leistungsvermögen);
- f) die römischen Zahlen nach der Benennung der Nenn-Amperestundenkapazität -
Anordnung der Zellen im Akkumulatorengehäuse, z. B.
 - I - in einer Reihe,
 - II - in zwei Reihen;
- g) die Buchstaben nach der Benennung der Nenn-Amperestundenkapazität -
konstruktive Ausführung des Akkumulatorengehäuses, z. B.
 - M - abnehmbarer Akkumulatorenendeckel,
 - K - Stahlrahmengestell,
 - T - Polbolzen an der Stirnseite.

Beispiel: Akkumulator 5 KN 100KT

5	Anzahl der Zellen
KN	Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems für Nickel-Kadmium-Akkumulatoren
100	Nenn-Amperestundenkapazität (100 Ah)
K	Stahlrahmengestell
T	Polbolzen an der Stirnseite

In der Typenbezeichnung der NK-Akkumulatoren der DDR-Produktion bedeuten

- a) die ersten Ziffern -
Nennspannung in Volt;
- b) die Buchstaben -
Kurzbezeichnung des elektrochemischen Systems (gemäß
Tabelle A 2/1);
- c) die letzten Ziffern -
Nenn-Amperestundenkapazität (Leistungsvermögen).

3. Konstruktiver Aufbau

3.1. Bestandteile der Akkumulatoren

Die Akkumulatorenzellen bestehen unabhängig von elektrochemischem System und Typ aus folgenden Hauptteilen:

- Zellengefäß und -deckel,
- Einsatz,
- Elektrolyt.

In Verbindung mit elektrisch leitenden und isolierenden Teilen stellen diese Hauptteile eine in sich geschlossene Einheit, die Akkumulatorenzelle, dar.

Entsprechend den Erfordernissen können mehrere Zellen mittels Zellenverbinder zu einem Akkumulator zusammengeschaltet und in einem Träger aus Holz oder Metall untergebracht werden.

3.2. Zellengefäß und -deckel

Das Zellengefäß dient zur Aufnahme des Einsatzes und des Elektrolyts. Durch die Verwendung der Seitenisolierung, die im allgemeinen aus PVC-Folie besteht, ist ein Berühren der Bestandteile des Einsatzes mit dem Zellengefäß ausgeschlossen.

An der Oberseite ist das Zellengefäß mit einem Zellendeckel verschlossen, durch den die Polbolzen hindurchgeführt sind. Hinsichtlich der Ausführung der Akkumulatoren treten folgende Unterschiede auf:

- a) Bei Akkumulatoren mit Entgasungseinrichtung enthält der Zellendeckel zusätzlich die Füllöffnung der Zelle, die durch eine Spezialschraube mit Gummiventil (Füllverschluß) verschlossen ist.
- b) Das Zellengefäß besteht bei Nickel-Kadmium-Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt aus vernickeltem Stahlblech, auf das außen meist ein zusätzlicher alkalibeständiger Korrosionsschutzüberzug aus Farbe oder Bitumen aufgetragen ist. Bei einigen Typen sowjetischer

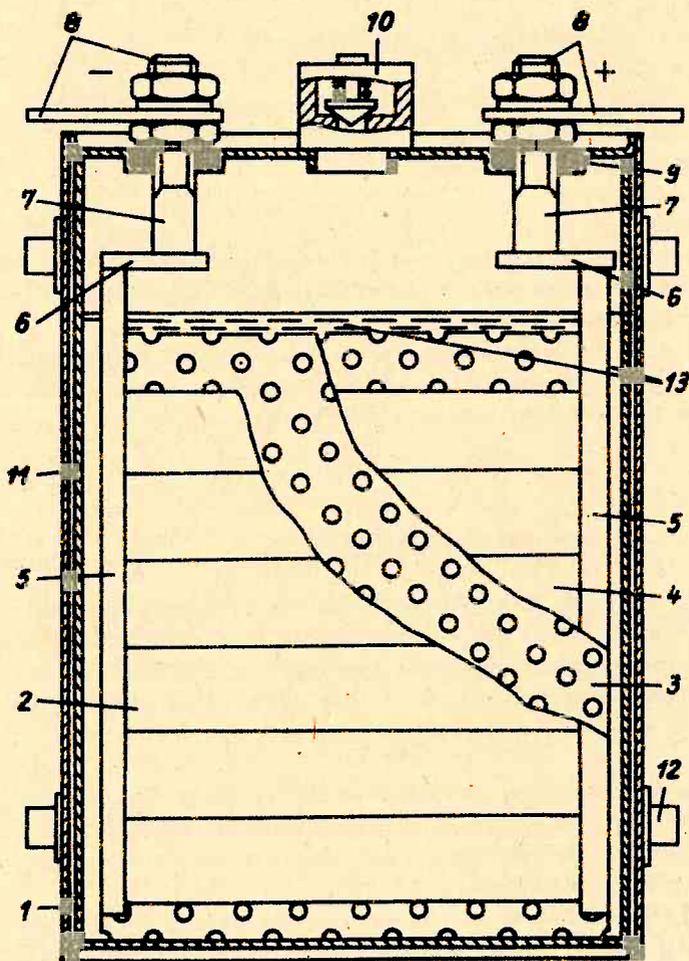


Bild A 3/1 Nickel-Kadmium-Akkumulator (Schnitt)

1 - Gehäuse; 2 - negative Elektrode; 3 - Scheider; 4 - positive Elektrode; 5 - Elektrodenfahne; 6 - Polbrücke; 7 - Polbolzen; 8 - Pol mit Zellenverbinder; 9 - isolierte Poldurchführung mit Gummidichtung; 10 - Entgasungseinrichtung; 11 - Seitenisolierung; 12 - Aufhängezapfen; 13 - Elektrolyt

Produktion dient das Gefäßmaterial zur elektrischen Verbindung der Akkumulatorenzellen (Akkumulator 2 NKN 24), es ist jedoch in keinem Fall an der elektrochemischen Reaktion beteiligt.

- c) Bei Nickel-Kadmium-Akkumulatoren gasdichter Bauart werden die Zellen als geschlossenes Gefäß in einem schlag- und stoßfesten Plastikbehälter untergebracht (Akkumulator 12 NK 2) oder als Einzelzelle hergestellt (Rundzelle 1,2 NK 3).
- d) Das Zellengefäß der in der Nachrichtenausrüstung eingesetzten Silber-Zink-Akkumulatoren besteht aus durchsichtigem Plastik.

Um die Korrosionsbeständigkeit und Isolationseigenschaften der Zellengefäße zu erhöhen, wird auch für NK-Akkumulatoren zunehmend Plastik eingesetzt (Akkumulator 2 NKU 25).

3.3. Einsatz

Der Einsatz besteht aus einem positiven und einem negativen Plattensatz, den Scheidern und verschiedenen Verbindungselementen. Konstruktiv sind die Plattensätze im Einsatz ineinander geschachtelt, so daß positive und negative Platten aufeinander folgen. In der Regel befindet sich zwischen zwei negativen Platten eine positive Platte; bei Silber-Zink-Akkumulatoren ist jedoch zwischen zwei positiven Platten eine negative Platte angeordnet.

Der Plattensatz, auch Elektrodensatz genannt, enthält mehrere Platten gleicher Polarität. Das Gerüst einer Platte ist der Masseträger, in den die Aktivmasse (wirksame Masse) eingebracht wird.

In den Platten (Elektroden) wird durch die chemische Reaktion der wirksamen Masse die elektrische Energie beim Laden gespeichert bzw. beim Entladen abgegeben. Je nach Ausführungsform der Elektroden werden Taschenelektroden, Röhrenelektroden und Sinterelektroden unterschieden:

- a) Bei Taschenelektroden ist die Aktivmasse, die sich in rechteckigen, taschenförmigen Behältern aus dünnen vernickeltem und perforiertem Stahlband befindet, entweder

eingeschüttet oder in Tablettenform eingebracht. Die Kapazität dieser Elektroden ist von der Anzahl der Taschen abhängig.

- b) Bei Röhrenelektroden ist die positive Aktivmasse in die aus perforiertem und vernickeltem Stahlband gewickelten Röhren eingestampft. Durch Aneinanderreihen der Röhren werden Elektroden verschiedener Kapazität hergestellt.
- c) Bei Sinterelektroden befindet sich das Trägergerüst innerhalb der Aktivmasse. Auf ein Nickeldrahtgewebe oder sehr dünnes perforiertes Metallband ist beiderseits Nickelpulver aufgebracht und gesintert. Sinterelektroden sind hochaktiv.

Der Scheider, im allgemeinen eine isolierende und gewellte elektrolytdurchlässige PVC-Folie, befindet sich zwischen den positiven und negativen Elektroden. Er verhindert das Berühren der Platten verschiedener Polarität. (Plattenschluß) und einen Durchtritt der wirksamen Masse von der einen zur benachbarten Elektrode.

Die Polbrücken verbinden die Elektroden gleicher Polarität elektrisch und mechanisch zu einem Plattensatz, indem sie auf die Elektrodenfahnen aufgebracht werden.

Der Polbolzen ist auf dem Plattensatz befestigt und oberhalb des Zellendeckels mit einem Schraubgewinde versehen. Er dient dem elektrischen Anschluß an die Nachbarzelle bzw. an den Verbraucher der Elektroenergie. Um einen Kurzschluß zwischen positivem und negativem Plattensatz auszuschließen, ist die Poldurchführung gegen den Deckel isoliert. Eine Gummidichtung verhindert den Austritt von Elektrolyt.

3.4. Elektrolyt

Der Elektrolyt bildet neben der wirksamen Masse die Voraussetzung zum Ablauf der elektrochemischen Vorgänge im Akkumulator.

Er gewährleistet dabei den Energietransport zwischen den positiven und negativen Platten.

Bei Nickel-Kadmium- und Silber-Zink-Akkumulatoren wird als Elektrolyt vorwiegend verdünnte Kalilauge verwendet. Werden

jedoch Nickel-Kadmium-Akkumulatoren unter tropischen Klimabedingungen eingesetzt, ist als Elektrolyt Natriumlauge aufzufüllen. Durch einen Zusatz von Lithiumhydroxid LiOH zur Kali- bzw. Natriumlauge wird die Lebensdauer von Nickel-Kadmium-Akkumulatoren verlängert.

Die Kalilauge ist eine wasserklare, stark ätzende Flüssigkeit. Sie wird durch Auflösen von chemisch reinem Atzkali (Kaliumhydroxid KOH) in destilliertem Wasser hergestellt, wobei das Verhältnis der aufgelösten Anteile festen Atzkalis zur Lösungsmenge an destilliertem Wasser die Dichte der Kalilauge in g cm^{-3} ergibt. An die als Elektrolyt verwendete Kalilauge werden hinsichtlich der Dichte und der Reinheit besondere Anforderungen gestellt:

a) Die Dichte der Kalilauge ist für jeden Akkumulatorentyp vorgegeben (Anlage 2). Sie wird als Elektrolytendichte bezeichnet und muß unter normalen klimatischen Bedingungen betragen:

- $(1,20 \pm 0,01) \text{ g cm}^{-3}$ für Nickel-Kadmium-Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt,
- $(1,15 \pm 0,01) \text{ g cm}^{-3}$ für Nickel-Kadmium-Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart,
- $(1,40 \pm 0,02) \text{ g cm}^{-3}$ für Silber-Zink-Akkumulatoren.

Da der Elektrolyt an der Gesamtreaktion unbeteiligt ist - er dient lediglich zum Energietransport - verändert sich die Dichte der Kalilauge nur beim Entladen (geringfügiger Anstieg um etwa $0,01 \text{ g cm}^{-3}$) infolge des Verbrauches von Wasser. Die Dichte der Kalilauge ist jedoch kein Maßstab für den Ladezustand der Zellen.

b) Die Reinheit der Kalilauge kann durch Verunreinigungen mit einigen Metallen und chemischen Verbindungen (Tabelle A 3/1) sowie durch eine Reaktion zwischen Kalilauge und Kohlendioxid der Luft (Bildung von Kaliumkarbonat K_2CO_3) beeinträchtigt werden. Von ihr hängt wesentlich die Brauchbarkeit des Elektrolyts ab.

c) In Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ist Elektrolyt verschiedener Dichte und Zusammensetzung zu verwenden.

Da Nickel-Kadmium-Akkumulatoren nur bei Temperaturen bis

zu -40°C und Silber-Zink-Akkumulatoren nur bei Temperaturen bis zu -30°C einzusetzen sind, tritt ein Einfrieren der Kalilauge, die erst bei einer Temperatur von -70°C (Bild A 3/2) erstarrt, praktisch nicht auf.

Auf Grund der gemäßigten durchschnittlichen Umgebungstemperatur im mitteleuropäischen Raum ist ein Wechsel des Elektrolyte auf "Winterelektrolyt" (höhere Dichte) nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Das Lithiumhydroxid (Ätzlithium LiOH) oder Lithiumhydroxidmonohydrat ($\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$) ist in Abhängigkeit vom Akkumulatorentyp und dem Temperaturbereich dem Elektrolyt zuzusetzen.

Lithiumhydroxidmonohydrat enthält bis zu 50 % Ätzlithium, so daß bei einem Zusatz von 20 g l^{-1} an $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ tatsächlich nur bis zu 10 g l^{-1} LiOH im Elektrolyt enthalten sind.

Ätzlithium (fest) kann dem Ätzkali (fest) oder der Kalilauge unter ständigem Umrühren zugesetzt werden. Es kann auch in einem Fertiggemisch mit Ätzkali (Verhältnis von Ätzkali zu Ätzlithium: 0,04...0,0045) in fester Form (Stücke, Schuppen oder Körnchen) bzw. in Form konzentrierter Lösungen geliefert werden.

Die Zusätze an $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ und die Elektrolytendichten in Abhängigkeit vom Einsatztemperaturbereich sind für einige Akkumulatorentypen in Tabelle A 3/2 angegeben.

Das destillierte Wasser, auch gereinigtes Wasser genannt, ist zum Herstellen des Elektrolyts und zum Nachfüllen zu verwenden. Es muß klar, farb- und geruchlos sein, darf keine Öltropfen enthalten und nicht mit Bleiteilen in Berührung kommen.

Destilliertes Wasser muß nach TGL 200-4593 mindestens nachstehenden Anforderungen genügen:

- a) Der Eindampfungsrückstand darf 10 mg l^{-1} nicht überschreiten.
- b) Der pH-Wert einer abgekochten Probe destillierten Wassers muß zwischen 5...7 liegen (Kontrolle mit Lyphanpapier).
- c) Die Metalle der Schwefelwasserstoffgruppe und Eisen, Nickel, Chrom, Mangan sowie Chlor-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen, qualitativ geprüft mit den entsprechenden Reagenzien, dürfen im destillierten Wasser nicht nachweisbar sein.

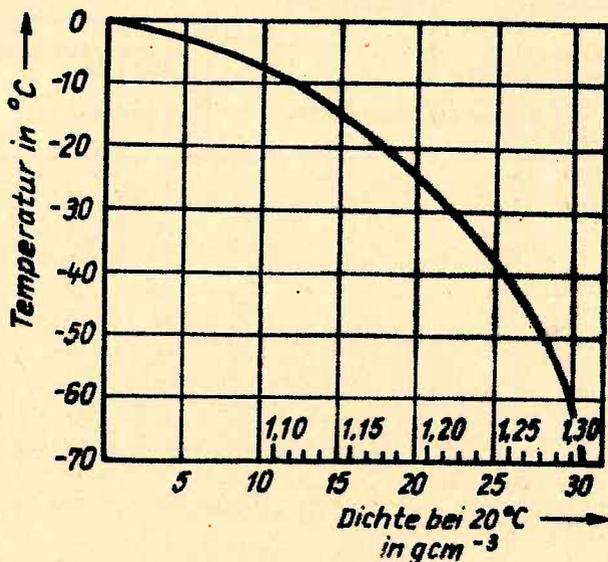


Bild A 3/2 Beginn der Eisabscheidung bei Kalilauge in
Abhängigkeit von der Dichte

Tabelle A 3/1 Höchstzulässige Verunreinigungen von verdünnter
Kalilauge für Sekundärelemente (nach
TGL 200-4593)

Verunreinigung		Anteil in % (Maximalwert)
Symbol/Formel	Bezeichnung	
K_2CO_3	Kaliumkarbonat (Pottasche)	1,5
NaOH	Natriumhydroxid	1,5
KCl	Kaliumchlorid	0,04
SiO_2	Siliziumdioxid	0,01
Fe	Eisen	0,006
S (gesamt)	Schwefel	0,002

Verunreinigung		Anteil in % (Maximalwert)
Symbol/Formel	Bezeichnung	
Kaliumpermanganat reduzierende Stoffe		2 mg/100 g KOH
Metalle der Schwefelwasserstoff- gruppe (als Pb)		Spuren

Tabelle A 3/2 Zusammenhang zwischen Umgebungstemperatur und Zusammensetzung des Elektrolyten

Akkumulatoren- typ	Temperatur- bereich in °C	Elektrolytzusammen- setzung	Dichte in g cm ⁻³	Zusatz an LiOH · H ₂ O in g l
KNTB 80	-10...+50	Kalilauge mit LiOH · H ₂ O Zusatz	1,14...1,16	20
KN 14, KN 32,	-40...-10	Kalilauge	1,26...1,28	ohne
	-15...+35	Kalilauge mit LiOH · H ₂ O Zusatz	1,14...1,16	20
KN 55 usw.	-40...-15	Kalilauge	1,25...1,27	ohne
KN 10, KN 22,	-19...+35	Kalilauge mit LiOH · H ₂ O Zusatz	1,19...1,21	20
	-40...-20	Kalilauge	1,25...1,27	ohne
KN 45, KN 60, KN 100 usw.	-15...+50	Kalilauge mit LiOH · H ₂ O Zusatz	1,14...1,16	5...10
	-40...-15	Kalilauge	1,26...1,28	ohne
2 KNB 15, KNP 20, KNP 24, 2 KNB 32 usw.	-50...-40	Kalilauge	1,28...1,29	ohne
	-15...+35	Kalilauge mit LiOH · H ₂ O	1,19...1,21	9...11
2 FKN-8-I-II	-40...-15	Kalilauge	1,26...1,28	ohne
	-20...+35	Kalilauge	1,38...1,42	ohne
SZD 12, SZM 5 usw.				

4. Wirkungsweise

4.1. Elektrochemische Vorgänge in der Akkumulatorenzelle

Werden zwei verschiedene elektrisch leitende Materialien - Elektroden - in eine elektrisch leitende Flüssigkeit - Elektrolyt - eingetaucht, bildet sich zwischen ihnen eine elektrische Spannung. Werden anschließend diese Elektroden über einen elektrischen Verbraucher verbunden, setzt eine chemische Reaktion ein. Dabei verändert sich der chemische Aufbau der beiden Elektroden. Bei diesem Vorgang wird chemische Energie frei, die an den Elektroden größtenteils als elektrische Energie abgenommen werden kann. Über den Verbraucher fließt Strom.

Im Prinzip fließt so lange Strom, bis die chemische Reaktion beendet ist. Primärelemente sind nach Beendigung der chemischen Reaktion unbrauchbar. Bei Sekundärelementen (Akkumulatoren) ist die chemische Reaktion umkehrbar. Dabei ist zu beachten:

- a) Die Größe der entstehenden Spannung richtet sich nach dem verwendeten Elektrodenmaterial.
- b) Die entnehmbare Energiemenge ist abhängig von der Menge der an der chemischen Reaktion beteiligten wirksamen Masse und dem Zustand des Elektrolyts.

Im allgemeinen besteht die wirksame Masse in Abhängigkeit vom Akkumulatorentyp und Ladezustand aus folgendem Material:

a) Nickel-Kadmium-Akkumulator

- vor dem Laden

positiver Plattensatz

Nickelhydroxid $Ni(OH)_2$

negativer Plattensatz

Kadmiumhydroxid $Cd(OH)_2$

- nach dem Laden

positiver Plattensatz

Nickel (III) oxidhydroxid
 $NiOOH$

negativer Plattensatz

Kadmium Cd.

b) Silber-Zink-Akkumulator

- vor dem Laden

positiver Plattensatz

poröses Silber

negativer Plattensatz

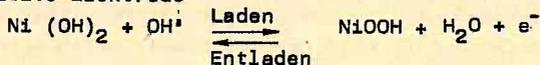
Zink/Zinkoxid-Gemisch

- nach dem Laden
- positiver Plattensatz Silberoxid
- negativer Plattensatz poröses Zink.

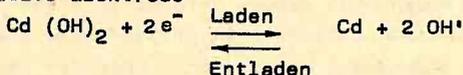
Während des Ladens und Entladens laufen an den Elektroden folgende chemische Reaktionen ab:

a) Nickel-Kadmium-Akkumulator

- positive Elektrode



- negative Elektrode

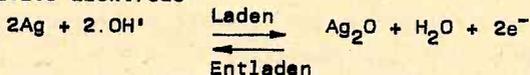


- Gesamtreaktion

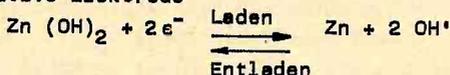


b) Silber-Zink-Akkumulator

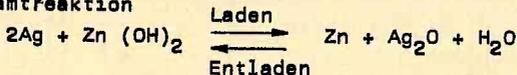
- positive Elektrode



- negative Elektrode



- Gesamtreaktion



Nach dem Entladen hat die wirksame Masse der Plattensätze beider Akkumulatortypen wieder ihre ursprüngliche stoffliche Zusammensetzung erhalten. Die Akkumulatoren können erneut geladen werden. Der Elektrolyt - die Kalilauge - ist an der chemischen Reaktion unbeteiligt.

Das einmalige Laden und Entladen des Akkumulators wird als Zyklus (Lade- und Entladezyklus) bezeichnet. Die Lebensdauer, auch Nenn-Betriebsdauer genannt, wird in einer Anzahl Zyklen oder Zeiteinheiten angegeben.

4.2. Faktoren der Lebensdauer

Die chemischen Vorgänge im Akkumulator können nur ungestört verlaufen, wenn die ermittelten günstigsten Betriebswerte eingehalten werden und die Wartung mit besonderer Sorgfalt durchgeführt wird.

Jedes Abweichen von den Betriebswerten sowie jede Nachlässigkeit in der Wartung stören den ordnungsgemäßen Ablauf der chemischen Reaktionen im Akkumulator und hinterlassen bleibende Schäden. Die Kenntnis der Faktoren der Lebensdauer sowie der Folgeerscheinungen bei Nichtbeachtung dieser Faktoren sind daher unbedingt erforderlich.

Die Lebensdauer ist von folgenden hauptsächlichsten Faktoren abhängig:

- Elektrolytendichte,
- Elektrolytstand,
- Elektrolyttemperatur,
- Reinheitsgrad des Elektrolyts,
- Lade- und Entladestrom,
- Formierung,
- Beschädigung,
- Verunreinigung der äußeren Teile.

Die Werte für die Elektrolytendichte sind in den Normwerten der einzelnen Akkumulatortypen enthalten (Anlage 2). Abweichungen vom Normwert wirken sich wie folgt aus:

- a) Bei einer zu hohen Dichte wird die an der chemischen Reaktion beteiligte wirksame Masse überlastet und vorzeitig zerstört.
- b) Zu niedrige Dichte führt zur Verschlechterung des Verhältnisses von abgegebener zur zugeführten Energiemenge (Amperestunden-Wirkungsgrad). Der ständige Betrieb mit zu niedriger Dichte wirkt sich ebenfalls schädigend auf die wirksame Masse aus.

Die Höhe des Elektrolytstandes über der Plattenoberkante ist den Normwerten zu den einzelnen Akkumulatortypen zu entnehmen (Anlagen 2 und 4 bis 7). Dabei ist zu beachten:

- a) Elektrolytstand unter der Plattenoberkante verringert die an der chemischen Reaktion beteiligte wirksame Masse und führt zur Verminderung der Kapazität des Akkumulators.

b) Zu hoher Elektrolytstand verkleinert den erforderlichen freien Raum (Gasungsraum) des Akkumulators. Der Akkumulator "baucht" auf und wird zerstört.

Die Elektrolyttemperatur beträgt +20 °C. Alle Abweichungen davon beeinflussen die Elektrolyttenndichte. Diese verändert sich entsprechend den Angaben der Tabelle A 4/1.

Tabelle A 4/1 Abhängigkeit zwischen Elektrolyttemperatur und -ndichte

Temperatur in °C	Elektrolyttenndichte in g cm ⁻³
-10	1,220
0	1,215
<u>+20</u>	<u>1,200</u>
+30	1,195
+40	1,190
+50	1,185

Durch die Veränderung der Elektrolyttenndichte in Abhängigkeit von der Elektrolyttemperatur nach beiden Seiten treten Fehler und Schäden auf, die bereits unter "Elektrolyttenndichte" erläutert sind. Der Einfluß der Temperatur auf die Elektrolyttenndichte muß besonders beim Laden beachtet werden. Am günstigsten ist normale Raumtemperatur.

Der im Akkumulator verwendete Elektrolyt hat einen vorgeschriebenen Reinheitsgrad (Tabelle A 3/2).

Die genannten Verunreinigungen beeinträchtigen die einwandfreie Funktion des Elektrolyts und der Aktivmasse. Der Elektrolyt verliert insbesondere durch Kaliumcarbonat einen Teil seiner Leitfähigkeit, da sich sein innerer Widerstand erhöht. Kaliumcarbonat bildet sich bei der Reaktion der Kalilauge mit dem Kohlendioxid der Luft:



Es sind deshalb die Füllverschlüsse des Akkumulators grundsätzlich geschlossen zu halten.

Die Werte für die Lade- und Entladeströme sind in den Normwerten zu den einzelnen Akkumulatortypen enthalten (Anlagen 2 und 4 bis 7). Zu hohe Lade- und Entladeströme führen zur Erwärmung, zum Schäumen und zum Überkochen des Elektrolyts. Bei zu niedrigen Lade- und Entladeströmen treten keine Schäden auf.

Bei der Formierung müssen die Art und die Reihenfolge der vorgeschriebenen Arbeitgänge und -stufen unbedingt eingehalten werden, damit die wirksame Masse voll aktiviert wird, und der Akkumulator seine volle Kapazität erreicht.

Beschädigungen an den äußeren Teilen des Akkumulators treten bei starken Stößen und Schlägen, durch Benutzen scharfkantiger Werkzeuge zum Reinigen, beim Austritt des Elektrolyts und beim Verwenden falscher Reinigungschemikalien auf.

Bei Verunreinigungen der äußeren Teile, z. B. Karbonatkrusten, Staub und Feuchtigkeit, erhöht sich der Grad der Korrosion. Gleichzeitig stellen diese Verunreinigungen einen Verbraucher dar, an welchem Energieverluste auftreten.

Die genannten Faktoren der Lebensdauer und die Fehlerursachen tragen allgemeingültigen Charakter. Sie beinhalten keine Typenbesonderheiten. Es sind daher unbedingt die speziellen Hinweise zur Nutzung und Wartung der einzelnen Akkumulatortypen zu beachten.

4.3. Selbstentladung

Unter Selbstentladung ist die Erscheinung zu verstehen, daß Akkumulatoren ohne angeschlossenen Verbraucher einen Teil ihrer Energie verlieren. Zeitabhängige Selbstentladungen treten bei allen Akkumulatortypen auf, die im geladenen Zustand aufbewahrt werden. Sie werden durch innere Vorgänge im Akkumulator ausgelöst und können durch verschiedene Faktoren hervorgerufen (z. B. Kurzschlüsse) sowie begünstigt (z. B. Aufbewahrung bei erhöhter Umgebungstemperatur) werden. Die normalen Werte der Selbstentladung für Nickel-Kadmium-Akkumulatoren sind in Tabelle A 4/2 angegeben.

Tabelle A 4/2 Selbstentladung der Nickel-Kadmium-Akkumulatoren

Lagerzeit in Tagen	Verlust der Nenn-Amperestundenkapazität in %
7	15
14	21
30	24
60	27
90	30
120	32
180	36
240	40
300	44
360	48

Bei einem ständigen Betrieb ist die Selbstentladung nicht unmittelbar erkennbar. Sie darf bei einer Lagerung der Nickel-Kadmium-Akkumulatoren von 28 Tagen bei einer Umgebungstemperatur von +20 °C maximal 35 % betragen (TGL 3355 und TGL 22 807). In der Regel sind deshalb Akkumulatoren, die länger als 30 Tage nicht genutzt werden, einer Ausgleichsladung zu unterziehen.

Die Selbstentladung der Silber-Zink-Akkumulatoren beträgt nach 95 Tagen etwa 20 % der Nenn-Amperestundenkapazität. Sie ist geringer als die der Nickel-Kadmium-Akkumulatoren. Durch die Einwirkung äußerer Faktoren (Kurzschlüsse, Verschmutzungen, hohe Feuchtigkeit usw.) können Akkumulatoren ebenfalls an Kapazität verlieren. Diese Faktoren bilden unerwünschte Verbraucher, über die sich die Akkumulatoren gleichfalls selbst entladen.

5. Schaltung von Akkumulatoren

5.1. Allgemeines

Bei jeder geladenen Akkumulatorenzelle kann, entsprechend dem jeweiligen Typ, eine bestimmte elektrische Nennspannung zwischen den Zellenpolen gemessen und eine festgelegte Elektrizitätsmenge (Nenn-Amperestundenkapazität) während des Entladens in einer befristeten Zeit entnommen werden. Diese Nennspannung und Nenn-Amperestundenkapazität einer einzelnen Zelle sind für die meisten Typen der Nachrichtengeräte, -geräte-sätze und -anlagen zu gering. Es ist daher erforderlich, mehrere Zellen zu einer Akkumulatorenbatterie zu vereinigen.

Es werden dabei folgende Schaltungsvarianten gewählt:

- Reihenschaltung höhere Nennspannung,
- Parallelschaltung höhere Nenn-Amperestundenkapazität,
- Gruppenschaltung gleichzeitig höhere Nennspannung und
Nenn-Amperestundenkapazität.

Am häufigsten wird die Reihenschaltung der Zellen angewandt. Die einzelnen Varianten werden auch zum Zusammenschalten von Akkumulatoren genutzt.

5.2. Reihenschaltung

Die Reihenschaltung von Zellen zu einem Akkumulator wird erreicht, indem der positive Plattensatz der einen Zelle mit dem negativen Plattensatz der anderen Zelle verbunden wird (Bild A 5/1). Dabei ist die Nennspannung des Akkumulators gleich der Summe der Nennspannungen der in Reihe geschalteten Zellen.

Die durch eine Reihenschaltung von mehreren Zellen erreichte Nennspannung läßt sich durch folgende Gleichung ermitteln:

$$U_{\text{ges.}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Die Reihenschaltung von Akkumulatoren ist in gleicher Art vorzunehmen.

Beispiel: Werden vier Akkumulatoren 2,4 NK 25 mit je einer Nennspannung von 2,4 V in Reihe geschaltet, ergibt sich folgende Gesamtspannung

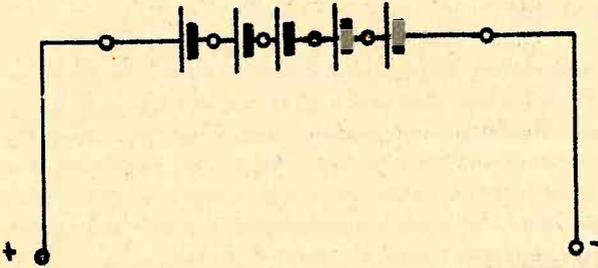


Bild A 5/1 Reihenschaltung von Zellen

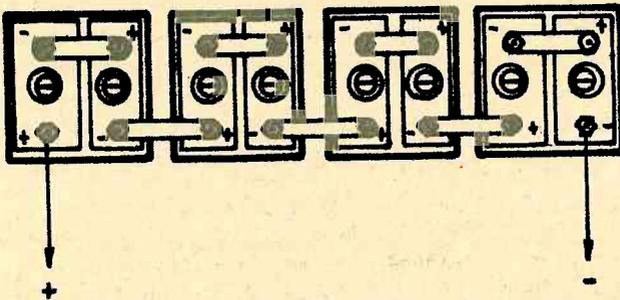
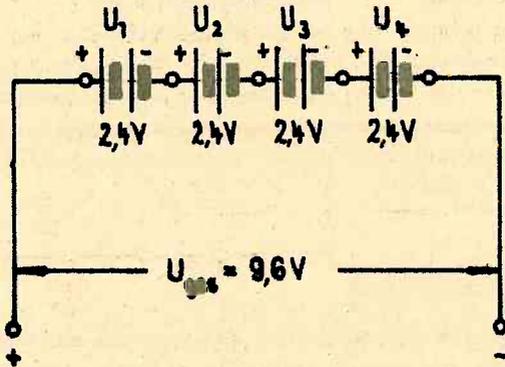


Bild A 5/2 Reihenschaltung von Nickel-Kadmium-Akkumulatoren
2,4 NK 25

$U_{\text{ges.}}$:

$$U_{\text{ges.}} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

$$U_{\text{ges.}} = 2,4 \text{ V} + 2,4 \text{ V} + 2,4 \text{ V} + 2,4 \text{ V}$$

$$U_{\text{ges.}} = 9,6 \text{ V}$$

Die Nenn-Amperestundenkapazität von 25 Ah ändert sich bei der Reihenschaltung nicht.

5.3. Parallelschaltung

Die Parallelschaltung von Zellen zu einem Akkumulator wird erreicht, indem alle positiven und alle negativen Plattensätze jeweils untereinander verbunden werden (Bild A 5/3). Dabei ist die Nenn-Amperestundenkapazität des Akkumulators gleich der Summe der Nenn-Amperestundenkapazität der einzelnen Zellen. Die Größe der Akkumulatorenspannung entspricht der Nennspannung einer einzelnen Zelle.

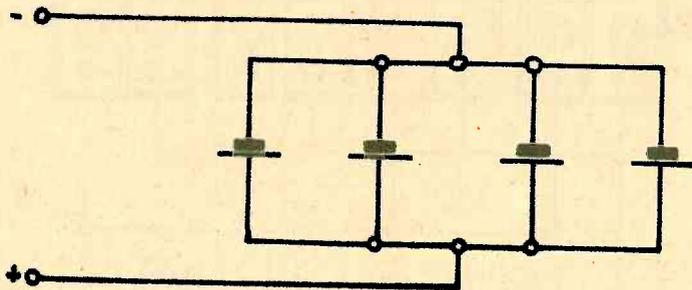


Bild A 5/3 Parallelschaltung von Zellen

Die durch eine Parallelschaltung von mehreren Zellen erreichte Nenn-Amperestundenkapazität (als Ladungsmenge $Q = J \cdot t$ dargestellt) läßt sich durch folgende Gleichung ermitteln:

$$Q_{\text{ges.}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

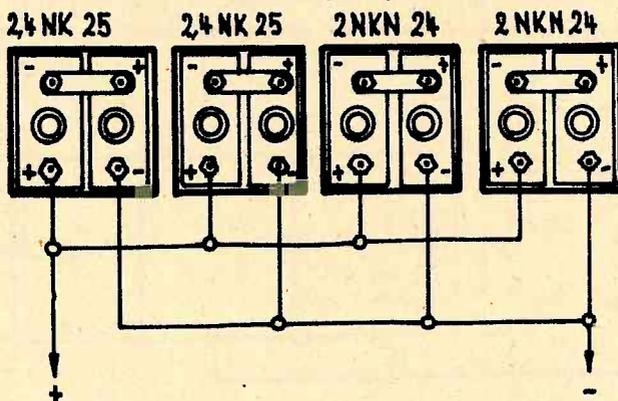
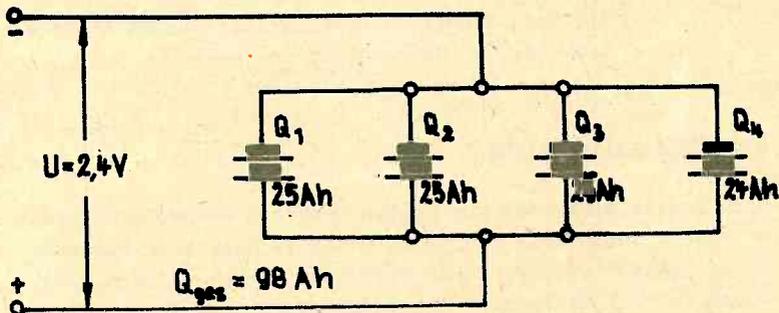


Bild A 5/4 Parallelschaltung von je zwei Nickel-Kadmium-
Akkumulatoren 2,4 NK 25 und 2,4 NKN 24

Die Parallelschaltung von Akkumulatoren ist in der gleichen Art vorzunehmen. Bei diesen Schaltungen ist zu beachten, daß nur Zellen bzw. Akkumulatoren gleichen elektrochemischen Systems, gleicher Nennspannung und nach Möglichkeit gleichen Ladezustandes parallelgeschaltet werden dürfen. Bei unterschiedlichen Ladezuständen fließen unkontrollierbare Ausgleichsströme.

Beispiel: Werden zwei Akkumulatoren 2,4 NK 25 und zwei Akkumulatoren 2 NKN 24 parallelgeschaltet, ergibt sich folgende Gesamt-Amperestundenkapazität

$Q_{\text{ges.}}$:

$$Q_{\text{ges.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{\text{ges.}} = 25 \text{ Ah} + 25 \text{ Ah} + 24 \text{ Ah} + 24 \text{ Ah}$$

$$Q_{\text{ges.}} = 98 \text{ Ah}$$

Die Nennspannung von 2,4 V ändert sich bei der Parallelschaltung nicht.

Schaltungstechnisch stellt diese Parallelschaltung von Akkumulatoren eine Gruppenschaltung von Zellen nach Abschnitt 5.4. Buchst. a dar.

5.4. Gruppenschaltung

Die Gruppenschaltung ist die gleichzeitige Anwendung von Parallel- und Reihenschaltung. Sie wird gebildet durch:

- a) Parallelschaltung von zwei bzw. mehr Gruppen, die aus in Reihe geschalteten Zellen bestehen (jede Gruppe besitzt die gleiche Anzahl von Zellen gleichen Typs) nach Bild A 5/5 oder
- b) Reihenschaltung von zwei bzw. mehr Gruppen, die aus parallelgeschalteten Untergruppen bestehen (jede Untergruppe besitzt die gleiche Anzahl von Zellen gleichen Typs) nach Bild A 5/6.

Bei den Gruppenschaltungen sind die in den Abschnitten A 5.2 und A 5.3. angegebenen Bedingungen ebenfalls einzuhalten. Die Herstellung von Gruppenschaltungen mit Akkumulatoren ist in der gleichen Art vorzunehmen (Bilder A 5/7 und A 5/8).

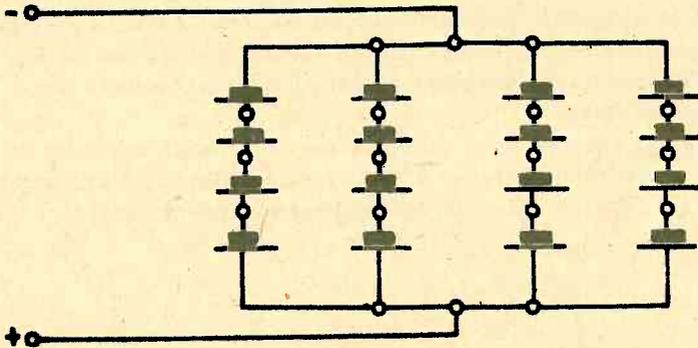


Bild A 5/5 Gruppenschaltung von Zellen durch Parallelschaltung

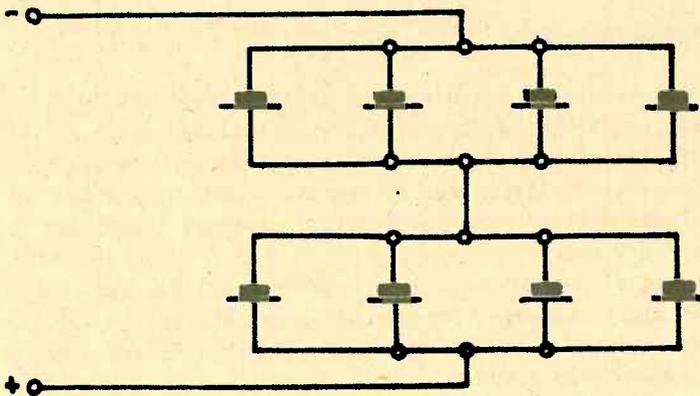


Bild A 5/6 Gruppenschaltung von Zellen durch Reihenschaltung

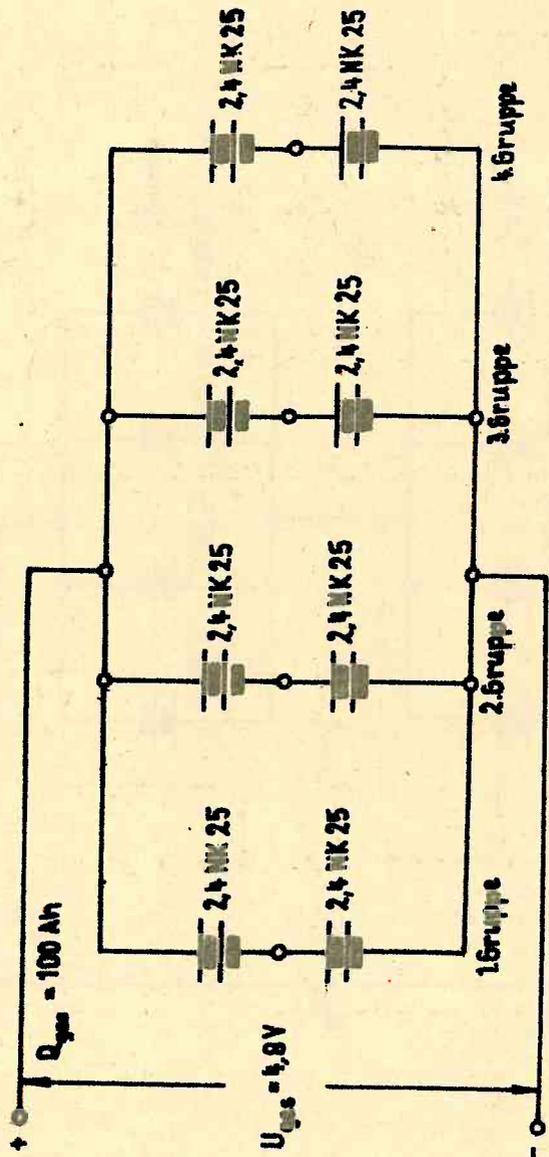


Bild A 5/7 Gruppenschaltung durch Parallelschaltung von vier Gruppen

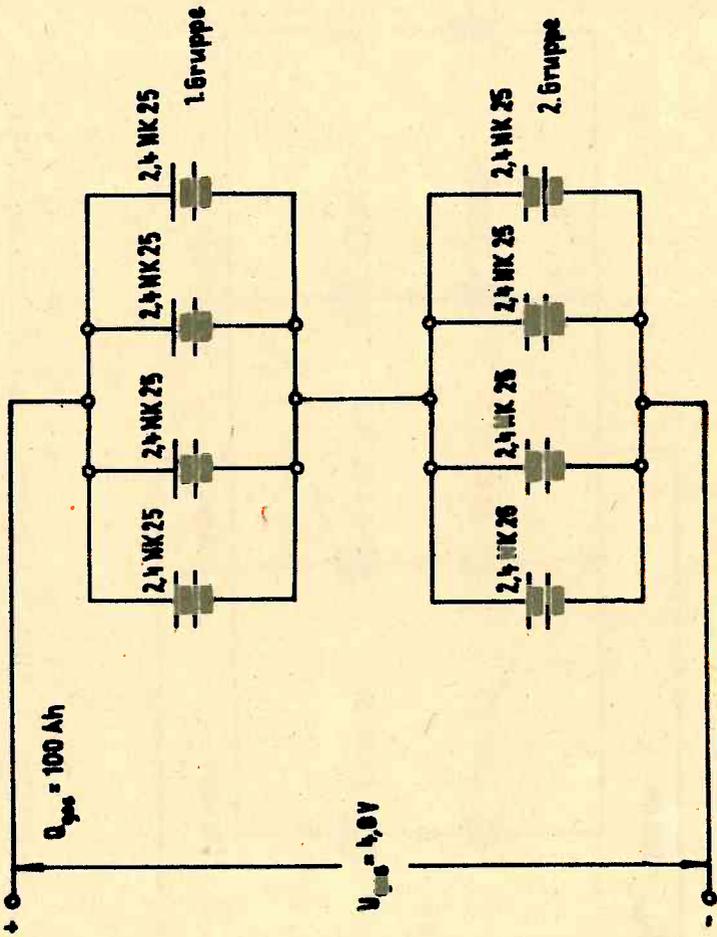


Bild A 5/8 Gruppenschaltung durch Reihenschaltung von zwei Gruppen

6. Nickel-Kadmium-Akkumulatoren

6.1. Unterteilung

Nickel-Kadmium-Akkumulatoren werden unterteilt in

- Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt,
- Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart mit und ohne Lamellen,
- Akkumulatoren gasdichter Bauart.

6.2. Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt

Von den Nickel-Kadmium-Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt sind in dieser Anleitung folgende Typen angegeben (Anlagen 2 und 4):

2 FKN 8I	5 NKN 45
2 FKN 9	10 NKN 45
4 NKN 10	6 NK 70
2 NKN 24	12 NK 70
2 NKNU 24	5 KNTB 80
2,4 NK 25	6 NK 418
2,4 NKU 25	6 NK 500.

Die Akkumulatoren 2 NKN 24, 2 NKNU 24, 2,4 NK 25 und 2,4 NKU 25 sind äquivalent. Bei diesen Typen sind gleich:

- Anzahl der Zellen,
- Nennspannung,
- konstruktiver Aufbau,
- Nutzung und Wartung.

Die in der Tabelle A 6/1 genannten Einzelteile können zwischen diesen vier Akkumulatoren ausgetauscht werden.

Tabelle A 6/1 Austauschbarkeit von Einzelteilen

Bezeichnung der Teile	2 NKN 24 (I)	2 NKNU 24 (II)	2,4 NK 25 (III)	2,4 NKU 25 (IV)
Füllverschluß	II	I	-	-
Ventilgummi	II, III	I, III	I, II	-
Ventildichtung	II	I	-	-
Polmutter	II	I	IV	III
Polbolzendichtung	-	-	-	-
Polbolzenscheibe	II	I	IV	III
Mutter	II	I	IV	III
Metallsche	-	-	IV	III
Bodenwanne	-	-	-	-
Tragebock	-	-	-	-
Tragebügel	-	-	-	-

6.3. Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart

6.3.1. Akkumulatoren mit Lamellen

Die Konstruktionsform der Akkumulatoren mit Lamellen verhindert ein Ausfließen von Elektrolyt und gewährleistet, daß der Akkumulator in sämtlichen Arbeitslagen betrieben werden kann. Im Unterschied zu den Akkumulatoren normaler Bauart mit flüssigem Elektrolyt haben elektrolytarmer Akkumulatoren mit Lamellen als Separatoren zwischen den Elektroden Gewebeshüllen aus Polyvinylchlorid, die auf die negativen Platten aufgesetzt sind.

Eine weitere Besonderheit ist die Form der Füllverschlüsse. Diese sind mit einem verlängerten unteren Teil, mit einem oberen sowie unteren Gewinde und mit einer nach oben zeigenden Entgasungsöffnung versehen.

Während der Nutzung sind die Füllverschlüsse stets geschlossen zu halten! Sie sind nur zu Kontroll- und Wartungsarbeiten kurzzeitig herauszuschrauben. Entstehende Gase entweichen durch die obere Entgasungsöffnung, die mit einem Ventil-

gummiring abgedeckt ist. Dieser verhindert den Eintritt von Kohlendioxid in den Akkumulator.

Während des Ladens sind die Füllverschlüsse bis zum unteren Gewinde herauszudrehen, so daß die beim Laden entstehenden Gase durch die untere Entgasungsöffnung entweichen können. Einige Akkumulatoren dieser Bauart stimmen äußerlich (außer Füllverschlüsse) und abmessungsmäßig mit Akkumulatoren normaler Bauart überein (Akkumulatoren KN 14 mit KN 10, 2 NK 32 mit 2 NKN 24 oder KN 55 mit KN 45). Sie besitzen den gleichen äußerlichen konstruktiven Aufbau. Die zu unterscheidenden Merkmale gehen aus der Typenbezeichnung hervor. Die Normwerte der einzelnen Akkumulatoren enthalten die Anlagen 2 und 5.

6.3.2. Akkumulatoren ohne Lamellen

Die Konstruktionsform lamellenloser Akkumulatoren unterscheidet sich von der Konstruktionsform der Akkumulatoren mit Lamellen durch das Einbringen der wirksamen Masse in die Platten und durch die Ausführung des Scheiders. Lamellenlose Akkumulatoren werden entsprechend den technologischen Besonderheiten ihrer Plattenherstellung unterschieden in

- Akkumulatoren KNB (z. B. KNB 20) mit metallkeramischen Platten,
- Akkumulatoren KNP (z. B. KNP 20) mit gepreßten Platten,
- Akkumulatoren KNT mit tablettenförmigen Platten.

Die Arten unterscheiden sich wie folgt:

- a) Bei den Akkumulatoren mit metallkeramischen Platten ist eine gleichmäßige Schicht feinst verteilten Pulvers auf die gitterförmige, metallische Elektrodenplatte aufgebracht (in einigen Typen wird auch eine Folienplatte verwendet). Die Platten weisen nach dem Trocknen und der entsprechenden Bearbeitung eine poröse Oberfläche auf, auf die die wirksame Masse aufgetragen wird.
- b) Bei den Akkumulatoren mit gepreßten Platten ist die wirksame Masse unmittelbar in die Platten eingepreßt. Die Elektrodenplatte ist gitterförmig und besteht aus Metall.

Die positiven und negativen Platten lamellenloser Akkumulatoren sind mittels Polbolzen oder -brücken elektrisch und mechanisch miteinander zu Plattensätzen verbunden. Diese sind über metallisch leitende Verbindungen an die äußeren Zellenelektroden angeschlossen.

Der weitere konstruktive Aufbau des Einsatzes, des Zellengefäßes und -deckels sowie der Füllverschlüsse stimmt mit dem konstruktiven Aufbau der Akkumulatoren elektrolytarmer Bauart mit Lamellen überein.

6.4. Akkumulatoren gasdichter Bauart

Bei Akkumulatoren gasdichter Bauart wurde durch moderne technologische Maßnahmen erreicht, daß

- die beim Laden und Entladen entstehenden Gase zum größten Teil durch andere Stoffe chemisch gebunden werden,
- der vollständige Ablauf der chemischen Reaktion mit einer geringeren Elektrolytmenge gewährleistet wird.

Bei den genannten Akkumulatoren wird der beim Laden an der positiven Nickelhydroxidelektrode freiwerdende Sauerstoff von einem bestimmten Anteil des in der negativen Elektrode erzeugten Kadmiums zu Kadmiumoxid gebunden. Durch die Anwendung der sogenannten Ladereserve der negativen Elektrode wird eine Wasserstoffentwicklung von vornherein vermieden. Dadurch ist es möglich, die Hauptteile der Akkumulatorenzelle in einem flüssigkeits- und gasdicht verschlossenen Zellengefäß einzusetzen.

Der konstruktive Aufbau dieser Akkumulatoren unterscheidet sich wesentlich vom Aufbau der Akkumulatoren mit Entgasungsöffnung. Um einen ungehinderten Zutritt des Sauerstoffes zur negativen Elektrode und die elektrische Leitfähigkeit des Elektrolyten zu gewährleisten, wird der Elektrolyt in Scheidern aus porösem, textilem Flächengewebe aufgesaugt. Die Menge des Elektrolyten ist so bemessen, daß nur ein Teil der Poren des Scheiders mit Elektrolyt ausgefüllt ist. Durch die mit Elektrolyt gefüllten Poren des Scheiders ist somit ein elektrolytischer Stromfluß möglich, und durch die offenen Poren kann der gasförmige Sauerstoff von der positiven zur negativen Elektrode gelangen.

Die gasdichten Zellen sind nicht zu öffnen, da sie dadurch zerstört werden!

In Abhängigkeit von der Form werden gasdichte Zellen unterschieden in

- Knopfzellen,
- Rundzellen,
- Rechteckzellen (prismatische Ausführung).

Gasdichte Akkumulatoren haben gegenüber Akkumulatoren normaler Bauart folgende Vorteile:

- a) Das Laden und Entladen, also die gesamte Nutzung dieser Akkumulatoren, können in jeder Arbeitslage erfolgen, da sie auslaufsicher sind.
 - b) An den Außenflächen der Akkumulatoren sowie Seiten und Flächen der Nachrichtenausrüstung, in der sie verwendet werden, treten keine Korrosion und Salzablagerungen durch schädliche Dämpfe und Flüssigkeitsreste auf.
 - c) Während der gesamten Lebensdauer sind keine Arbeiten zum Nachfüllen von destilliertem Wasser bzw. Kalilauge sowie deren Kontrolle erforderlich. Die in den technischen Forderungen als Mindestwerte genannten Lade- und Entladezyklen werden in der Regel überboten. Sie betragen:
 - für Zellen 500 Zyklen,
 - für Akkumulatoren bis 6 V 300 Zyklen,
 - für Akkumulatoren 6...12 V 200 Zyklen.
 - d) Hohe mechanische Festigkeit und ein geringer Wartungsaufwand, eine geringere Masse sowie bequeme Handhabung ermöglichen den vielseitigen Einsatz dieser Akkumulatoren.
 - e) Einzelne Typen der Akkumulatoren gasdichter Bauart sind hochbelastbar (7,2 NK 0,225; 9,6 NK 0,225). Diese können für kontinuierliche Entladung bis zu 0,8 A sowie für Impulsentladungen bis zu 1,5 A Belastung eingesetzt werden.
- Nachteilig wirkt sich bei den Akkumulatoren gasdichter Bauart die relativ hohe Selbstentladung sowie ihre hohe Empfindlichkeit gegen Überladungen aus. Die Selbstentladung kann nach einer Lagerung von 28 Tagen bis zu 35 % und bei etwa 56 Tagen bis zu 70 % der Nenn-Amperestundenkapazität betragen.

Gegenwärtig werden in der Nachrichtenausrüstung Akkumulatoren gasdichter Bauart mit einer Nenn-Amperestundenkapazität von 0,225...12 Ah eingesetzt (z. B. 7,2 NK 0,225; 9,6 NK 0,225; 6 NK 1; 12 NK 2; 12 NK 3; 7,2 NK 4 und 1,2 NK 12). Ihre Entladecharakteristik ist besonders günstig, da sich die Nennspannung über einen relativ großen Zeitraum gleichmäßig verringert.

Die Akkumulatoren gasdichter Bauart sind bei Temperaturen von -20°C ... $+35^{\circ}\text{C}$ arbeitsfähig, wobei ihre Kapazität bei einer Temperatur von -20°C mindestens 30 % und bei einer Temperatur von $+35^{\circ}\text{C}$ mindestens 90 % der Nenn-Amperestundenkapazität beträgt. In den Temperaturbereich von -20 ... -39°C und $+35$... $+45^{\circ}\text{C}$ sind diese Akkumulatoren nur bedingt einsatzfähig.

7. Silber-Zink-Akkumulatoren

7.1. Besonderheiten und Unterteilung

Der Silber-Zink-Akkumulator unterscheidet sich sowohl in seinem konstruktiven Aufbau als auch in seinen Eigenschaften von Akkumulatoren mit anderen elektrochemischen Systemen. Die Bestimmungen zur Nutzung und Wartung weisen weitere Besonderheiten auf.

Nach dem Verwendungszweck und Nutzungseigenschaften werden Silber-Zink-Akkumulatoren unterschieden in:

- a) SZK - Akkumulatoren für kurzzeitige Nutzung,
- b) SZS - Akkumulatoren für mittlere Entladeströme (1,5stündige Nutzung),
- c) SZD - Akkumulatoren für geringe Entladeströme (10...20stündige Nutzung),
- d) SZB - Akkumulatoren für Pufferbetrieb mit geringer Spannungsschwankung,
- e) SZM - Akkumulatoren für mehrfache Lade- und Entladezyklen (mittel- bis langfristige Nutzung).

In der Nachrichtenausrüstung werden überwiegend die Typen SZD 12 A und SZM 5 eingesetzt, die in dieser Anleitung auch beschrieben werden.

Die Vorteile des Silber-Zink-Akkumulators gegenüber Akkumulatoren mit anderen elektrochemischen Systemen sind seine

- drei- bis vierfache Kapazität bei gleicher Masse,
- Funktionsfähigkeit in jeder Betriebslage,
- hohe Nennspannung (1,5 V/Zelle) und hohe Energiedichte (165...200 Wh/kg),
- Unempfindlichkeit gegenüber kurzzeitigen Überlastungen,
- Nutzung in einem großen Temperaturbereich (-20...+60 °C),
- geringe Selbstentladung (etwa 20 % in 95 Tagen).

Nachteile des Silber-Zink-Akkumulators sind seine

- hohen Herstellungskosten,
- Empfindlichkeit gegenüber Behandlungsfehlern,
- kurze Lebensdauer von etwa 80...100 Lade- und Entladezyklen, jedoch nicht mehr als 9...12 Monate bei elektrolytgefüllten Akkumulatoren.

Als Elektrolyt wird Kalilauge mit einer Dichte von $(1,4 \pm 0,02) \text{ g cm}^{-3}$ unter normalen Bedingungen verwendet.

7.2. Konstruktiver Aufbau und Wirkungsweise

Die Hauptbestandteile des Akkumulators (Einsatz und Elektrolyt) sind in einem Zellengefäß aus durchsichtigem, synthetischem Werkstoff eingesetzt. Das Zellengefäß ist mit einem Deckel hermetisch verschlossen. Um mechanischen Beschädigungen vorzubeugen, sind die Gefäße vor harten Schlägen und Stößen zu schützen.

Die Elektroden sind in Form von dünnen porösen Platten gefertigt, wobei mehrere Schichten speziellen Zellophans die Elektroden unterschiedlicher Polarität voneinander trennen. Zwei positive Platten umgeben eine negative Platte, so daß insgesamt im Einsatz eine positive Platte mehr vorhanden ist. Silberdrähte verbinden die Platten gleicher Polarität untereinander. Sie sind am jeweiligen Polbolzen angeschlossen, der durch den Zellengefäßdeckel geführt ist und als Anschluß des Verbrauchers dient. In der Deckelmitte ist die Entgasungsöffnung mit dem Füllverschluß angeordnet. Die Ausföhrung des Füllverschlusses und die geringe Elektrolytmenge, die durch die saugfähige Trennschicht zwischen den Platten größtenteils aufgenommen wird, ermöglichen den Betrieb in allen Arbeitslagen.

An der Seitenwand des Zellengefäßes befinden sich zwei rote Markierungen zur Kontrolle des Elektrolytstandes.

Im entladenen Zustand bestehen die positiven Platten aus porösem Silber und die negativen Platten aus einem Zinkmetall-Zinkoxid-Gemisch. Beim Laden verwandelt sich das metallische Silber in den positiven Platten in Silberoxid und Silbersuperoxid, während sich aus dem Zinkoxid in den negativen Platten wieder metallisches Zink bildet.