

Quantum®

WHITE PAPER

# LTO: DAS NEUE BANDLAUFWERK DER ENTERPRISE-KLASSE

## INHALT

Einführung .....	3
Ein Blick aufs Ganze .....	3
Wichtige Performance-Kennzahlen.....	4
Kapazität.....	5
Daten-Performance .....	5
Mechanische Zuverlässigkeit.....	5
Mechanische Leistung .....	6
Mechanische Konstruktion – Parallelen zwischen LTO- und proprietären Laufwerken .....	6
Ähnliche Bit-Fehlerraten bei LTO- und proprietären Laufwerken .....	7
Sonstige Faktoren .....	8
Aufbau der LTO-Speichermedien .....	8
Speichermedien mit Quantum Zertifizierung .....	9
Quantum Scalar Libraries .....	11
Gesamtbetriebskosten (TCO).....	11
Die weitere Entwicklung von Tape .....	12
Zusammenfassung .....	13

## EINFÜHRUNG

Im Laufe der letzten 30 Jahre wurden zahlreiche Magnetbandformate entwickelt. Von ihnen sind heute nur noch drei auf dem Markt: der offene Standard LTO (Linear Tape Open) und die proprietären Formate IBM 3592/ TS11xx sowie Oracle 9840, 9940 und T10000, die auch als „Bandlaufwerke der Enterprise-Klasse“ vermarktet werden. Das Gütesiegel „Enterprise-Klasse“ trugen die proprietären Formate dank ihrer Performance, Kapazität und Zuverlässigkeit lange Zeit zu Recht, aber die Zeiten haben sich geändert.

Seit der Veröffentlichung von LTO-1 im Jahr 2000 haben LTO-Laufwerke und -Medien nicht zuletzt aufgrund der Anstrengungen des LTO-Konsortiums (Quantum, IBM und HP) den Markt erobert. Seit mehreren Jahren basieren mehr als 96 % aller verkauften Tape-Laufwerke auf dem LTO-Format. Diese Vorherrschaft macht es IBM und Oracle zunehmend schwerer, Formate und Technologien für die nächsten Generationen ihrer proprietären Tape-Laufwerke zu entwickeln und zu vertreiben.

Dank seiner erweiterten Funktionen und Spezifikationen hat das LTO-Format Performance und Kapazität dieser herstellereigenspezifischen Formate längst erreicht, in vielen Fällen sogar übertroffen. LTO ist ein offener Standard für Bandlaufwerke und Medien, die vom LTO-Konsortium entwickelt und hergestellt werden. Es zeichnete sich immer schon durch einen günstigeren Preis aus und konnte seinen Funktionsumfang durch die gemeinsame Entwicklungsarbeit der Hersteller im LTO-Konsortium rasant erweitern. Inzwischen ist die LTO-Technologie Enterprise-Tapes ebenbürtig, wenn nicht sogar überlegen. Für Kunden also definitiv die beste Wahl, wenn sie ihre Systeme erweitern oder proprietäre Tapes aus Kosten- oder Altersgründen migrieren wollen.

## EIN BLICK AUFS GANZE

Beim Vergleich von Speichergeräten ist in der Regel eine relativ kleine Anzahl von Leistungs- und Kapazitätsvergleichen ausreichend. Die Einstufung von Tape-Systemen und spezifischen Datenformaten verlangt einen gründlicheren Vergleich als die von Disk-basierten Systemen. Was die Sache noch komplexer macht, ist die Tatsache, dass die meisten Bandlaufwerke in einer automatisierten Tape Library installiert sind. Die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Tape Library spielt also ebenfalls eine Rolle. Für die allgemeine Performance und Zuverlässigkeit ist die Qualität der Speichermedien wohl der wichtigste Faktor.

Dieser Technologieüberblick vergleicht LTO-Bandlaufwerke mit proprietären Enterprise-Bandlaufwerken von IBM und Oracle. Er erläutert, wie Quantum die Merkmale und Funktionen seiner nativen LTO-Bandlaufwerke in den Scalar® Tape Libraries einsetzt und welche Bedeutung Quantum-zertifizierte Medien für Performance und Datensicherheit haben..

## WICHTIGE PERFORMANCE-KENNZAHLEN

Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zwischen LTO-Bandlaufwerken mit aktuellen proprietären Bandlaufwerken von IBM und Oracle. Weitere Details darüber, welche Auswirkungen diese Spezifikationen auf Performance, Zuverlässigkeit und Datensicherheit in verschiedenen Anwendungsszenarien haben, finden Sie im Abschnitt „Kapazität“.

**Tabelle 1:** Bandformat-Spezifikationen

Technische Funktion	LTO-8	LTO-8 M-Format	IBM TS1150	IBM TS1155†	Oracle T10000D
Native Kapazität	9 TB	Bis zu 12 TB	10 TB	15 TB	8,5 TB
Komprimierte Kapazität*	22,5 TB bei 2,5:1	Bis zu 30 TB bei 2,5:1	30 TB bei 3:1	45 TB bei 3:1	21,25 TB bei 2,5:1
Native Performance	300 Mbit/s	Bis zu 360 Mbit/s	360 Mbit/s	360 Mbit/s	252 Mbit/s
Komprimierte Performance*	750 MB/s	Bis zu 900 MB/s	900 MB/s	900 MB/s	800 MB/s
Anpassung der Bandgeschwindigkeit	Ja	Ja	Ja	Ja	Nicht spezifiziert
Anpassung der Bandgeschwindigkeit – Bereich	112-300 Mbit/s	112–360 Mbit/s	112–300 Mbit/s	112–300 Mbit/s	Nicht spezifiziert
Rate nicht korrigierbarer Bit-Fehler	1 von 10 <sup>19</sup>	1 von 10 <sup>19</sup>	1 von 10 <sup>18</sup>	1 von 10 <sup>18</sup>	1 von 10 <sup>19</sup>
Beschichtung	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe	BaFe
Zuverlässigkeit (Lade-/Entladezyklen)	80.000	300.000	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	150.000
Zuverlässigkeit (Lebensdauer Lesekopf)	250.000 Std.	250.000 Std.	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert	Nicht spezifiziert
Wechseldauer	22 Sek.	22 Sek.	16 Sek.	16 Sek.	13 Sek.
Durchschn. Dateizugriffszeit	50 Sek.	50 Sek.	40 Sek.	40 Sek.	50 Sek.
Max. Rückspulzeit	98 Sek.	98 Sek.	76 Sek.	76 Sek.	97 Sek.
Native Laufwerksverschlüsselung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Verschlüsselungsstandard	KMIP	KMIP	Proprietär	Proprietär	Proprietär
WORM	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
LTFS-Unterstützung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Stromverbrauch	32 W (Max.) 11 W (Leerlauf)	32 W (Max.) 11 W (Leerlauf)	46 W (Max.) 24 W (Leerlauf)	46 W (Max.) 24 W (Leerlauf)	90 W (Max.) 36 W (Leerlauf)
Schnittstellen	8 Gbit FC	8 Gbit FC	8 Gbit FC, 10 GbE	8 Gbit FC, 10 GbE	16 Gbit FC
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
Preis/Laufwerk	€ 16.800	€ 16.800	€ 35.300	€ 35.300	€ 33.600
Kosten für Medien	€ 68	€ 110	€ 147	€ 147	€ 210

\* Komprimierte Kapazität und Leistung: Die Spezifikationen für komprimierte Daten wurden auf Basis üblicher Datentypen geschätzt. Die Anbieter übernehmen für diese Ergebnisse keinerlei Gewähr.

Um Kaufentscheidungen auf der Grundlage von technischen Vergleichen zu treffen, sollten Relevanz und Bedeutung dieser technischen Spezifikationen im Kontext gängiger Anwendungsszenarien beurteilt werden. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Spezifikationen und ihre Bedeutung basierend auf dem verwendeten Tape-System näher beleuchtet.

## KAPAZITÄT

Eine häufig Annahme besteht darin, dass mehr Kapazität zu einem geringeren Preis besser und eine höchstmögliche Kapazität pro Kassette am besten sei. Für die meisten Tape-Umgebungen stimmt das auch – vor allem, wenn ein günstiges Speichersystem für die langfristige Datenhaltung gefordert ist. Für Kunden, die ihre Daten auf Tape archivieren, um Kosten und Aufwand zu reduzieren, ist eine höhere Kapazität mit Sicherheit die beste Option.

Durch die höhere Kapazität des LTO-8-Formats haben proprietäre Laufwerke ihren Vorsprung in diesem Bereich bereits eingebüßt. Schon LTO-7 übertraf die Kapazität von Oracle T10000D. Und LTO-8 reicht an die Kapazität des IBM TS1155-Bandlaufwerks heran. Die Gesamtbetriebskosten für diese Produkte werden in diesem Technologieüberblick weiter unten verglichen. Hieraus wird deutlich, dass IBM TS1155 zwar einen kleinen Kapazitätsvorteil in Bezug auf die Gesamtbetriebskosten hat, LTO aber durch einen anderen, erheblichen Vorteil punkten kann.

## DATEN-PERFORMANCE

Wie Tabelle 1 zeigt, liegen LTO-8- und IBM TS1150/TS1155-Laufwerke in puncto Daten-Performance gleichauf – beide bieten eine konstante Übertragungsrate von 360 Mbit/s. Die Ausnahme bildet hier das T10000-Laufwerk von Oracle mit einer um 30 % geringeren Geschwindigkeit als LTO und die IBM-Bandlaufwerke.

Aber schneller heißt doch auch besser, oder?

Die Leistung von Bandlaufwerken wird isoliert unter Testbedingungen gemessen. Die realen Performance-Werte müssen in Abhängigkeit von der Umgebung (Server, Primärspeicher und Netzwerke) ermittelt werden. Und die ist in manchen Fällen nicht darauf ausgelegt, Daten mit extrem hohen Raten an die Bandgeräte zu senden. Wenn eingehende Datenraten eine optimale Performance unterschreiten, kann das Bandlaufwerk den Schreibvorgang zwar fortsetzen, muss aber auf die später eintreffenden Daten warten. LTO-Bandlaufwerke waren ab der ersten Generation in der Lage, die Bandgeschwindigkeit anzupassen.

Bei einer Anpassung der Bandgeschwindigkeit überwachen die LTO-Bandlaufwerke die eingehende Datenrate und passen ihre Leistung an die Datenrate des Host-Systems an. Damit soll verhindert werden, dass das Bandlaufwerk bei zu langsamen Datenübertragungen ständig stoppen und neu starten muss. Ab einem gewissen Punkt, wenn die Datenraten deutlich absinken, muss aber auch ein LTO-Bandlaufwerk pausieren und auf weitere Daten warten. In diesem Fall stoppt es, läuft ein Stück zurück und nimmt bei Eintreffen weiterer Daten die volle Geschwindigkeit auf, um den Schreibprozess fortzusetzen. Die Hersteller proprietärer Laufwerke haben LTO-Laufwerken über Jahre unterstellt, sie würden, wenn die Datenraten für eine kontinuierliche Vorwärtsbewegung zu niedrig sind, das sogenannte Shoe-Shining betreiben (fortlaufende Vor- und Rückwärtsbewegungen, die Band und Mechanik stark beanspruchen). Tatsächlich tritt dieser Fall durch die Anpassung der Bandgeschwindigkeit nie ein – ein haltloses Gerücht also.

## MECHANISCHE ZUVERLÄSSIGKEIT

Für die Messung der mechanischen Zuverlässigkeit von Tape-Appliances gibt es keinen Standard. Das LTO-Konsortium stellt Spezifikationen für die Zuverlässigkeit von LTO-Bandlaufwerken für Lade-/Entladezyklen und die Lebensdauer von Tape-Leseköpfen öffentlich zur Verfügung. Weder IBM noch Oracle haben Spezifikationen für ihre eigenen Produkte veröffentlicht. Vielleicht vertrauen sie darauf, dass Kunden sich durch das Etikett „Enterprise“ beeindrucken lassen und keine Fragen stellen. LTO zeichnet sich gegenüber den proprietären Formaten durch eine überlegene mechanische Zuverlässigkeit aus. Aus diesem

Grund können LTO-Hersteller auch eine Garantie von drei Jahren gewähren, im Gegensatz zu den Herstellern proprietärer Laufwerke, die nur ein Jahr Garantie anbieten.

## MECHANISCHE LEISTUNG

Eine weitere Messgröße für die Performance von Bandlaufwerken ist die mechanische Leistung, also wie lange es dauert, eine Kassette zu laden, eine bestimmte Datei auf dem Tape zu finden und das Medium nach dem Lesen der Daten zurückzuspulen und zu entladen. Bei dieser Leistungskennzahl hatten proprietäre Tape-Laufwerke gegenüber dem LTO-Format bisher immer einen klaren Vorsprung. Doch durch neuere technische Verbesserungen ist LTO nun nicht mehr das Schlusslicht.

Es gibt zwei Arten, um die mechanische Leistung in unterschiedlichen Anwendungsszenarien zu bewerten. Das erste Szenario ist typisch für eine Backup- und Archivierungsarchitektur, in der große Datenmengen für die Auslagerung und langfristige Aufbewahrung auf Tape geschrieben werden. In diesem Fall sind Lade- und Entladezeiten nicht besonders kritisch, denn bei einer Kassette mit hoher Kapazität, die in einer einzigen Backup-Session voll beschrieben werden soll, bleiben das Bandlaufwerk und die Kassette selbst über 10 Stunden am Stück in Betrieb. Machen da die paar Sekunden für das Laden und Entladen oder die Suche nach Daten einen großen Unterschied? Wohl kaum.

Ein Großteil der Daten, auf die schnell zugegriffen werden muss, wird meist auf einem Disk-System gespeichert. Aktive Daten werden in bestimmten Situationen auf Tape vorgehalten, in denen eine rasante Zunahme von unstrukturierten Daten zu bewältigen ist. Die Daten sind dann bei Bedarf aber dennoch verfügbar. Das zweite Anwendungsszenario, in dem die mechanische Leistung durchaus eine Rolle spielt, ist die Verwendung von Tape als Speicherebene in einer verwalteten Archivumgebung, in der die Primärkopie der Daten auf Tape vorgehalten wird. In so einem Fall sind die Zugriffszeiten wichtiger. Bei Dateien, die über mehrere Kassetten verteilt gespeichert sind, kommt es dann auch auf die Lade- und Entlade-Performance an.

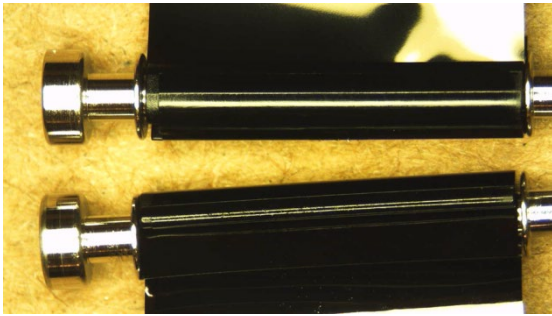
Da immer mehr Kunden Tape auf diese Weise einsetzen, hat Quantum es sich zu Aufgabe gemacht, Investitionen, Entwicklung und Patente für die Technologie voranzutreiben, die solche Prozesse von den Standardfunktionen der LTO-Bandlaufwerke unabhängiger und Schreibvorgänge intelligenter macht. Das Ergebnis ist ein einfacherer und schnellerer Dateizugriff.

## MECHANISCHE KONSTRUKTION – PARALLELEN ZWISCHEN LTO- UND PROPRIETÄREN LAUFWERKEN

Das Marketing-Argument für proprietäre Laufwerke war immer ihre Eignung für anspruchsvolle Workflows und hohe Auslastung, da sie den LTO-Laufwerken mechanisch überlegen seien. Tatsächlich sind die konstruktiven Unterschiede eher gering. In LTO-Laufwerken sind eine Reihe von Komponenten verbaut, die im Prinzip denen in den TS1150/TS1155-Laufwerken von IBM entsprechen.

LTO- und proprietäre IBM-Laufwerke weisen nahezu identische (wenn auch nicht austauschbare) Komponenten auf, die für die Lade- und Lese-/Schreibprozesse im Laufwerk zuständig sind. Führungsstift, Bandführungsvorrichtung, Aufnahmespule, Flanken etc. sind im Wesentlichen identisch. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für diese Ähnlichkeiten.

**Abb. 1** Führungsbolzen von LTO und IBM TS1150/TS1155



Sogar der Mechanismus, der für den Transport des Mediums in der LTO-Kassette verantwortlich ist, passt genau in die proprietäre IBM-Kassette, wie Abbildung 2 zeigt.

**Abb. 2** Identisches Bandantriebsdesign bei LTO- und TS1150/TS1155-Kassetten.



## ÄHNLICHE BIT-FEHLERRATEN BEI LTO- UND PROPRIETÄREN LAUFWERKEN

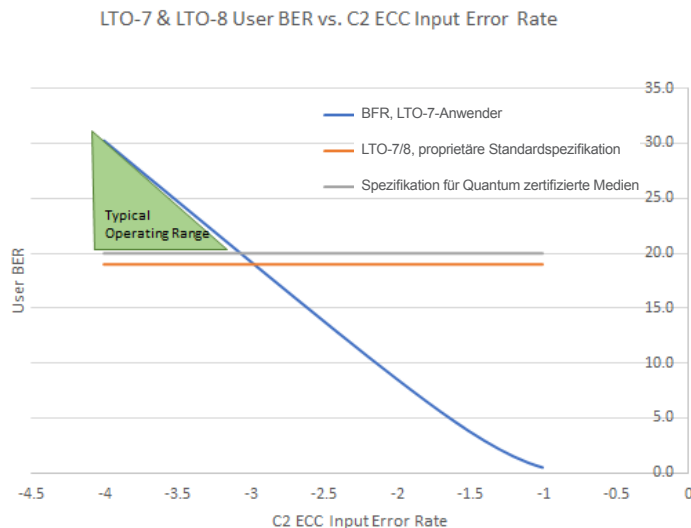
Die Bit-Fehlerrate (BFR) ist wohl die wichtigste Spezifikation für alle Speichergeräte. Mit LTO-7 wurden mehrere neue Prüffunktionen für die Datenintegrität eingeführt, u. a. Fehlerkorrekturverfahren für die Header des Formats, in dem die Daten auf Tape gespeichert werden. Diese Funktion sorgte dafür, dass die Spezifikation für die BFR-Erkennung bei LTO-7 nur einen einzigen, nicht erkennbaren Bit-Fehler pro 1.019 übertragene Bit zulässt. Diese Datenintegritätsprüfung ist 100-mal schneller als bei LTO-6 und damit auf Enterprise-Niveau. Abbildung 3 vergleicht die LTO-Datenintegritätsprüfung mit der für Disk-Laufwerke.

Die folgenden Abbildungen zeigen, wie Quantum LTO-Laufwerke und -Medien prüft und testet, um die veröffentlichten LTO-Spezifikationen zu erfüllen und zu übertreffen. Sie werden erkennen, dass proprietäre Tape-Formate keinerlei Vorteile in Bezug auf Datenintegrität und Zuverlässigkeit bieten.

Die LTO-7-BFR-Spezifikation basiert auf einer Berechnung nicht korrigierbarer C2-ECC-Ereignisse unter der Voraussetzung, dass alle Fehler zufällig und voneinander unabhängig auftreten. Es handelt sich um eine theoretische Analyse, da es bei einer Datenrate von 300 Mbit/s wohl an die 130 Jahre dauern würde, bis ein Fehlerereignis im Experiment ermittelt werden könnte. Diese theoretischen Berechnungen basieren auf der LTO-Formatarchitektur mit seinen 32 Kanälen, mehreren Dimensionen und einem tiefgreifenden Interleaving sowie einem neuen ECC-Format für neue Bariumferrit-Medien (BaFe), das auf der Annahme basiert, dass alle Fehler zufällig und voneinander unabhängig auftreten.

Diese Annahme wurde auch bereits in Experimenten verifiziert. Komplexere Modelle für die Zuverlässigkeitsprüfung, die auf der Erneuerungstheorie basieren, beziehen korrelierte Fehler und defekte Header- und Synchronisationsfelder in die Betrachtung ein. Aus diesem Grund resultiert die theoretische Analyse des im LTO-7-Format implementierten Fehlerkorrekturverfahrens in einer Fehlerrate von 1:1.019 gelesene Bit über die gesamte Lebensdauer eines Laufwerks.

**Abb. 3** Vergleich zwischen Standard-BFR und der BFR für Speichermedien mit Quantum Zertifizierung



Die Kurve der Fehlerrate zeigt, dass solange die von der C2-ECC-Engine (im lesenden Laufwerk) aufgezeichnete Fehlerrate (X-Achse) unter  $10^{-3}$  liegt, bleibt die BFR für den Anwender (auf der Y-Achse dargestellt) stets unter  $10^{-20}$ , was der Spezifikation für Enterprise-Medien entspricht. LTO-8 nutzt dieselbe Technologie, die mit LTO-7 eingeführt wurde. In Kombination mit Quantum zertifizierten LTO-Speichermedien wird dieser Wert angehoben, um eine bessere Datenintegrität zu gewährleisten und so mit jeder Technologie gleichzuziehen, die für proprietäre Tape-Laufwerke eingesetzt wird.

Für weitere Details zur Technologie der Fehlerkorrekturverfahren, die bei LTO-Bandlaufwerken und -Medien eingesetzt wird, [lesen Sie diese IEEE-Veröffentlichung](#) von Mitgliedern des Quantum Advanced Technology Engineering-Teams.

## SONSTIGE FAKTOREN

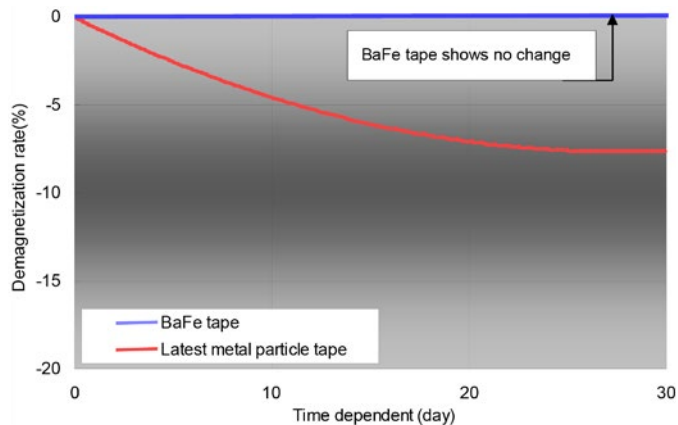
Neben den primären Spezifikationen, die meist für die Auswahl von Tape-Formaten angewendet werden, zeichnet sich das LTO-Format gegenüber proprietären Tape-Formaten durch eine Reihe weiterer Vorteile aus. Geringere Strom- und Kühlungskosten sowie Standards für Verschlüsselungsschlüssel, um nur einige wenige zu nennen, mögen zwar die Leistung eines Bandlaufwerks in einem bestimmten Szenario nicht sonderlich beeinflussen, aber sie können in großen Library-Umgebungen sehr wohl für die Betriebskosten von Bedeutung sein.

## AUFBAU DER LTO-SPEICHERMEDIEN

Seit LTO-7 müssen alle LTO-zertifizierten Speichermedien mit einer magnetischen BaFe-Beschichtung ausgerüstet sein, da diese für die Kapazität und Performance des LTO-Formats entscheidend ist. Ein weiterer wichtiger Vorteil der BaFe-Medien ist ihre Fähigkeit, Daten zuverlässig über einen viel längeren Zeitraum speichern zu können als dies mit den älteren Metallpartikel-Beschichtungen (MP) möglich war. Abbildung 4 vergleicht die älteren, bei LTO-1 bis LTO-6 eingesetzten MP-Medien mit den BaFe-Medien für LTO-7, die bei sachgemäßer Lagerung und Handhabung Daten bis zu 30 Jahre speichern können. Auch für alle zukünftigen LTO-Generationen wird die BaFe-Beschichtung für Medien vorgeschrieben sein.

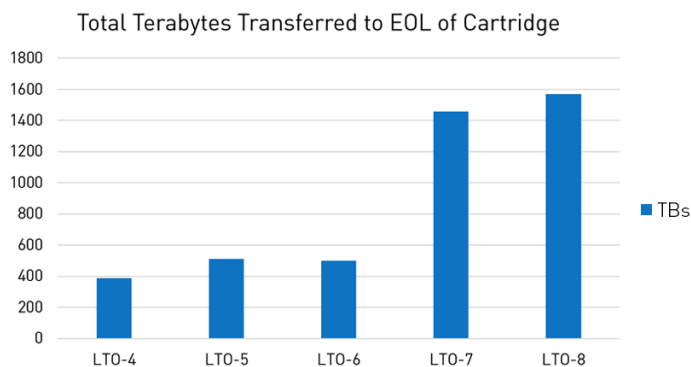


Abb. 4 BaFe- vs. MP-Beschichtung für die langfristige Aufbewahrung.<sup>1</sup>



Ein weiterer Vorteil von BaFe-Medien erschließt sich, wenn man sich die Anzahl der Einsätze ansieht, die eine Kassette im Laufe ihrer Lebensdauer aushalten kann. Abbildung 5 zeigt, wie viele Daten eine einzelne Kassette über ihre vorgesehene Lebensdauer zuverlässig speichern kann. Es fällt sofort auf, dass die technologischen Fortschritte zu einer nahezu dreimal längeren Lebensdauer der Kassette geführt haben, als dies noch bei früheren LTO-Generationen der Fall war.

Abb. 5 Längere Haltbarkeit bei LTO



## SPEICHERMEDIEN MIT QUANTUM ZERTIFIZIERUNG

Um die Vorgaben der Handelsmarke „LTO Ultrium“ einhalten zu können, müssen Hersteller von LTO-Speichermedien strenge Compliance-Tests bestehen. Das Testverfahren garantiert, dass die Medien den Spezifikationen des LTO Ultrium-Formats entsprechen. Hierzu gehören auch Austauschbarkeitstests, bei denen die Interoperabilität der LTO-Laufwerke verschiedener Hersteller sichergestellt wird. Diese präzise definierten, strengen Compliance-Tests werden vom LTO-Konsortium beaufsichtigt und durch die Hersteller der Speichermedien voll unterstützt. Weitere Informationen zu LTO finden Sie auf der Website [www.lto.org](http://www.lto.org) des LTO-Konsortiums.

Zur Ergänzung und Erweiterung der Zertifizierung und der von den Medienherstellern durchgeführten Tests hat Quantum auf eigene Kosten einen zusätzlichen Zertifizierungsprozess implementiert. Die Quantum LTO-Zertifizierung konzentriert sich in einem wertschöpfenden Prozess auf fünf Faktoren, die für Anwender besonders wichtig sind: Kapazität, Übertragungsraten, Servomechanismus, Umwelteigenschaften der Medien und insbesondere die Langlebigkeit oder Sicherheit der geschriebenen Daten.

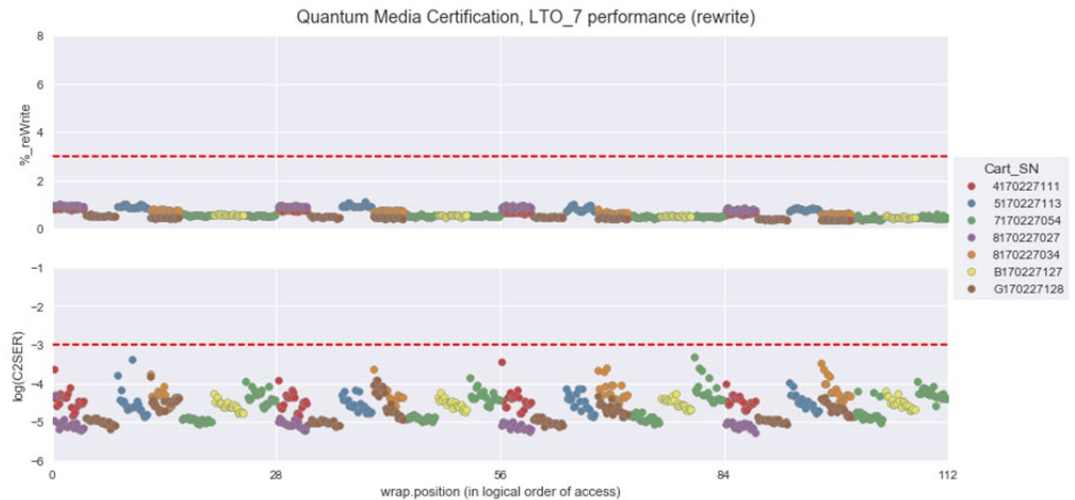
Die Testkassetten werden einem speziellen Lese-/Schreibprozess im Bandlaufwerk unterzogen, bei dem die erfassten Beispieldaten analysiert werden können. Dieser Lese-/Schreibprozess umfasst auch kontrolliert gesenkte Datenraten, um sicherzustellen, dass neben dem reinen

[1] Fujifilm, "Long Term Archivability and Stability of Fujifilm Magnetic Tape Using Barium-Ferrite (BaFe) Particle", Seite 2.

Streaming-Modus auch Rückwärtsbewegungen dokumentiert werden. Die Analyseergebnisse werden mit denen speziell kalibrierter Referenzkassetten abgeglichen.

Abbildung 6 zeigt, dass Speichermedien mit Quantum Zertifizierung die Spezifikationen des LTO-Konsortiums weit übertreffen. Speichermedien, die für einen höheren Standard zertifiziert sind, sind ein Faktor, der Kunden mit Quantum LTO-Bandlaufwerken und zertifizierten LTO-Speichermedien (für die eine dreijährige Garantie gilt) beste Performance und höchste Zuverlässigkeit garantiert. Minderwertige Speichermedien verschlechtern die Performance und Zuverlässigkeit von Bandlaufwerken und Speichermedien deutlich.

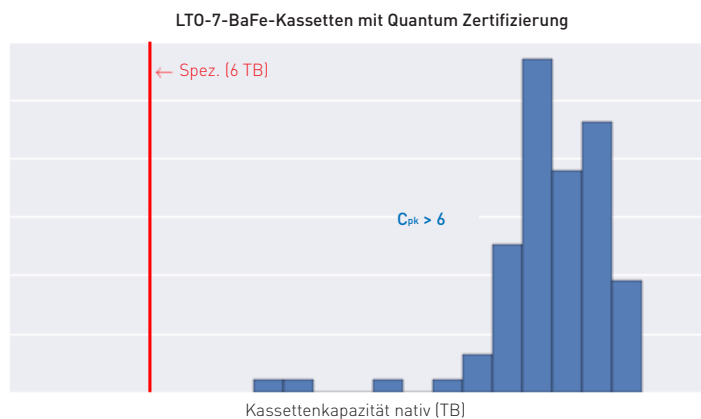
**Abb. 6** Testergebnisse für Speichermedien mit Quantum Zertifizierung



LTO-Speichermedien sind so konzipiert, dass sie 3 % Toleranz für Fehlerkorrektur/Wiederherstellung erlauben, dabei aber noch die volle, vom Kunden erwartete native Kapazität bereitstellen können. Abbildung 6 bietet einen Überblick über die Ergebnisse des Testverfahrens für Speichermedien mit Quantum Zertifizierung. Im oberen Teil der Grafik sind die Testdaten für eine Gruppe getesteter Kassetten dargestellt, die alle eine Performance über der Spezifikation des LTO-Standards aufweisen. Der untere Teil der Grafik zeigt die Performance von Quantum Speichermedien, wenn der Testprozess bewusst durch Fehler gestört wird, um auch unter diesen Bedingungen eine maximale Datenintegrität der Medien zu verifizieren.

Für Kunden bedeuten diese Resultate, dass Quantum LTO-Laufwerke und Quantum-zertifizierte Speichermedien eine Technologie bieten, die proprietären Tape-Formaten das Wasser reichen kann oder diesen sogar überlegen ist.

**Abb. 7** Speichermedien mit Quantum Zertifizierung übertreffen LTO-Spezifikationen



Weitere Informationen zu Testumgebung, Testverfahren und -ergebnissen des Quantum Zertifizierungsprozesses für Speichermedien finden Sie im Quantum White Paper [Cloud-fähige LTO-Medien mit Quantum Zertifizierung](#).

## QUANTUM SCALAR LIBRARIES

Quantum ist seit vielen Jahren Marktführer im Bereich Tape-Automatisierung. Neben zuverlässiger Robotik zeichnen sich seine Produkte durch innovative Library-basierte Technologie aus, die Medien und Laufwerk-Performance proaktiv überwacht und den Anwender bei Anzeichen von Problemen warnt. Scalar Libraries bieten darüber hinaus Optionen für die regelbasierte Integritätsprüfung von Daten, die Kunden im laufenden Betrieb eine störungsfreie Überprüfung der Lesbarkeit langfristig gespeicherter Daten ermöglicht. Nachdem Tape eine bedeutende Rolle als langfristiges, kostengünstiges Speichermedium einnimmt, muss gewährleistet sein, dass so gesicherte Daten im Bedarfsfall intakt sind. Im Folgenden werden die wichtigsten Vorteile des Quantum Scalar Library-Portfolios aufgezeigt.

- **Intelligente Quantum iLayer™-Software:** Einfachere Administration mit einem um bis zu 75 % geringeren Zeitaufwand im Vergleich zu anderen Tape Libraries.
- **EDLM (Extended Data Life Management):** Die Quantum exklusive regelbasierte Integritätsprüfung für Speichermedien stellt sicher, dass Daten in Langzeitspeichern/Archiven für das Disaster Recovery verfügbar sind. Die Integration mit StorNext® Storage Manager ermöglicht Selbstdiagnose und -heilung für archivierte Daten.
- **Active Vault:** Logisch ausgelagerte Archivbänder können innerhalb der Library aufbewahrt werden. Dies spart Kosten und Aufwand, während Sicherheit und Verfügbarkeit der archivierten Inhalte optimiert werden.
- **Advanced Reporting:** Berichte zu Medien, Laufwerken und Sicherheit liefern aufschlussreiche Informationen über Auslastung und Performance der Library. Erstellung und Verteilung der Berichte erfolgen automatisiert.
- **Pfad-Failover:** Funktionen für Control Path- und Data Path-Failover stellen den Betrieb des Library-Systems sicher, sodass selbst bei Störungen der SAN-Fabric der Zugriff gewährleistet ist.
- **Intelligenter Massenimport/-export von Kassetten:** Die umfangreichste Import-/Exportfunktionalität der Branche trägt in Kombination mit exklusiven Funktionen für automatischen Import und Exportumleitung dazu bei, die Kassettenlade- und -entladezeiten deutlich zu reduzieren.
- **Modulare Architektur:** Die durchlaufende Robotik ermöglicht flexible Skalierbarkeit mit Standard-19"-Formfaktor ohne Verlust an Zuverlässigkeit.
- **Capacity-on-Demand-Skalierbarkeit:** Unkompliziertes Speicherwachstum durch schnelle, komfortable und unterbrechungsfreie Kapazitätserweiterungen.
- **Unterstützung für Quantum Vision®-Management-Software:** Weniger Administrationsaufwand in Umgebungen mit mehreren Systemen und problemlose Integration mit den Quantum Disk-Backup-Lösungen.
- **Scalar Key Manager-Unterstützung:** Die FIPS-validierte Lösung vereinfacht das Key Management und minimiert das Risiko bei Verlust von Datenträgern.

Quantum Scalar Libraries bieten all diese Funktionen in Systemen, die von 25 bis 12.000 Kassetten-Slots skalierbar sind. Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.quantum.com/de](http://www.quantum.com/de).

## GESAMTBETRIEBSKOSTEN (TCO)

Tape bietet im Vergleich zu anderen Speicherlösungen und -technologien ein klar überlegenes Kapazität-Kosten-Verhältnis. Bei der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Tape-Formate zeigt LTO in puncto Kosten deutliche Vorteile gegenüber proprietären Formaten. Wie in Tabelle 2

zu sehen, sind LTO-Bandlaufwerke mit einem Listenpreis von € 18.500 günstiger als proprietäre Laufwerke, die oft mehr als € 33.500 pro Gerät kosten. Auch die Speichermedien unterscheiden sich im Preis deutlich. Eine LTO-Kassette ist für € 68 bis € 110 erhältlich, proprietäre Speichermedien können mit bis zu € 210 pro Kassette zu Buche schlagen.

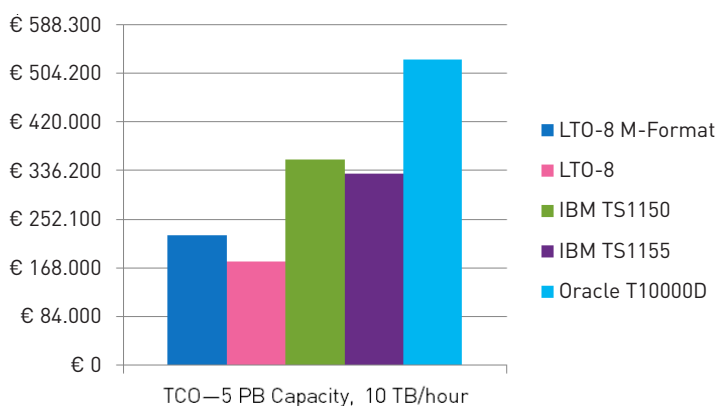
Die Auswirkungen dieser Preisunterschiede auf die Gesamtbetriebskosten zeigt Tabelle 2, in der verglichen wird, wie viele Kassetten zur Speicherung von 5 PB Daten und wie viele Bandlaufwerke zur Speicherung von 10 TB pro Stunde nötig sind. Diese Beispiele zeigen eindrucksvoll, dass LTO im TCO-Vergleich für Speichermedien und Laufwerke deutlich günstiger als proprietäre Formate ist.

**Tabelle 2:** LTO vs. proprietäre Formate – Gesamtbetriebskosten

Kapazität	LTO-8 M-Format	LTO-8	IBM TS1150	IBM TS1155	Oracle T10000D
Native Kapazität	9 TB	12 TB	10 TB	15 TB	8,5 TB
Anzahl Kassetten = 5 PB	556	417	500	334	589
Preis pro Kassette	€ 68	€ 110	€ 147	€ 147	€ 210
<b>"Kosten für 5 PB Kapazität"</b>	<b>€ 56.644</b>	<b>€ 45.870</b>	<b>€ 73.500</b>	<b>€ 49.098</b>	<b>€ 123.690</b>
<b>Daten-Performance</b>					
Native Performance	300 MB/s	360 MB/s	360 MB/s	360 MB/s	252 MB/s
Anzahl Laufwerke = 10 TB/h	10	8	8	8	12
Kosten pro Laufwerk	€ 16.800	€ 16.800	€ 35.300	€ 35.300	€ 33.600
<b>Kosten für 10 TB/h Performance</b>	<b>€ 168.00</b>	<b>€ 134.400</b>	<b>€ 282.400</b>	<b>€ 282.400</b>	<b>€ 403.200</b>
<b>TCO</b>					
<b>5 PB Kapazität, 10 TB/h</b>	<b>€ 224.644</b>	<b>€ 180.270</b>	<b>€ 355.900</b>	<b>€ 331.498</b>	<b>€ 526.890</b>

Die Daten der vorstehenden Tabelle werden in der folgenden Grafik nochmals zusammengefasst. Sie zeigt, dass LTO bei den Gesamtbetriebskosten in einer Tape-Umgebung klar das beste Preis-Leistungs-Verhältnis bietet.

**Abb. 8** Effektive TCO



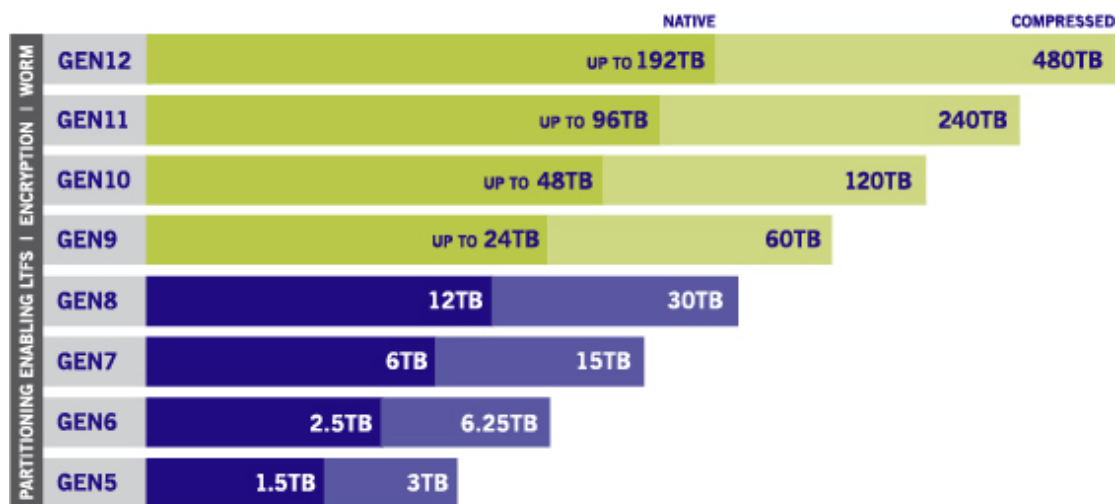
## DIE WEITERE ENTWICKLUNG VON TAPE

Das LTO-Konsortium hat eine Roadmap bis zum LTO-10-Format präsentiert. LTO-10 soll 48 TB native Kapazität pro Kassette und Datenraten bis zu 1.100 Mbit/s ermöglichen (siehe Abbildung 9). Die Markteinführung von LTO-10 ist zwar erst für 2022 geplant, doch unter Laborbedingungen wurden die Entwicklungen zur Gewährleistung von Aufzeichnungsdichte, Servo und allgemeiner Zuverlässigkeit mittels Fehlererkennung/-korrektur bereits belegt. Als wichtiger Technologie-

partner im LTO-Konsortium blickt Quantum bereits über die veröffentlichte Roadmap hinaus, um die technologische Machbarkeit für zukünftige LTO-Generationen nach LTO-10 zu untersuchen. Quantum entwickelt und testet auch zahlreiche weitere Technologien – einige davon sind bereits patentiert –, die auf Basis von Standard-LTO-Laufwerken und -Medien extrem langfristige Datenintegrität für gigantische Cloud-Archive ermöglichen.

Abb. 9 LTO-Roadmap des LTO-Konsortiums

## LTO ULTRIUM ROADMAP ADDRESSING YOUR STORAGE NEEDS



NOTE: Compressed capacity for generation 5 assumes 2:1 compression. Compressed capacities for generations 6-12 assume 2.5:1 compression (achieved with larger compression history buffer).

SOURCE: The LTO Program. The LTO Ultrium roadmap is subject to change without notice and represents goals and objectives only. Linear Tape-Open, LTO, the LTO logo, Ultrium, and the Ultrium logo are registered trademarks of Hewlett Packard Enterprise, IBM and Quantum in the US and other countries.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die verschiedenen Vergleiche zeigen eindeutig, dass LTO im Hinblick auf Mobilität und langfristige Datensicherung bei weitem das beste Tape-Format ist.

- **Kapazität:** LTO bietet eine vergleichbare Kapazität zu einem deutlich niedrigeren Preis pro Kassette.
- **Performance:** LTO erreicht die Performance aller Enterprise-Laufwerke.
- **Datensicherheit:** In beschleunigten Medientests hat LTO bewiesen, dass es Daten bei sachgemäßer Lagerung und Handhabung für 30 Jahre speichern und bereitstellen kann.
- **Zuverlässigkeit:** LTO-Laufwerke sind die einzigen Bandlaufwerke mit einer dreijährigen Garantie. Dies beweist, wie zuverlässig die Mechanik der Bandlaufwerke ist.
- **Roadmap und zukünftige Generationen:** LTO wird von mehreren Anbietern aktiv mitgetragen, sodass die Entwicklung zukünftiger Generationen der Tape-Technologie auf einer soliden Grundlage steht.
- **Kosten:** LTO zeichnet sich durch niedrigste Gesamtbetriebskosten aus. Prognosen zu den Kapazitäten, die für Cloud-Speicher zu erwarten sind, machen Tape in vielen Fällen zur einzigen Technologie, die diesen Anforderungen gerecht werden kann.
- **Automatisierung:** Neben Bandlaufwerken und Speichermedien spielen vor allem die Tape Libraries eine wichtige Rolle dabei, dass Daten zuverlässig und über viele Jahre gespeichert und lesbar bleiben.



## ÜBER QUANTUM

Quantum ist ein führender Anbieter von spezialisierten Lösungen für Scale-out-Tiered-Storage, Archivierung und Datensicherung, die die Erfassung, gemeinsame Nutzung und Vorhaltung von digitalen Inhalten über den gesamten Datenlebenszyklus gewährleisten. Mehr als 100.000 Kunden – vom kleineren Unternehmen bis zum multinationalen Konzern – vertrauen auf Quantum, wenn es um die Herausforderungen selbst anspruchsvollster Daten-Workflows geht. Mit der mehrstufigen End-to-End-Speicherlösung von Quantum können sie die Wertschöpfung aus ihren Daten maximieren und Kosten sowie Komplexität reduzieren. Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.quantum.com/de/customerstories](http://www.quantum.com/de/customerstories).