

Autorisierte Stelle Bayern

Digitalfunk BOS

Testbericht

Akkulaufzeit TPG2200

Zusammenfassung

Dienststelle: BLKA, AS BY
Verfasser: AS BY Nutzermanagement
Telefon: (0)8231 9770-285
Stand: 14.08.2023
Version: 1.1
Status: Freigabe
Sperrvermerk: Ohne

Mitwirkende

Name	Organisation / Abteilung
N. Dickmann	AS BY, AS 22 Nutzermanagement
U. Hennrichs	AS BY, AS 22 Nutzermanagement

Änderungshistorie

Version	Datum	Änderung / Bemerkung	Bearbeiter
0.1	08.05.2023	Entwurfsversion in Arbeit	din
1.1	14.08.2023	Aktualisierung aufgrund praktischer Messungen	Wir / uhe

Prüfverzeichnis zur Qualitätssicherung und Freigabe

Nr.	Prüfdatum	Geprüfte Version	Art der Prüfung, Anmerkungen	Prüfer	Ergebnis (Version und ggf. Status)
1	11.05.2023	0.1	Review	Wiesner	1.0
2	11.08.2023	1.0	Review	Drexel	1.1
3	14.08.2023	1.0	Review	Wiesner	1.1

Dokumentinformationen (Metadaten)

Attribut	Beschreibung
Dokumenttyp	Testbericht
Kurzbeschreibung Inhalt	Dieses Dokument beschreibt die Stromaufnahme von Pagern unter verschiedenen Szenarien. Daraus errechnet werden Akkulaufzeiten mit der als typisch angegebenen Akkukapazität des TPG2200 von Motorola. Darüber hinaus werden praktische Messergebnisse dokumentiert.

Schlagworte	Alarmierung, Pager, Zellwechsel, Netzverlust, GSDM, Stromaufnahme, Akkulaufzeit
Verweis: Dokument basiert auf (übergeordnete Dokumente)	
Verweis auf zusätzliche Dokumente (nachgelagerte Dokumente)	
Verweis auf abhängige Dokumente (in anderen Bereichen)	
Zuständiger Bereich	AS 22
Sicherheitseinstufung	ohne
Geltungsbereich / Zielgruppe	AS BY, StMI, VU DF, TTB

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Abgrenzung	5
2	Testszenarien.....	6
3	Einzelkriterien.....	8
3.1	Kurzzeitige Unterbrechungen (22 Sekunden).....	8
3.2	Langzeitige Unterbrechungen (2 Minuten)	8
3.3	Zellwechsel	8
3.4	Niedrige Pegel	9
3.5	Pegelwechsel.....	9
3.6	GSDM.....	9
3.7	Alarmierung	9
4	Interpretation der Testergebnisse	10
5	Ergebnisse der Szenarien	12
6	Messungen mit „echten“ Akkus	13
7	Zusammenfassung.....	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammensetzung der Szenarien	7
Abbildung 2: Rahmenezugriff der einzelnen EG Modi	10
Abbildung 3: Akkulaufzeit bei dauerhaftem Durchlauf einzelner Kriterien in Zahlen.....	11
Abbildung 4: Akkulaufzeit bei dauerhaftem Durchlauf einzelner Kriterien grafisch	11
Abbildung 5: Akkulaufzeit EG0, EG3 und EG5 verschiedener Belastungsszenarien	12
Abbildung 6: Akkulaufzeit im Szenario kompletter Netzverlust mit Akkus verschiedenen Alters	13

1 Einleitung

Bereits mehrfach wurden aus dem Pilotbetrieb der Pager und über Schreiben geringe Akkulaufzeiten des Motorola Pagers TPG2200 zurückgemeldet und bemängelt. Dies zum Anlass wurden zur Untersuchung der Stromaufnahme von Pagern unter verschiedenen Betriebszuständen Messungen mit der aktuellen Firmware MR2022.4 Releasebuild 9840 durchgeführt, um so die Akkulaufzeit betriebsnah zu ermitteln. Bei der Durchführung der Stromaufnahme-messung wurden Dummy Akkus eingesetzt, die zur Einspeisung der Versorgungsspannung mit Hilfe eines externen Netzteils dienten. Die Stromaufnahme wurde mit einem hochauflösenden Datenlogger protokolliert. Der Bericht geht zunächst von der nominell zur Verfügung stehenden Akkukapazität von 2300 mAh aus und berechnet die Akkulaufzeit durch entsprechende Hochrechnung aus einzelnen Messergebnissen.

In früheren Messungen wurden lediglich Szenarien getestet, die eine relativ einseitige Belastung darstellten. Ziel der damaligen Testreihe war es, die Unterschiede in der Akkulaufzeit bei Verwendung der einzelnen Energiesparmodi EG0 – EG5 zu untersuchen. Im vorliegenden Testbericht wurde besonderer Wert auf eine Zusammenstellung anspruchsvoller realistischer Szenarien gelegt, die so auch bei Einsatzkräften im Feld vorkommen können.

Hinweise zur Funktion der Energiesparmodi siehe Kapitel 4.

1.1 Abgrenzung

Die durchgeführten Tests gehen in den ersten Kapiteln von der im Datenblatt angegebenen nominellen Akkukapazität aus. Erst in späteren Kapiteln werden Messreihen mit „echten“ Akkus beschrieben.

2 Testszzenarien

Bei der Durchführung der Tests wurden folgende Einzelkriterien berücksichtigt:

- Kurzzeitunterbrechungen ohne erneutes Einbuchen (22 Sekunden)
- Langzeitige Unterbrechungen mit anschließend erneutem Einbuchen (2 Minuten)
- Zellwechsel bei wechselnden Pegeln zwischen -105 dBm und -85 dBm
- Niedrige Empfangspegel (-105 dBm bis -110 dBm)
- Empfang auf GSDM¹ Pegel
- Empfang von aktiven Alarmierungsnachrichten mit Quittung (mit Auslösung)
- Empfang von passiven Alarmierungsnachrichten (im Hintergrund, ohne Auslösung)

Da diese Einzelkriterien für sich zu einer sehr geringen Stromaufnahme führen und die Ergebnisse bei einmaliger Ausführung der Strommessung stets durch Rauschen überlagert sind, wurden diese Einzelkriterien mehrfach nacheinander durchgeführt, was zu einer Stabilisierung der Messergebnisse durch Mittelung führte:

- 8x Zellwechsel
- 4x Kurzzeitunterbrechungen
- 4x Langzeitunterbrechungen
- 4x GSDM mit Empfang von aktiven und passiven Alarmierungen
- 4x -110 dBm < RSSI < -105 dBm mit Empfang von aktiven und passiven Alarmierungen

Hiermit wurden Szenarien aus unterschiedlichen Kombinationen der o.g. Einzelkriterien erstellt, die in einem vorgegebenen Zeitrahmen von je einer Stunde abgearbeitet wurden.

¹ GSDM – Graceful Service Degradation Mode: Dieser spezielle Modus für Pager erlaubt einen Betrieb auch unterhalb des durch das Digitalfunknetz für die Sprachkommunikation vorgegebenen Mindestpegels von -105 dBm. Dies gleicht die schlechteren Empfangseigenschaften eines Pagers aufgrund der intern verbauten Antenne gegenüber Funkgeräten wieder aus. Unter Nutzung der Homestation ergibt sich dadurch sogar ein höherer Empfangsbereich als mit einem Funkgerät. Ein Netzverlust wird dann nicht anhand des Pegels festgestellt, sondern, wenn entsprechende Signale nicht mehr dekodiert werden konnten. Die AS BY hat in Tests eine Empfindlichkeit bis zu -120 dBm festgestellt.

Die Szenarien waren wie folgt definiert (Anzahl der Ereignisse in den jeweiligen Spalten). Diese wurden jeweils in den Energiesparmodi EG0, EG3 und EG5 durchgeführt:

Schritt	Kriterium	Szenario 5	Szenario 6	Szenario 7	Szenario 8
1	Alarmer (aktiv) pro Stunde während #6	1	1	1	1
2	Alarmer (passiv) pro Stunde während #6 und #7	10	10	10	10
3	8x Zellwechsel pro Stunde von -105 dBm auf -90 dBm	10	16	20	48
4	4x Kurzzeitunterbrechungen (@ 22s) pro Stunde	5	10	16	20
5	4x Langzeitunterbrechungen (@ 2 Minuten) pro Stunde	0	2	4	8
6	4x GSDM (@ 4 Minuten) pro Stunde	0	2	4	8
7	4x -110 dBm < RSSI < -105 dBm (@ 2 Minuten)	0	2	4	10

Abbildung 1: Zusammensetzung der Szenarien

Da bis zum Erreichen der vollen Stunde jeweils noch Zeit übrig war, wurde die Restzeit in jedem einzelnen Szenario bis zur vollen Stunde mit Inaktivität bei einem Empfangspegel von -90 dBm aufgefüllt.

3 Einzelkriterien

3.1 Kurzzeitige Unterbrechungen (22 Sekunden)

Bei Kurzzeitunterbrechungen mit einer Dauer von bis zu 22 Sekunden bleibt der Pager in der aktuellen Zelle registriert und kann die Funkzelle daher bei erneutem Netzempfang ohne erneute Registrierung weiter nutzen. Dies hat mehrere positive Konsequenzen:

- Eine nicht durchgeführte Registrierung spart Ressourcen auf der Funkschnittstelle
- Die sonst während einer Registrierung mit einer typischen Dauer von ca. 2 Sekunden fehlende Empfangsbereitschaft entfällt; der Pager bleibt alarmierbar
- Der Akku wird nicht durch eine Registrierung belastet
- Ein Wiedereintritt ist selbst bei sehr schlechten Pegelverhältnissen (z.B. -117 dBm) im GSDM möglich, während für eine Registrierung ein höherer Pegel -110 dBm oder besser) erforderlich ist
- Bitfehlerraten würden eine erneute Registrierung ggf. erschweren oder verhindern

Bei den Durchführungen wurde eine Zelle im Testlabor der AS BY mit dem Szenario entsprechenden Pegel zur Verfügung gestellt. In diesem Szenario ging es um die Simulation von Kurzzeitunterbrechungen (< 22s), ohne Alarmierung und ohne Zellwechsel.

3.2 Langzeitige Unterbrechungen (2 Minuten)

Bei den Durchführungen wurden zwei Zellen im Testlabor der AS BY mit dem Szenario entsprechendem Pegel zur Verfügung gestellt. In diesem Szenario ging es um die Simulation von Langzeitunterbrechungen (2 Minuten) mit anschließendem Zellwechsel.

3.3 Zellwechsel

Zur Nutzung der Dienste im BOS Digitalfunknetz ist es unerlässlich, dass die Funkteilnehmer in einer Funkzelle eingebucht sind und den Signalisierungsverkehr empfangen. Wenn der Empfangspegel des genutzten Trägers nicht mehr ausreichend ist, oder wenn eine Nachbarzelle einen deutlich besseren Pegel bietet als die genutzte Zelle, dann soll der Pager einen Zellwechsel vornehmen. Auch wenn der Empfangspegel ausreichend ist, wird der Pager erst dann am Verkehr teilnehmen und eine Signalisierung wie z.B. eine Alarmierung empfangen, wenn die Registrierung abgeschlossen ist. Die Registrierung in einer neuen Zelle dauert bei einem Zellwechsel ca. 2 Sekunden. Endgeräte dürfen nur jeweils im Zeitraum von 15 Sekunden Zellwechsel durchführen..

3.4 Niedrige Pegel

Es wurde untersucht, inwieweit Pegel gerade noch oberhalb GSDM zwischen -105 dBm und -110 dBm einen Einfluss auf die Stromaufnahme haben. Gewählt wurde ein Empfangspegel von nominell -108 dBm.

3.5 Pegelwechsel

Es wurde untersucht, inwieweit wechselnde Pegel zwischen -90 dBm und -108 dBm einen Einfluss auf die Stromaufnahme haben.

3.6 GSDM

Die Pager verfügen über das Leistungsmerkmal GSDM (Graceful Service Degradation Mode). GSDM dient dazu, die Zelle selbst unter kritischsten Pegelverhältnissen noch nutzen und Nachrichten zu empfangen zu können, auch wenn die Kommunikation im Uplink (insbesondere ein Quittungsversand) möglicherweise nicht mehr möglich ist. Die in früheren Tests minimal festgestellte Empfindlichkeit der Pager lag bei -119 dBm. Der GSDM Pegel wurde daher bei dieser Untersuchung auf -117 dBm eingestellt. Während der GSDM Phase in den zusammengesetzten Szenarien wurde eine aktive Alarmierung ausgelöst, die auch beantwortet wurde („komme“) und 2 passive Alarmierungen, die aufgrund nicht übereinstimmender Subadresse nicht auslösen.

Bei der Einzelbetrachtung des Ereignisses GSDM wurde eine Ausführung ohne Alarmierung ausgewertet, um den alleinigen Stromverbrauch im GSDM feststellen zu können.

3.7 Alarmierung

Alarmierungen wurden in den zusammengesetzten Szenarien während GSDM ausgelöst. Passive Alarmierungen hatten keine erkennbare Stromaufnahme zur Folge.

4 Interpretation der Testergebnisse

Im Zuge der Freigabetests für die digitale Alarmierung wurde das grundlegende Verhalten der Pager vom Typ Motorola TPG2200 getestet. Die vorliegenden Testergebnisse zeigen, dass eine wirksame Energieeinsparung durch die Verwendung eines entsprechenden EG-Modi (EG0 bis EG5 sind möglich) erreicht werden kann. Dies wird dadurch erreicht, dass der Pager nicht mehr wie bei EG0 in jedem Rahmen („Frame“) den Empfänger aktiviert und nach eingehenden Nachrichten schaut, sondern nur in ganz bestimmten Rahmen, vgl. 2.

Beobachtete Zeitschlitz																		
Frame:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
EG5	x																	x
EG4	x									x								x
EG3	x						x						x					x
EG2	x			x			x			x			x			x		x
EG1	x		x		x		x		x		x		x		x		x	x
EG0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	----- 1020 ms -----																	

Abbildung 2: Rahmenzugriff der einzelnen EG Modi

In Abbildung 2 sind in Grün die Zugriffe auf die Zeitschlitz dargestellt, in denen Alarmierungen signalisiert werden können. EG0 entspricht dabei keiner Energieeinsparung. In Grau ist der Rahmen 18 mit dem Broadcast dargestellt, auf den ebenfalls zugegriffen wird (Synchronisationskanal).

Aus Gründen des deutlich höheren Datendurchsatzes bei lediglich geringfügig höherer Stromaufnahme gegenüber EG5 wurde in der Vergangenheit festgelegt, dass EG3 genutzt wird. Dies ist insbesondere bei Einführung der verketteten Alarmierung mittels Multipart-SDS (mSDS) mit einem erheblichen Geschwindigkeitsvorteil bei der Alarmierung verbunden (siehe Schreiben ASBY-4543ALR-AS2/21 vom 23.07.2021).

In den nachfolgenden Grafiken ist die **theoretische** Akkulaufzeit bei einem Akku mit der nominellen Kapazität auf die dauerhafte Anwendung lediglich eines einzelnen Kriteriums heruntergebrochen zu sehen. Diese sind für sich genommen nicht praxisnah und entsprechen klinischen Laborwerten, da Pager im Feld je nach Verortung und Mobilität der Einsatzkraft immer unterschiedliche Aktivitäten in Art und Häufigkeit durchführen.

Diese Einzelkriterien können für Szenarien beliebig kombiniert und auf die Gesamtakkulaufzeit hochgerechnet werden. Die in Kapitel 3 zusammengestellten Szenarien stellen daher eine realistische Mischung dieser Kriterien dar und sind beliebig erweiterbar.

Bei den Einzelkriterien zeigte sich folgendes Bild:

	Akkulaufzeit [h]		
Referenz	EG0	EG3	EG5
Idle Mode, -90 dBm	33,29	47,42	49,36
Pegelwechsel, -108 dBm <-> -90 dBm	31,55	43,48	44,32
GSDM, ca. -117 dBm	33,14	43,56	44,23
Kurzzeitunterbrechung	33,09	35,71	37,52
Zellwechsel. Abstand 15 Sekunden	28,75	32,12	33,48
Langzeitunterbrechung	23,78	23,45	23,69

Abbildung 3: Akkulaufzeit bei dauerhaftem Durchlauf einzelner Kriterien in Zahlen

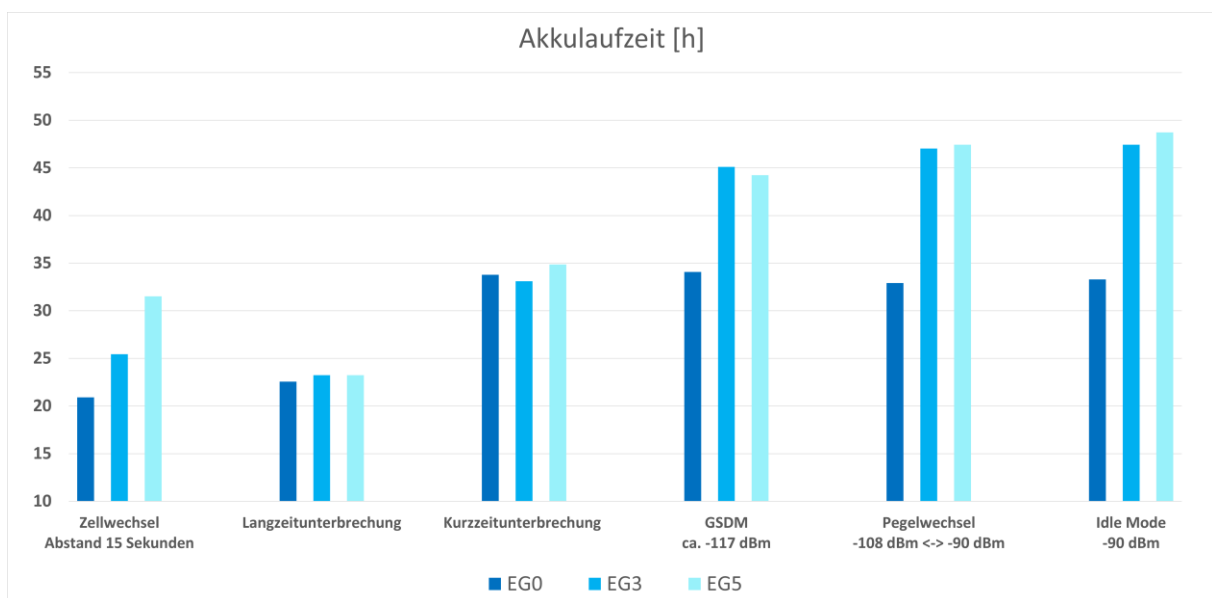


Abbildung 4: Akkulaufzeit bei dauerhaftem Durchlauf einzelner Kriterien grafisch

Rein rechnerisch ist die minimale Akkulaufzeit bei einem Akku mit der nominellen Kapazität, bei komplettem Netzverlust (höchster Stromverbrauch) mit 21 Stunden gegeben. Die höchste Akkulaufzeit ist bei dem aktuell im Feld verwendeten Energiesparmodus EG3 im Idle Modus mit ca. 48 h gegeben. Hier ergibt sich auch die höchste Energieeinsparung bei Verwendung des EG3 oder EG5 gegenüber EG0.

5 Ergebnisse der Szenarien

Bei allen zusammengestellten Szenarien zeigte sich, dass sich die Verwendung des Energiesparmodus messbar positiv auf die Akkulaufzeit auswirkt, insbesondere in Szenarien ohne viel Aktivität. Die Unterschiede zwischen den Energiesparmodi EG3 und EG5 sind jedoch nachweislich gering. EG3 bietet jedoch aus Tests der Vergangenheit insbesondere bei Verwendung von verketteten Alarmierungsnachrichten mittels mSDS die deutlich höhere Alarmgeschwindigkeit im Vergleich zwischen EG3 und EG5. Je mehr Aktivität (Zellwechsel, Netzverlust etc.) der Pager entfaltet, desto geringer wird der Unterschied in der Akkulaufzeit der entsprechenden Energiesparmodi und die Akkulaufzeit sinkt allgemein. Die Szenarien wurden so gewählt, dass mit dem Szenario mit der höheren Nummer eine jeweils stärkere Beanspruchung des Akkus vorlag. Selbst im höchsten Belastungsszenario ergibt sich noch eine typische Akkulaufzeit von 30 h bei der aktuell im Feld verwendeten EG3.

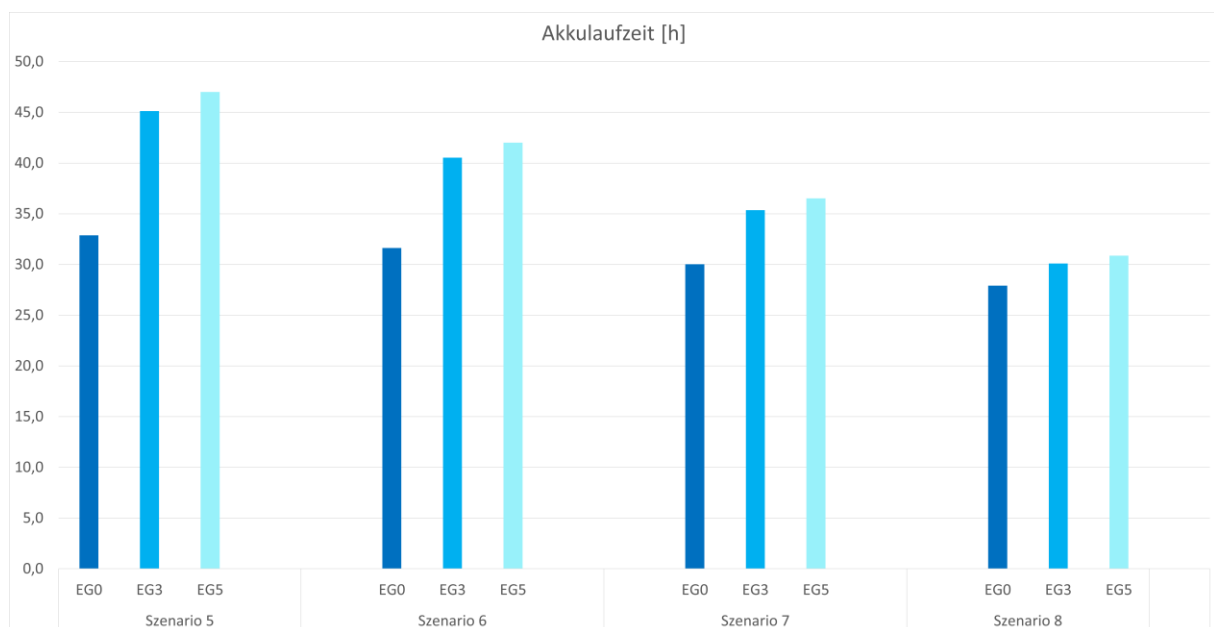


Abbildung 5: Akkulaufzeit EG0, EG3 und EG5 verschiedener Belastungsszenarien

6 Messungen mit „echten“ Akkus

Die AS BY hat im Nachgang zu den Messungen theoretischer Natur eine entsprechende praktische Verifikationsreihe mit entsprechend als „auffällig“ eingesendeten sowie Akkus aus verschiedenen Produktionsjahren als Referenz durchgeführt. Das Ergebnis für das als „worst-case“-Szenario des durchgängigen, kompletten Netzverlustes (vgl. „Langzeitunterbrechung“ in Grafik 5) ist der nachfolgenden Grafik zu entnehmen.

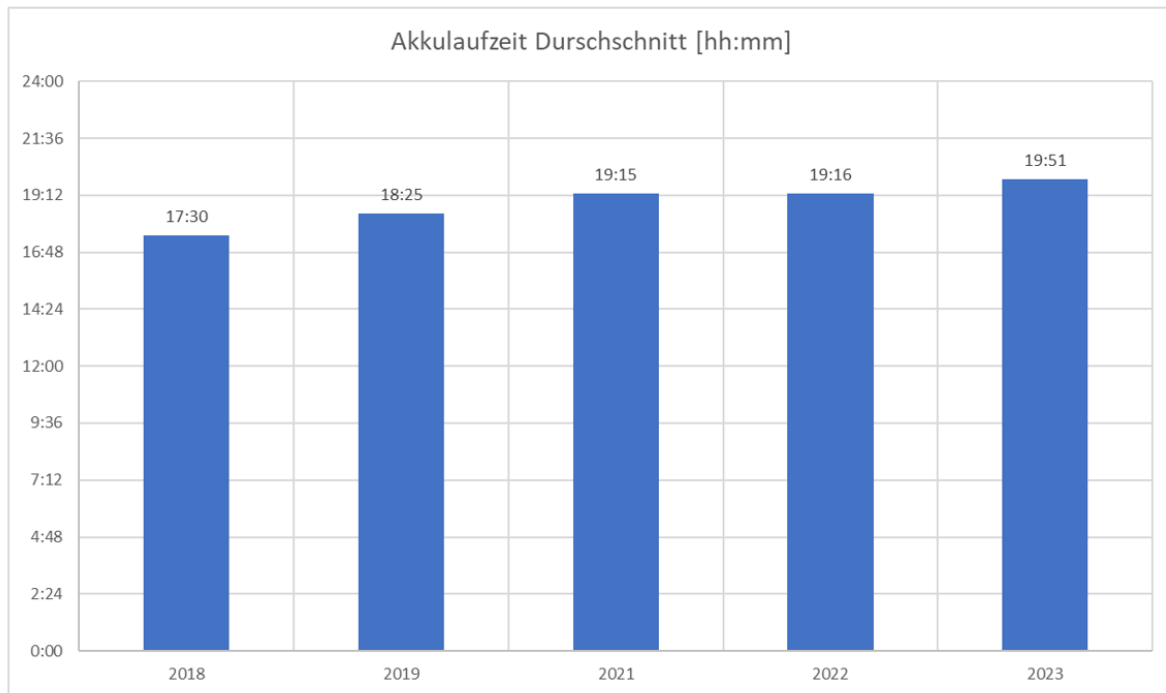


Abbildung 6: Akkulaufzeit im Szenario kompletter Netzverlust mit Akkus verschiedenen Alters

Es ist festzustellen, dass die tatsächliche Akkulaufzeit sich von der theoretischen aufgrund Streubreite der Akkus und weiteren Einflüssen um ca. 13 % unterscheidet (ca. 20 Stunden praktisch ggü. 23 Stunden theoretisch im obigen Szenario). Eine Vergleichsmessung mit einem Zellwechselszenario hat diesen Abstand bestätigt. Darüber hinaus ist anzumerken, dass der Unterschied in diesem Szenario zwischen Akkus aus dem Baujahr 2018 und 2023 nur ca. 2h20min beträgt. Dies entspricht ca. 12 % Verlust der Kapazität und ist im erwartbaren Rahmen. Einzelne wenige eingesendete Akkus hatten allerdings eine Laufzeit von nur wenigen Stunden. Diese sind als defekt einzustufen. Auch die Kalibrierung von Akkus mittels sog. IMPRES 2 Lader (seitens Motorola als aktuell schwer lieferbarer Multi-Unit-Charger vertrieben) hatte keinen Einfluss auf die tatsächliche Laufzeit der Akkus. Lediglich konnte festgestellt werden, dass die Anzeige der Pager (insb. der Farbgebung grün, orange, rot, leer) im Vergleich der Restlaufzeit des Akkus als zu pessimistisch erfolgt, und insbesondere der Akku in der

Anzeige „leer“ aktuell noch eine Restlaufzeit von durchschnittlich einer Stunde im obigen Extremszenario besitzt. Die AS BY testet diesbezüglich aktuell verschiedene Optimierungen der Akkustandsanzeige welche nach aktueller Planung mit der nächsten Firmware MR2032.2 im Feld ausgerollt werden könnte.

7 Zusammenfassung

Selbst bei einem dauerhaften Netzverlust, welcher für den Pager den größten Stromverbrauch bedeutet, kann die AS BY nach praktischen Tests eine Akkulaufzeit von ca. 17,5-20 Stunden je nach Alter des Akkus feststellen. Die übliche Akku-Laufzeit beträgt jedoch je nach Nutzerverhalten und örtlicher Netzversorgungssituation entsprechend der ausgewerteten Szenarien 30-35 Stunden. Nach Abklärung mit der Firma Motorola umfasst die Garantie von 60 Monaten ebenfalls die Akkus. Ein normaler Kapazitätsverlust, wie oben angegeben, ist dabei nicht inkludiert. Existieren jedoch Akkus mit deutlich verringerter Gesamtlaufzeit (z.B. unter 24 Stunden), so werden diese von Motorola kostenfrei ersetzt. Eine Versendung der schadhaften Akkus an Motorola ist nicht notwendig. Diese sind allerdings unverzüglich außer Betrieb zu nehmen.