

Kostengünstiger Speicher für wachsende Datenanforderungen

Wie man mit persistentem Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSDs die Grenzen von DRAM und NAND überwindet und eine höhere Rentabilität erzielt

intel.
OPTANE™

Kurzfassung

Die globale Datenmenge steigt unaufhaltsam exponentiell an. Deshalb müssen weltweit Cloud-Infrastrukturen – wo sich der Großteil dieser Daten befindet – entweder angepasst werden oder Überlastung in Kauf nehmen. Herkömmliche Arbeits- und Datenspeicherarchitekturen sind häufig in Bezug auf Kapazität oder Leistung zu limitiert, um gängige Echtzeit-Datenanforderungen zu erfüllen.

Mit persistentem Intel® Optane™ DC Speicher und Intel® Optane™ SSDs lässt sich die Leistungs- und Kapazitätslücke zwischen DRAM- und NAND-Speicher schließen. Durch die Kombination von Speichermedien mit bahnbrechender Intel® Optane™ Technik und neuer Software können Anwender verschiedene Konfigurationsmodi nutzen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Vorteilen, wie zum Beispiel:

- stark erweiterte Systemspeicherkapazitäten
- hohe Dichte an virtuellen Maschinen (VMs), die mehr VMs pro Server und/oder die Konsolidierung aller Server ermöglicht
- hohe Anwendungsleistung, unter anderem aufgrund von weniger Disk-Swapping
- neue Möglichkeiten für das Daten-Tiering durch reaktionsschnellen Datenspeicher
- persistenter Speicher für eine bemerkenswert schnelle Systemwiederherstellung

Persistenter Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSDs sind eine leistungsfähige und zuverlässige Lösung, die Rechenzentren und Cloud-Anwendungen ausreichend Kapazität und Leistung zur Bewältigung künftiger Datenanforderungen bietet.

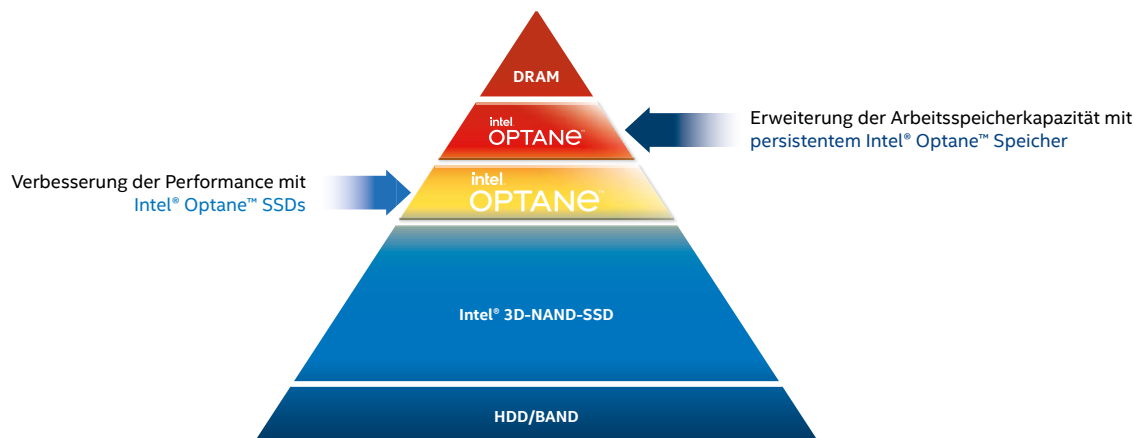


Abbildung 1: Zwischen schnellem Arbeitsspeicher und Datenspeicher mit hoher Kapazität besteht eine große Lücke, die die Speicherkapazitäten der wichtigsten Datenanwendungen bisher eingeschränkt hat. Die Intel® Optane™ Technik bietet nun eine Lösung für dieses Problem.

Problemstellung

Um es mit Einstein zu sagen: Die Technologien, die uns in die Gegenwart gebracht haben, werden die Probleme der Zukunft nicht lösen. Unternehmen müssen ihre Art der Datenverarbeitung grundlegend verbessern, damit sie mit den höheren Anforderungen bei Datenvolumen, Geschwindigkeit und Komplexität von Workloads Schritt halten können. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus einer Reihe makrostruktureller branchenprägender Trends, ausgehend vom explosiven Wachstum der globalen Daten. Laut dem Marktforschungsunternehmen IDC wird die Welt in den nächsten fünf Jahren mehr als drei Mal so viele Daten erzeugen als in den vorangegangenen fünf Jahren.¹ Durch diesen Zuwachs werden produktivitätsgetriebene und eingebettete Daten bis 2024 29 Prozent aller weltweiten Daten ausmachen, was einer jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 40 Prozent entspricht.² Bis 2025 wird beinahe die Hälfte der weltweiten Daten in der Cloud gespeichert sein und 30 Prozent aller Daten werden sofort nach ihrer Erzeugung in Echtzeit zur Verfügung stehen.³ Die weltweiten Bemühungen konzentrieren sich daher sowohl auf die Kapazität zur Speicherung dieser Daten als auch darauf sicherzustellen, dass der Datenspeicher schnell genug ist, um Echtzeit-Reaktionsfähigkeit bieten zu können.

Laut dem Netzwerkausrüster Cisco wird diese Datenexplosion von einer Vielzahl von Faktoren angetrieben:⁴

- die 2020 beginnende 5G-Einführung
- die Verdoppelung der IoT-Verbindungen (auf 28,5 Milliarden) bis 2022
- der Anstieg des Gaming-Datenverkehrs um das 9-fache zwischen 2017 und 2022
- die Zunahme von Videoüberwachung um das 7-fache zwischen 2017 und 2022
- eine CAGR von 65 Prozent beim Datenverkehr von Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) im gleichen Fünfjahreszeitraum

Bis 2025 bleibt nur noch erschreckend wenig Zeit, um die Welt darauf vorzubereiten, eine mehr als Verfünffachung der erzeugten und erfassten Daten zu bewältigen. Für die Datenverarbeitungsinfrastruktur wird das eine erhebliche Belastung darstellen. Stellen Sie sich vor, dass die Autobahnen in Ihrer Nähe fünf Mal so viel Verkehr aufnehmen müssen und gleichzeitig alle viel schneller als zuvor fahren möchten. Rechenzentren befinden sich nun in genau dieser Situation.

All diese Daten fördern das rasante Wachstum von Daten-Workloads, die häufig Echtzeit-Verarbeitung benötigen. Die Erfüllung solcher Geschwindigkeitsanforderungen zog bisher kostspielige Maßnahmen nach sich, wie zum Beispiel die Migration in In-Memory-Datenbanken. In-Memory-Systeme sind jedoch meist besonders kostspielig. Das liegt

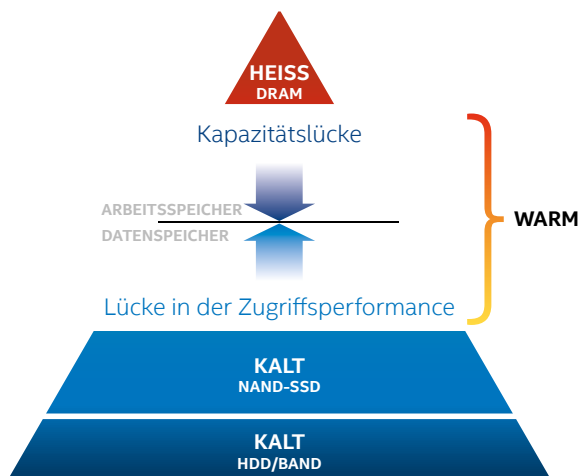


Abbildung 2: Der auf Rechenzentren lastende Druck hat zu einem Bedarf an mehr erschwinglicher Arbeitsspeicherkapazität und höherer Leistung des „warmen“ Datenspeichers geführt.

zum Teil daran, dass der Preis pro GB DRAM hoch bleibt, während die Modulkapazitäten begrenzt sind.

Diese Charakterisierung von DRAM als „schnell aber teuer und mit begrenzter Kapazität“ hat zu einem fragmentierten Arbeits-/Datenspeichermarkt geführt, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. „Heiße“ oder „aktive“ Daten müssen im Arbeitsspeicher gehalten werden, um Performance zu gewährleisten, aber Unternehmen tun sich schwer, alle benötigten Daten in DRAM zu speichern. „Warme“ Daten (oder Nearline-Daten) haben weniger hohe Anforderungen an die Reaktionsgeschwindigkeit und können deshalb im Datenspeicher bleiben. Die Datenflut wirkt sich aber auf alle Speicherebenen aus. Der Bedarf an niedriger Latenz für Nearline-Speicherung wird immer größer, und überschreitet manchmal die Grenzen dessen, was NAND-SSDs leisten können. Es ist an der Zeit, dass neue Technik die Lücke zwischen Kapazität und Leistung auf dem heutigen Markt schließt, damit die Welt die Datenanforderungen von morgen erfüllen kann.

Die Intel® Optane™ Technik bietet eine Lösung

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, werden Performance und Kapazität traditionell als gegensätzlich bzw. geradezu unvereinbar angesehen – so wie Schwarz und Weiß. Tatsächlich sind sie eher wie Frequenzbänder in einem kontinuierlichen Spektrum. DRAM ist nicht die schnellste Form von Speicher. Ein Blick auf das Innenleben einer CPU zeigt, dass die L1- bis L3-Caches und sogar die Register noch schnellerer Speicher sind. Auf die gleiche Weise sind Festplatten und Bänder nicht die langsamsten Speichermedien. Arbeits- und Datenspeicher bewegen sich in einem Kontinuum. Dieses Kontinuum wird gewöhnlich aus zwei Blickwinkeln betrachtet: den Kosten und der Latenz, die normalerweise im umgekehrten Verhältnis zueinander stehen. In dem Ausmaß, wie die Kosten pro Gigabyte zunehmen, nimmt die Latenz ab, wie aus Abbildung 3 hervorgeht.

DRAM macht es nötig, größere Mengen an aktivem High-Performance-Speicher einzusetzen, aber moderne DRAMs sind in großen Mengen äußerst kostspielig. Außerdem beschränken die Dichten bestehender DRAM-DIMMs die physikalisch möglichen Kapazitäten des Systemspeichers. Das führt zu einer Lücke im Kontinuum. NAND ist zu langsam, um als Hauptspeicher zu dienen. Und DRAM zu teuer und auch nicht dicht genug, um Arbeitsspeicherkapazitäten praktikabel zu erweitern.

Außerdem gibt es eine Lücke oberhalb von NAND-SSDs. NAND-Medien bieten ausreichende Speichergrößen und Persistenz, aber es mangelt ihnen an Performance und Haltbarkeit. Der Markt braucht persistenten

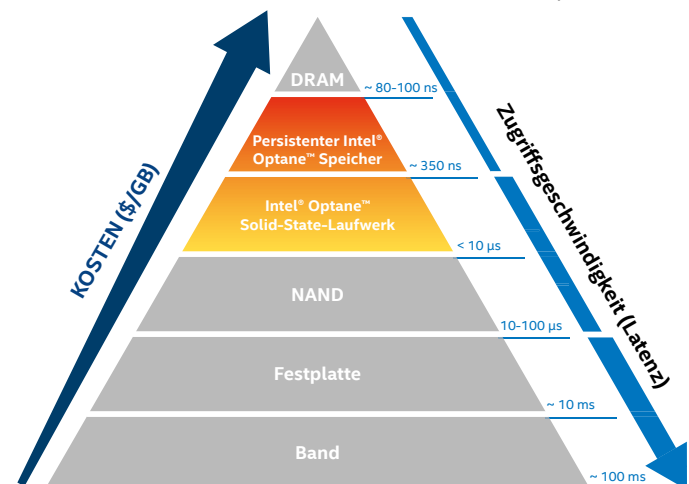


Abbildung 3: In dem Ausmaß wie die Kosten pro Gigabyte steigen, sinkt die Zugriffslatenz

Speicher, der hinsichtlich Geschwindigkeit näher an DRAM ist, jedoch niedrigere Preise, größere Kapazitäten sowie höhere Haltbarkeit bietet.

Die Intel® Optane™ Technik nimmt sich der Kapazitäts- und Leistungslücke im Kontinuum von Arbeits-/Datenspeicher an und schließt sie. Das einzigartige Speichermedium nutzt eine Art von nichtflüchtiger Speichertechnik und sorgt so auf der einen Seite der Lücke im Kontinuum – beim Arbeitsspeicher – für inhärent hohe Leistung und große Kapazitäten, während auf der anderen Seite – beim Datenspeicher – Eigenschaften wie Performance, Persistenz und Haltbarkeit geboten werden. Intel® Optane™ Speichermedien sind beinahe so schnell wie DRAM.⁵ Sie sind byteweise adressierbar und bieten Write-in-Place, Persistenz, hohe Haltbarkeit und konstant niedrige Latenz.⁶

Dank dieser Eigenschaften können Intel® Optane™ Speichermedien auf zwei Arten verbaut werden: In einem DIMM-Formfaktor als persistente Speichermodule, die am Speicherbus hängen, oder als NVMe*-SSDs, die am PCIe*-Bus hängen. Wenn sie als persistente Intel® Optane™ Speichermodule konfiguriert werden, erhöhen sie die Arbeitsspeicherkapazität bei nahezu DRAM-Geschwindigkeit und zu niedrigeren Kosten⁷. Gleichzeitig bieten sie dem Arbeitsspeicher auch Persistenz. Wenn sie als Intel® Optane™ SSDs konfiguriert werden, erhöhen sie die Zugriffsgeschwindigkeit für Datenspeicher wesentlich, liefern konsistente Performance und weisen eine hohe Haltbarkeit auf, die herkömmliche NAND-SSDs nicht bieten können.⁸

Egal, ob das zugrundeliegende Medium in Speichermodulen oder SSDs verbaut wird, die Intel® Optane™ Technik besitzt mehrere Eigenschaften, die sie vielseitig und begehrt macht.

Geringe Latenz

DDR4-Module besitzen eine Latenz im Bereich von 10 bis 20 Nanosekunden (ns).⁹ Persistenter Intel® Optane™ Speicher nutzt das gleiche physische Gehäuse und den gleichen Speicherbus wie DDR4 und bietet so Latenzen von unter 350 ns. Das ist relativ wenig im Vergleich zu den 10 bis 100 Mikrosekunden (µs) von NAND-SSDs. (1 Mikrosekunde besteht aus 1000 Nanosekunden.) Wie Abbildung 4 zeigt, bieten Intel® Optane™ SSDs trotz der Grenzen des PCIe*-Speicherbusses (PCI Express*) immer noch deutlich kürzere Zugriffszeiten als nahezu alle NAND-SSDs.¹⁰ Kurz gesagt: die Intel® Optane™ Technik ermöglicht größere Speicherpools mit niedriger Latenz für „heiße“ Daten. Dadurch können die Nutzer die am häufigsten benötigten Daten schneller erreichen und nutzen.

Datenpersistenz

So wie NAND-Speicher verlieren als Datenspeicher eingesetzte Intel® Optane™ Medien ihre Daten bei einem Stromausfall oder Neustart nicht. Je nachdem in welchem Modus der Speicher konfiguriert

wurde, können auch als Systemspeicher eingesetzte Intel® Optane™ Medien über diese Datenpersistenz verfügen. Datenpersistenz ist ein Schlüsselaspekt der Intel® Optane™ Technik, denn sie ebnet den Weg für ein neues Programmiermodell, durch das Entwickler einfachere und leistungsstärkere Anwendungen schneller erstellen können.

Hohe Belastbarkeit

Anders als NAND nutzen Intel® Optane™ Medien eine Write-in-Place-Technik, wodurch es nicht mehr wie bei NAND nötig ist, eine Zelle zu löschen, bevor sie beschrieben wird. Das steigert die Haltbarkeit wesentlich. So ist beispielweise die Intel® Optane™ SSD der Produktreihe DC D4800X mit 1,5 TB für 82,1 PBW (Petabytes Written) über die gesamte Lebensdauer des Laufwerks ausgelegt im Gegensatz zur Intel® SSD der Produktreihe DC P4610 mit 1,6 TB, die für 12,25 PBW ausgelegt ist. Die wirtschaftlichen Vorteile, besonders für Rechenzentren mit schreibintensiven Workloads, sind überzeugend.

Zuverlässige Leistung

Die Intel® Optane™ Technik sorgt für konstante Leistung, wenn die Workloads zunehmen. So neigen beispielsweise NAND-basierte SSDs dazu, langsamer zu reagieren (höhere Latenz), wenn sie durch Schreibvorgänge belastet werden. Wenn man Intel® Optane™ SSDs über einen längeren Zeitraum mit einem anhaltenden, zunehmendem Workload evaluiert, zeigen sie konstant niedrige Reaktionszeiten im Vergleich zu NAND-basiertem Datenspeicher, der letztlich durch eine Latenz verlangsamt wird, die mehr als 60 Mal so hoch sein kann wie die von Intel® Optane™ Speicher.¹² Für umfangreiche Workloads und Anwendungen, die auf eine konstante Datenspeicherleistung angewiesen sind, ist daher die Intel® Optane™ Technik eine viel zuverlässigere Wahl. Das zeigt sich immer gleich vom Start weg. Manche Speichermedien benötigen eine „Anlaufzeit“, um eine hohe IOPS-Performance bei niedrigen Warteschlangentiefen zu erreichen, wie sie beim Großteil von Unternehmens-Workloads üblich sind. Intel® Optane™ SSDs starten aber auf einem hohen IOPS-Level und verweilen dann dort.¹³

Persistenter Intel® Optane™ Speicher

Persistenter Intel® Optane™ Speicher hält sich an die physischen Spezifikationen von DDR4-Modulen. Daher lassen sich persistente Intel® Optane™ Speichermodule bei Plattformen, die die skalierbaren Intel® Xeon® Prozessoren der 2. oder 3. Generation unterstützen, einfach neben dem herkömmlichen DDR4-Speicher installieren. Dadurch können mehr Daten mit annähernd DRAM-Latenz nahe an der CPU gehalten werden. Persistenter Intel® Optane™ Speicher ist mit hoher Kapazität (128, 256 und 512 GB) verfügbar. Diese zu einem

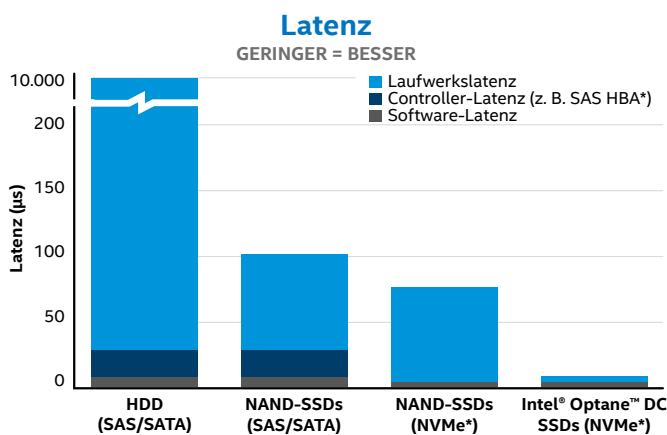
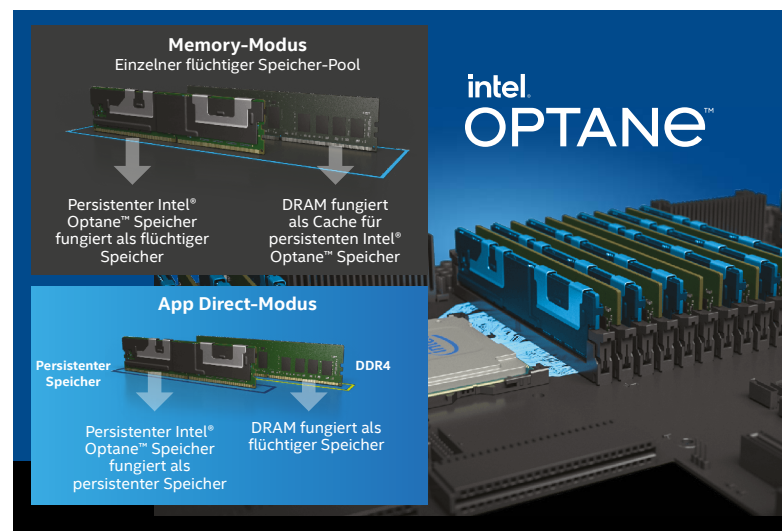


Abbildung 4: Der Umstieg auf NVMe* verringert die durch den Controller-Overhead verursachten Latenzen, aber für den Großteil des Leistungsvorteils von Intel® Optane™ SSDs ist das Speichermedium selbst verantwortlich.¹¹



erschwinglichen Preis erhältlichen nichtflüchtigen DIMMs bieten insgesamt ein besseres Preis-/Leistungsverhältnis.¹⁴ Wie die Module innerhalb des Servers funktionieren, hängt davon ab, in welchem Modus sie mit Intel® Software konfiguriert werden.

Der **Memory-Modus** ermöglicht mehr Gesamtsystemspeicher, da persistente Intel® Optane™ Speichermodule über viel größere Kapazitäten verfügen als die entsprechenden DRAMs. Persistente Intel® Optane™ Speichermodule laufen neben DDR4-Modulen. Letztere fungieren dabei als großer L4-Cache, während die Intel® Optane™ Speichermodule den einzigen verfügbaren Speicherbereich bilden, der für die Nutzer zugänglich ist. In diesem Modus ist Intel® Optane™ Speicher flüchtig. Der Memory-Modus ist ideal für durch den Arbeitsspeicher eingeschränkte Anwendungen. Das sind zum Beispiel sehr große Datenbank-Workloads oder virtualisierte Umgebungen, die eine höhere Anzahl an VMs oder Containern benötigen. Der Memory-Modus funktioniert bei allen Anwendungen und erfordert keine Programmierung oder Code-Änderungen.

Der **App Direct-Modus** konfiguriert persistenten Intel® Optane™ Speicher so, dass die Daten in den Modulen persistent sind. Das DRAM bleibt jedoch flüchtig. Die Speicherkapazitäten sind kumulativ, wodurch ein noch größerer Systemspeicher ermöglicht wird. Die Nutzer benötigen jedoch Software, die mit dem App Direct-Modus kompatibel ist, und zur Optimierung kann etwas zusätzlicher Programmieraufwand erforderlich sein. Das Betriebssystem fasst im App Direct-Modus persistenten Intel® Optane™ Speicher und RAM als getrennte Speicherpools auf und kann sie unterschiedlich behandeln. Der Intel® Optane™ Speicher kann persistent wie Datenspeicher sein, byteweise adressierbar wie Arbeitsspeicher und Cache-kohärent, um persistenten Speicher über den lokalen Knoten hinaus zu unterstützen. Da die Daten erhalten bleiben, ist es nicht nötig sie nachzuladen. Das ist in Fällen wie schnellen Datenbankneustarts und beschleunigter Echtzeit-Analytics von Vorteil. Im App Direct-Modus können DRAM und persistenter Intel® Optane™ Speicher je nach Bedarf zugewiesen werden, damit Anwendungen das für eine bestimmte Aufgabe optimale Medium nutzen können.

Der **Storage Over App Direct-Modus** erfordert keine Anpassung der Anwendungen. Er nutzt dieselben NVDIMM-Treiber des Betriebssystems wie der App Direct-Modus, ermöglicht es aber den Nutzern, ihren Pool aus persistentem Intel® Optane™ Speicher als nichtflüchtigen Datenspeicher zu nutzen, obwohl er immer noch am Speicherbus hängt. Das reduziert die Latenz des I/O-Busses, versetzt DRAM in die Lage, seine typische Rolle als flüchtiger Arbeitsspeicher zu erfüllen, und bietet eine stark beschleunigte Caching-Ebene für performance-abhängige Anwendungen.

Persistenter Intel® Optane™ Speicher ersetzt DRAM nicht, sondern er ergänzt DRAM. Persistenter Intel® Optane™ Speicher erweitert den Systemspeicher erheblich und verleiht Daten Persistenz, die sonst in

langsamere Speichermedien ausgelagert werden würden. Beide Aspekte von persistentem Intel® Optane™ Speicher können die Rentabilität wesentlich erhöhen. So neigen zum Beispiel durch den Arbeitsspeicher eingeschränkte VMs zu einer Unterauslastung der CPUs. Indem den eingeschränkten VMs mehr Arbeitsspeicher zur Verfügung gestellt wird, kann die CPU-Auslastung für alle VMs erhöht werden. Das führt zu einer insgesamt höheren Auslastung. Alternativ dazu ermöglicht eine höhere Arbeitsspeicherkapazität mehr VMs pro physischem System, wodurch Unternehmen die Anzahl der insgesamt eingesetzten Server reduzieren können. Durch die Erhöhung der VM-Dichte auf weniger Ressourcen verbessert sich das Preis-/Leistungsverhältnis der Lösung.

Intel® Optane™ SSDs

Das gleiche Speichermedium mit Intel® Optane™ Technik wird in Geräten mit den PCIe*-x4-Formfaktoren AIC, U.2 oder M.2 verbaut. Dadurch eröffnet sich für den Datenspeicher ein ähnliches Spektrum an Möglichkeiten. Wie schon angemerkt, erhöht der PCI Express*-Speicherbus die Latenzen und den Overhead, aber die Lese-/Schreib-Performance (normalerweise unter 10 µs) ist mehr als ausreichend, um einen hohen Speicher-Tier zu ermöglichen, dessen Vorteile mit NAND-SSDs entweder kostspielig oder unmöglich zu erreichen sind.

Dass Intel® Optane™ Speichermedien eine viel größere Haltbarkeit als NAND aufweisen wurde schon zuvor beschrieben. Intel® Optane™ Speicher zeigt auch unter einer Dauerlast eine erhebliche höhere

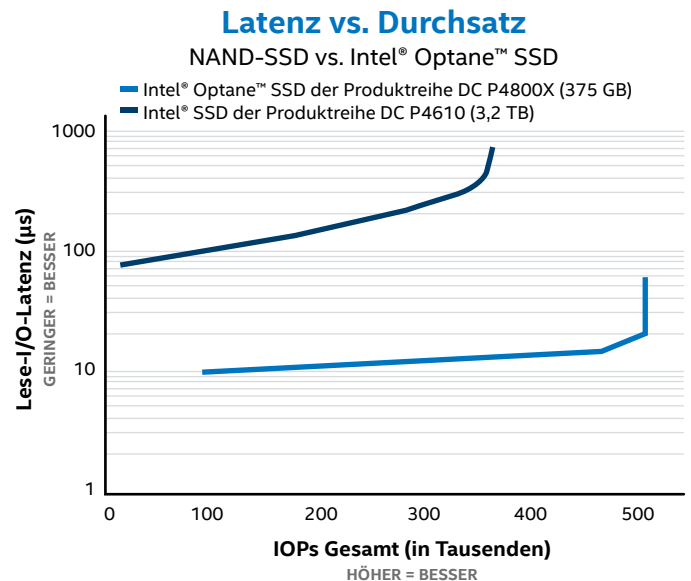


Abbildung 5: Intel® Optane™ SSDs bieten bei steigender Last eine wesentlich konstanter niedrige Latenz als NAND-Alternativen.

und zuverlässigere Performance als NAND. Zur Verdeutlichung veranschaulicht Abbildung 5 durch einen Vergleich von Intel® 3D-NAND-SSDs und Intel® Optane™ SSDs das Verhältnis zwischen Latenz und IOPS.

Interessanterweise können einige der Vorteile von persistentem Intel® Optane™ Speicher durch die Kombination von Intel® Optane™ SSDs mit der Intel® Memory Drive Technik realisiert werden (derzeit für Linux verfügbar). Diese Lösung erhöht die Arbeitsspeicherkapazität mittels Software – und zwar, indem Intel® Optane™ SSDs mit dem DRAM-Pool gebündelt werden, sehr ähnlich wie im Memory-Modus bei persistenten Intel® Optane™ SSDs Speichermodulen. Intel® Optane™ SSDs mit Intel® Memory Drive Technik bieten eine kostengünstige Möglichkeit, den Arbeitsspeicher über die Grenzen von herkömmlichen DRAM hinaus massiv zu erweitern. Diese Technik ermöglicht sehr große Workloads bei relativ geringen DRAM-Kapazitäten, wodurch sich



ein Einsparungspotenzial bei der Hardwarebeschaffung und den Betriebskosten ergibt. So wie persistenter Intel® Optane™ Speicher ist die Kombination von Intel® Optane™ SSDs mit der Intel® Memory Drive Technik eine weitere Möglichkeit, um „heiße“ Daten für einen schnellen Zugriff mit niedriger Latenz zwischenspeichern.

Da die SSDs über den PCIe*-Bus kommunizieren, ist eine gewisse I/O-Latenz unausweichlich. Deshalb ist in Performance-abhängigen Umgebungen weiterhin persistenter Intel® Optane™ Speicher vorzuziehen. Intel® Optane™ SSDs mit der Intel® Memory Drive Technik bieten jedoch nicht nur die riesigen Systemspeichergrößen, die viele Anwendungen und Umgebungen benötigen, sondern werden auch von einer Vielzahl aktueller CPUs unterstützt.

Wie bei allen Intel® Optane™ SSDs im Allgemeinen funktioniert die Intel® Memory Drive Technik in Verbindung mit skalierbaren Intel® Xeon® Prozessoren, Intel® Xeon® E5-x6xx Prozessoren der Version 2 oder höher¹⁵ sowie Intel® Xeon® E7-x8xx Prozessoren der Version 2 oder höher. Bei der Intel® Memory Drive Technik bleiben Daten flüchtig.

Mehr Systemspeicher für alle Workloads



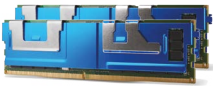

Für persistenten Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSDs gibt es bereits viele Anwendungsfälle und Zielanwendungen und mit zunehmender Verbreitung werden es noch mehr werden. Beide Implementierungen der Intel® Optane™ Technik bauen auf den Grundlagen auf, die Intel® 3D-NANDs als Massenspeicher in Servern geschaffen haben. Diese basieren auf der vorherigen und aktuellen Generation der Intel® Xeon® Prozessoren. Intel® 3D-NAND-SSDs bilden eine solide Basis für hohe Datenperformance und -zuverlässigkeit bei einer Vielzahl von Unternehmens-Workloads (siehe Tabelle 1).

Bei Plattformen, auf denen Anwendungen laufen, die von einer niedrigeren Latenz beim Speicherzugriff profitieren würden, sorgt der Einsatz von Intel® Optane™ SSDs für eine bessere Performance im Vergleich zu 3D-NAND-SSDs. Intel® Optane™ SSDs bieten mehr als genug Kapazität und Geschwindigkeit, um als Buffer/Cache fungieren zu können. Daten, auf die oft zugegriffen wird, können in Intel® Optane™ SSDs gespeichert werden. Die Reaktionszeiten können so deutlich gesenkt und Speicherkapazitäten der primären SSD vor unnötigem Gebrauch und Verschleiß verschont werden. Dadurch können Intel® Optane™ SSDs eine höhere Gesamtsystemperformance zu niedrigeren Kosten bieten, denn das Datenspeichersubsystem profitiert von der langen Haltbarkeit der Intel® Optane™ Speichermedien.

Außerdem können ausgewählte auf Intel® Xeon® Prozessoren basierende Plattformen¹⁶ Intel® Optane™ SSDs zur Optimierung der Gesamtspeicherkapazität nutzen. Mit der Intel® Memory Drive Technik lässt sich sogar bei älteren Plattformen der verfügbare Arbeitsspeicher von Gigabytes auf mehrere Terabytes erhöhen. Dadurch kann die Effizienz der durch den Arbeitsspeicher eingeschränkten Anwendungen und Workloads deutlich gesteigert werden, was Vorteile wie größere Datenmengen, eine höhere VM-Dichte und eine bessere physische Serverkonsolidierung mit sich bringt.

Im Vergleich zu 3D-NAND-SSDs bieten sich Unternehmen, die auf der 2. oder 3. Generation der Intel® Xeon® Prozessoren basierende Serverplattformen einsetzen, mehr Vorteile. Anstatt den Systemspeicher über den NVMe*-Bus zu erweitern, ermöglichen es die persistenten Intel® Optane™ Speichermodule mit ihrer hohen Kapazität, dass die Systemspeicherkapazitäten um ein mehrfaches größer sind als beim ausschließlichen Einsatz von DRAM. Dieser ganze Speicher ist am DDR4-Bus angeschlossen und profitiert von den Zugriffszeiten dieses Kanals. So bietet er mehr als ausreichend

Tabelle 1: Alle mit Intel® Xeon® Prozessoren ausgestattete Server profitieren vom Einsatz von Intel® Optane™ SSDs. Bei Servern mit skalierbaren Intel® Xeon® Prozessoren der 2. oder 3. Generation machen sich jedoch immer mehr Anwendungen die großen Vorteile von persistentem Intel® Optane™ Speicher zunutze.

 Für erweiterte Arbeitsspeicherkapazität Empfohlen: persistenter Intel® Optane™ Speicher			 Für verbesserte Datenspeicherperformance Empfohlen: Intel® Optane™ SSD			
Infrastruktur VM-Dichte - Linux KVM - VDI - Microsoft Hyper-V* - VMware vSphere* Dateisystem-Tiering - NetApp MAX Data*	Datenbanken IMDB/NoSQL/RDBMS - SAP HANA* - Redis Labs/Redis* - Aerospike* - KX* - Oracle Exodata*	KI/ANALYTICS Echtzeit-Analytics - SAS VIYA* - Apache Spark* Kommunikation Content-Delivery-Netzwerk - Live-Streaming/Video on Demand	HPC Scratch & I/O-Knoten - Flex Storage-Knoten	Datenspeicher SDS - Ceph Block*/Object* - Red Hat Ceph* - Hadoop YARN Temp* Traditionell (Dual-Port) - PureStorage Flash Array//X* - Dell EMC PowerMax*	Appliance - VAST Data*	
 Für kombinierte Vorteile von Arbeits- und Datenspeicher Empfohlen: persistenter Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSDs						
HCI				Datenbanken		
VMware vSAN* Erweiterter Arbeitsspeicher (ESXi*) + Caching (vSAN*)	Azure Stack HCI* Erweiterter Arbeitsspeicher + Caching	Cisco HyperFlex* Intel PMem (unter Begutachtung) + Caching	Nutanix* Intel PMem Unterstützung in Version 5.19 + Caching	MySQL* Erweiterter Speicher + Caching	MS-SQL* Erweiterter Speicher + Caching	Oracle DB* Erweiterter Speicher + Beschleunigung oder Tiering

Kapazität für sehr große Datenmengen und höhere Performance (im Vergleich zu Intel® Optane™ Speichermedien, die an den NVMe*-Bus angeschlossen sind) für anspruchsvolle Anwendungen, die für die Nutzung von persistentem Intel® Optane™ Speicher optimiert wurden.

Zum Beispiel erzielte Hewlett Packard Enterprise (HPE) bei einem pharmazeutischen GraphX*-Workload durch den Einsatz von 1,5 TB persistentem Intel® Optane™ Speicher einen Preis-/Leistungsvorteil von 48 Prozent gegenüber dem ausschließlichen Einsatz von DRAM.¹⁷

Durch die Nutzung des App Direct-Modus bieten persistente Intel® Optane™ Speichermodule auf Intel® Xeon® Prozessoren der 2. oder 3. Generation zusätzliche Vorteile. Dank dem App Direct-Modus können Unternehmen ihre Konfigurationen sowohl in Hinblick auf Performance als auch auf Systemspeicherkapazität optimieren – je nach Bedarf der Workloads. Deshalb sollten Unternehmen auf persistenten Intel® Optane™ Speicher zurückgreifen, wenn sie Server mit der 2. oder 3. Generation der Intel® Xeon® Prozessoren verwenden und ihre Speicherkapazitäten erweitern und/oder schnelleren, nichtflüchtigen Speicher nutzen möchten.

Intel® Optane™ SSDs zielen auf Nutzungsmodelle und Workloads mit einer breiten Präsenz auf dem Rechenzentrumsmarkt ab. Dazu gehören hyperkonvergente und softwaredefinierte Speicher-Workloads wie vSAN*, Ceph* und Microsoft Storage Spaces Direct*. Tatsächlich ist hyperkonvergente Infrastruktur ein Hauptschwerpunkt und einer der Early Adopters von Intel® Optane™ SSDs, da ihre niedrige Latenz zur Minimierung der I/O-Wartezeiten beiträgt. Eine Reduktion der I/O-Wartezeiten hilft dabei, CPU-Zyklen zu sparen – das wiederum führt zu einer Erhöhung der Workload-Dichte. Und letztlich führt eine Erhöhung der Dichte zu einer Reduktion der Knotenanzahl. Weniger Knoten bedeuten sowohl geringere Hardware-Investitionen als auch geringere Softwarelizenzkosten.

Alternativ dazu können Rechenzentren Intel® Optane™ SSDs zur Erhöhung der VM-Dichte bei bestehenden Systemen nutzen. Eine von der Evaluator Group durchgeführte Studie über hyperkonvergente Plattformen ergab Leistungs- bzw. Preis-/Leistungsvorteile durch die Integration von skalierbaren Intel® Xeon® Prozessoren und Intel® Optane™ SSDs in eine hyperkonvergente Plattform, die auf VMware

vSAN* basiert. Die Ergebnisse zeigten, dass die verbesserte Plattform 1,6 Mal mehr VMs unterstützen konnte und gleichzeitig immer noch die Service-Level-Agreements (SLAs) jeder einzelnen VM erfüllte.¹⁸

Im Bereich der Infrastruktur werden Datenbank-Workloads wie memcached* und Redis* als Datenbank verwendet. Eine Speichererweiterung mit einer kostengünstigen Lösung wie persistentem Intel® Optane™ Speicher kann gut funktionieren, da normalerweise das Netzwerk und nicht das Speichersubsystem einen Engpass darstellt. Mit mehr Arbeitsspeicher können die Nutzer die Cache-Trefferraten verbessern, wodurch sie die Gesamt-SLA auf kostengünstige Weise verbessern.

Bei Datenbankanwendungen ist SAP HANA* der aktuelle Marktführer. Persistenter Intel® Optane™ Speicher bietet nicht nur hohe Performance zu relativ geringen Kosten, sondern ermöglicht auch größere Speicherkapazitäten als beim ausschließlichen Einsatz von DRAM. Der andere einzigartige Vorteil für diesen Markt ist die Persistenz des Datenbankspeichers.

Und zu guter Letzt können beim High-Performance-Computing (HPC; Hochleistungsrechnen) Intel® Optane™ SSDs mit Intel® Memory Drive Technik im laufenden Betrieb flexibel als Arbeits- oder Datenspeicher konfiguriert werden. Das kann der Budgetierung und dem Design von HPC-Clustern eine enorme Vielseitigkeit verleihen und die Abhängigkeit von kostenintensivem DRAM in Speicherknoten mit großer Kapazität verringern.

All diese Innovationen und der Ausbau der Unternehmensfähigkeiten lassen sich zum Teil darauf zurückführen, dass Intel seit vielen Jahren an Gremien für Industriestandards teilnimmt. Dazu gehören u. a. das PCI-SIG-Konsortium (das den PCIe*-Standard regelt), NVM Express* sowie die EDSFF-Arbeitsgruppe (Enterprise & Datacenter SSD Form Factor). Die Grundlagenarbeit von Intel in diesen und ähnlichen Standardisierungsgremien trägt dazu bei, dass Lösungen, die auf neuer Technik wie beispielsweise persistentem Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSDs basieren, umfassend validiert und optimiert werden und für einen breiten, erfolgreichen Einsatz bereit sind.

Anwendungsfälle und entsprechende Anwendungen

Für tiefere Einblicke in einige dieser Anwendungsfälle und entsprechende Anwendungen lesen Sie diese Lösungsbeschreibungen von Intel:

- **Ceph***: Beschleunigen Sie Ceph*-Cluster mit Intel® Optane™ DC SSDs.
- **SAP HANA***: SAP HANA* 2.0 SPS 03 beinhaltet zahlreiche Innovationen der SAP HANA*-Plattform – und es ist die erste wichtige Datenbankanlösung, die persistenten Intel® Optane™ Speicher unterstützt.
- **VMware vSAN***: Agile Datenspeichersysteme beschleunigen Analyse und Erkenntnisse aus gespeicherten Daten erheblich.
- **Vexata Systems und Intel® Optane™ SSDs**: Vexata liefert auf Intel® Optane™ SSDs und Intel® SSDs für NVMe*/PCIe* basierende Datenspeicher-Arrays für Unternehmen, um Datenbank- und Analytics-Workloads eine bahnbrechende Anwendungsperformance zu bieten.
- **Exploiting Intel Optane SSD for Microsoft SQL Server**:

Neue NVMe*-basierte Geräte bieten einmalige Performance im Vergleich zu Flash-basierten SSDs.

Inhalte zu diesem Thema

Wenn Ihnen dieser Artikel gefallen hat, sind vielleicht auch diese zugehörigen Ressourcen für Sie interessant:

- [Intel® Optane™ Technik für Rechenzentren](#)
- [FAQ zur Intel® Optane™ Technik](#)
- **Technische Serie zu Arbeits- und Datenspeicher**: Diese Ressourcen sollen Systemarchitekten, Techniker und IT-Administratoren dabei unterstützen, die technischen Grenzen von herkömmlichem Arbeits- und Datenspeicher besser zu verstehen. Außerdem sollen sie zeigen, wie diese Grenzen zu Leistungs- und Kapazitätslücken im Rechenzentrum geführt haben und wie die Intel® Optane™ Technik diese Lücken durch eine neue revolutionäre Architektur schließen kann.
- [Überblick über persistenten Intel® Optane™ Speicher \(Video\)](#)
- [Überblick über Performance von persistentem Intel® Optane™ Speicher \(Video\)](#)
- [Konfigurieren von persistentem Intel® Optane™ Speicher für optimale Leistung \(Video\)](#)

Fazit

Eine 2019 von Flexera durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass 64 % aller Unternehmen sich auf die Optimierung ihrer bestehenden Cloud-Nutzung zwecks Kosteneinsparungen konzentrieren wollen.¹⁹ (Am zweitwichtigsten – mit 58 Prozent – war es für Unternehmen, mehr Workloads in die Cloud zu verlagern.) Viele dieser Unternehmen, die Cloud-Anwendungen nutzen, würden davon profitieren, wenn sie die Arbeitsspeicherkapazitäten zum Hosten größerer Datenmengen hätten. Dem stehen aber hohen Kosten von DRAM und die begrenzten DRAM-Kapazitäten entgegen. Gleichzeitig könnten Unternehmen ihren Kunden einen Mehrwert und eine größere Vielfalt an Dienstleistungen anbieten, wenn der Datenspeicher ihrer Anwendungen reaktionsschneller wäre. Die Latenz von NAND-SSDs wird jedoch weitgehend durch die inhärenten Grenzen dieses Mediums eingeschränkt. Diese ließen sich nur – in manchen Fällen – durch eine Verlagerung der Daten in DRAM überwinden. Dieser Ansatz ist natürlich mit hohen Kosten pro Gigabyte verbunden.

Persistenter Intel® Optane™ Speicher und Intel® Optane™ SSD-Techniklösungen bieten Unternehmen die Möglichkeit, diese Grenzen durch den Einsatz von noch nie dagewesenen Produktklassen kostengünstig zu durchbrechen. Die Intel® Optane™ Technik ermöglicht bei Hochleistungsdatenspeichern eine bisher unerreichbare Systemspeicherkapazität und ein neues Ausmaß an Reaktionsfähigkeit und Ausdauer und bietet so kostengünstige Lösungen für Rechenzentren und Cloud-Anwendungen, um für die kommenden Datenanforderungen gerüstet zu sein.

Mehr Informationen über die Intel® Optane™ Technik finden Sie unter intel.de/optane.



¹ IDC: „IDC's Global DataSphere Forecast Shows Continued Steady Growth in the Creation and Consumption of Data“, Mai 2020. [idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46286020](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46286020)

² Siehe Endnote 1.

³ IDC/Seagate: Whitepaper „Data Age 2025“, November 2018. [seagate.com/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-data-age-whitepaper.pdf](https://www.seagate.com/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-data-age-whitepaper.pdf)

⁴ Cisco: Whitepaper „Cisco Annual Internet Report (2018–2023)“. [cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html](https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html)

⁵ Von Intel getestet am 15. November 2018. Wahlfreier 4-KB-Lese-/Schreibzugriff im 70/30-Verhältnis bei niedriger Warteschlangentiefe. Gemessen mit FIO 3.1. Gemeinsame Konfiguration: Intel-2-HE-Serversystem, Betriebssystem: CentOS® 7.5, Kernel 4.17.6-1.el7.x86_64, 2 x Intel® Xeon® Gold Prozessor 6154 @ 3 GHz (18 Kerne), 256 GB DDR4-RAM @ 2666 MHz. Konfiguration: 375 GB Intel® Optane™ DC SSD P4800X im Vergleich zu Intel DC SSD P4600 mit 1,6 TB. Intel Microcode: 0x2000043; System-BIOS: 00.01.0013; ME-Firmware: 04.00.04.294; BMC-Firmware: 1.43.91f76955; FRUSDR: 1.43. Die oben angeführten Benchmark-Ergebnisse müssen möglicherweise infolge der Durchführung weiterer Tests revidiert werden.

⁶ Siehe Endnote 5.

⁷ Intel: „Bahnbrechende Leistung ermöglicht größere Datenmengen und beseitigt Engpässe“, Januar 2019.

<https://www.intel.de/content/www/de/de/products/docs/memory-storage/solid-state-drives/data-center-ssds/optane-ssd-dc-p4800x-p4801x-brief.html>.

⁸ Siehe Endnote 7.

⁹ [wikipedia.org/wiki/DDR-SDRAM#Latenzzeiten_im_Vergleich](https://de.wikipedia.org/wiki/DDR-SDRAM#Latenzzeiten_im_Vergleich)

¹⁰ Durchschnittliche Leselatenz gemessen bei einer Warteschlangentiefe von 1 bei wahlfreien Schreibzugriffen mit 4-KB-Blöcken. Gemessen mit FIO 3.1. Übliche Konfiguration: Intel® 2-HE-Serversystem, Betriebssystem: CentOS® 7.5, Kernel 4.17.6-1.el7.x86_64, CPU: 2 x Intel® Xeon® Gold 6154 Prozessor mit 3,0 GHz (18 Kerne), RAM: 256 GB DDR4 mit 2666 MHz. Konfiguration: Intel® Optane™ DC SSD P4800X (375 GB) und Intel® DC SSD P4600 (1,6 TB). Latenz: Durchschnittliche Leselatenz gemessen mit FIO 3.1 bei einer Warteschlangentiefe von 1 bei wahlfreien Schreibzugriffen mit 4-KB-Blöcken. Intel-Microcode: 0x2000043; System-BIOS: 00.01.0013; ME-Firmware: 04.00.04.294; BMC-Firmware: 1.43.91f76955; FRUSDR: 1.43. Die getesteten SSDs waren zum Testzeitpunkt im Handel erhältlich. Die Leistungsergebnisse beruhen auf Tests von Intel am 24. Juli 2018 und spiegeln möglicherweise nicht alle öffentlich verfügbaren Sicherheitsupdates wider.

¹¹ Siehe Endnote 9.

¹² Intel: „EMR Optimized on CISCO HyperFlex All NMVE with Intel® Optane™ Technology“, itpeernetwork.intel.com/emr-optimized-on-cisco-hyperflex-all-nmve-with-intel-optane-technology/

¹³ Siehe Endnote 10.

¹⁴ Hewlett Packard Enterprise: „Major Performance/Price Advantage, Scalability Gains with Intel® Optane™ Persistent Memory 100 Series for HPE on GraphX Workload“, Juni 2019. <https://h20195.www2.hpe.com/v2/getdocument.aspx?docname=a00074594enw>.

¹⁵ Siehe Tabelle mit der Übersicht der Leistungsmerkmale unter <https://www.intel.com/content/www/de/de/products/docs/memory-storage/solid-state-drives/optane-ssd-dc-p4800x-mdt-brief.html>.

¹⁶ Siehe Endnote 10.

¹⁷ Hewlett Packard Enterprise: „Major Performance/Price Advantage, Scalability Gains with Intel® Optane™ Persistent Memory 100 Series for HPE on GraphX Workload“, Juni 2019. <https://h20195.www2.hpe.com/v2/getdocument.aspx?docname=a00074594enw>.

¹⁸ Evaluator Group: „Lab Insight: Latest Intel® Technologies Power New Performance Levels on VMware vSAN – 2018 Update“, Oktober 2018.

<https://www.evaluatorgroup.com/document/lab-insight-latest-intel-technologies-power-new-performance-levels-vmware-vsan-2018-update/>

¹⁹ Flexera Blog (vormals RightScale), 27. Februar 2019, „2019 State of the Cloud Survey“. [flexera.com/blog/cloud/2019/02/cloud-computing-trends-2019-state-of-the-cloud-survey/#The%20#1%20Priority%20in%202019%20is%20Cloud%20Cost%20Optimization](https://www.flexera.com/blog/cloud/2019/02/cloud-computing-trends-2019-state-of-the-cloud-survey/#The%20#1%20Priority%20in%202019%20is%20Cloud%20Cost%20Optimization)

Alle Produktpläne und Roadmaps können ohne Ankündigung geändert werden.

Die in diesem Dokument beschriebenen Produkte können konstruktionsbedingte Defekte oder Fehler (Errata) enthalten, die zu Abweichungen der Produkteigenschaften von den angegebenen Spezifikationen führen. Eine Liste derzeit bekannter Errata ist auf Anfrage verfügbar.

Intel® Technik kann entsprechend geeignete Hardware, Software oder die Aktivierung von Diensten erfordern.

Intel schließt sämtliche ausdrücklichen oder impliziten Garantien aus, einschließlich der impliziten Garantie der Marktgängigkeit oder der Eignung für einen bestimmten Zweck sowie der Nichtverletzung von Rechten, sowie Garantien, die aus einer Leistungserbringung, aus dem Handel oder der Verwendung im Handel entstehen.

Die Leistungsergebnisse basieren auf Tests, die zu dem in den Konfigurationen angegebenen Datum durchgeführt wurden, und spiegeln möglicherweise nicht alle öffentlich erhältlichen Sicherheitsupdates wider. Konfigurationsdetails finden Sie im Backup. Kein Produkt und keine Komponente bietet absolute Sicherheit.

In Leistungstests verwendete Software und Workloads können speziell für die Leistungseigenschaften von Intel® Mikroprozessoren optimiert worden sein. Leistungstests wie SYSmark® und MobileMark® werden mit spezifischen Computersystemen, Komponenten, Softwareprogrammen, Operationen und Funktionen durchgeführt. Jede Veränderung bei einem dieser Faktoren kann abweichende Ergebnisse zur Folge haben. Als Unterstützung für eine umfassende Bewertung Ihrer geplanten Anschaffung sollten Sie zusätzliche Informationen und Leistungstests heranziehen – auch im Hinblick auf die Leistung des betreffenden Produkts in Verbindung mit anderen Produkten. Ausführlichere Informationen finden Sie unter intel.de/benchmarks.

Kosten und Ergebnisse können variieren. Intel hat keinen Einfluss auf und keine Aufsicht über die Daten Dritter. Sie sollten andere Quellen heranziehen, um die Richtigkeit zu beurteilen. Die Ergebnisse beruhen auf Schätzungen oder Simulationen.

© Intel Corporation. Intel, das Intel Logo und andere Intel Markenbezeichnungen sind Marken der Intel Corporation oder ihrer Tochtergesellschaften.

*Andere Marken oder Produktnamen sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

1020/KMAH/KC/PDF 341076-003DE