



# Schnell mehr Platz

Wie Sie größere SSDs in neuere MacBooks einbauen

Bisher gab es nur wenige und teure Möglichkeiten, die von Apple in jüngeren MacBooks verwendeten SSD-Module zu ersetzen. Wer mehr Platz brauchte oder schneller arbeiten wollte, musste ein neues MacBook kaufen. Was viele nicht wissen: Seit Kurzem gibt es Adapter, mit deren Hilfe sich günstige Standard-SSDs einsetzen lassen. Wir zeigen, worauf Sie zu achten haben und wie der Wechsel einfach gelingt.

Von Johannes Schuster



**A**pple benutzt in zahlreichen MacBooks aus den Retina- und Air-Baureihen SSD-Platinen mit proprietären Steckern, so dass man keine Standard-SSD-Module einsetzen kann. Hat man beim Kauf aus Kostengründen einen zu kleinen Festspeicher ausgewählt, bietet Apple keinerlei nachträgliche Aufrüstooptionen an, sondern nur den Kauf eines neuen MacBooks. Das muss aber nicht sein.

Bisher haben sich die beiden Hersteller OWC und Transcend des Problems angenommen und bieten Ersatz-SSDs (sogenannte Blade-Module) für neuere MacBooks an. Im Laufe des Artikels stellen wir auch diese vor. Leider sind sie manchmal langsamer als die Originale oder recht teuer. Auf jeden Fall liegen ihre Preise weit über denen von Standard-SSDs.

Seit einiger Zeit gibt es nun aber auch neuartige Adapter, die den Einsatz von günstigen Modulen in solchen Macs mit proprietären Steckern erlauben. Dort hinein passen handelsübliche SSD-Platinen mit mSATA- oder M.2-Anschluss.

## **i** kurz & knapp

- Apple verwendet oft proprietäre SSD-Steck-Module (sogenannte Blades), die einen Ersatz schwierig machen.
- Durch neue Adapter und spezielle Platinen wird der Tausch der proprietären durch Standard-SSDs mit hoher Kapazität bei allen Mac-Modellen mit gesockelten Modulen machbar.
- Das Auswechseln der Blade-Module ist einfach, man benötigt lediglich je einen Torx- und einen Pentalobe-Schraubendreher.
- Oft nimmt die Arbeitsgeschwindigkeit der MacBooks durch den Einsatz größerer SSDs zu.

Wir haben für diesen Artikel Adapter für verschiedene Macs samt passenden SSDs ausprobiert und erläutern, wo und wie Sie die passenden Teile finden. Der eigentliche Einbau setzt keine besonderen Bastelfähigkeiten voraus und ist schnell gemacht. Insgesamt müssen Sie jeweils elf Schrauben lösen und wieder festziehen sowie zwischendurch das Steckmodul wechseln.

Die mit rund 20 Euro gar nicht mal so teuren Adapter gibt es zum einen für alle Retina-MacBooks, deren SSDs noch nicht gelötet sind, das sind alle Modelle ohne USB-C von 2012 bis 2015. Die zweite große Gruppe umfasst alle MacBook Airs ab 2011 bis heute. Darüber hinaus stecken auch im aktuellen Mac Pro sowie dem Mac mini 2014 und in einigen neueren iMacs mit Fusion Drive Blade-SSDs, die sich auswechseln lassen.

Wir zeigen anhand von drei unterschiedlichen MacBook-Modellen stellvertretend für die Modelle mit 11, 13 und 15 Zoll Schritt für Schritt, wie das geht. In dem Artikel auf Seite 130 erfahren Sie, welche Umrüstungsmöglichkeiten für MacBook mit 2,5-Zoll-Festplatten existieren. Und ab Seite 132 steht, wie man Betriebssystem und Daten vom alten auf den neuen Speicher umzieht. Falls Ihnen das zu kompliziert oder risikoreich erscheint, können Sie auch einen Dienstleister damit beauftragen. Gravis bietet das zum Beispiel an und verwendet die leider etwas teureren Module von OWC oder Transcend.

Da es die speziellen Adapter noch nicht lange gibt und der kostensparende Trick noch nirgends groß publiziert wurde, sind Angebote für deren Einbau noch nicht per Google zu finden. Spätestens nach dem Erscheinen dieses Artikels wird sich das aber sicher ändern!

Die neuen SSDs sind meistens – aber nicht immer – schneller als die alten. Auf jeden Fall aber kann man sie mit größeren Kapazitäten von bis zu 1 Terabyte zum Nachrüsten kaufen und spart sich damit womöglich die Investition in ein neues MacBook.

## Mehr Performance

Der limitierende Faktor bei der SSD-Geschwindigkeit bleibt auch nach der Aufrüstung die Schnittstelle. Das Maximum an Durchsatz liegt in der Praxis mit mSATA oder M.2-SATA (siehe Kasten) bei

etwa 560 MByte/s, während PCIe 2.0 x4 bei 1750 MByte/s netto abriegelt. Doch Apples Original-SSDs erreichen oftmals nicht die Obergrenze der Schnittstelle und bleiben beim Schreiben weit darunter – insbesondere, wenn kleinere Kapazitäten bis 128 GByte zum Einsatz kommen. Größere SSDs besitzen mehr gleichzeitig ansprechbare Speicherbausteine (Kanäle) und schreiben tendenziell schneller. Außerdem sind die Blades von Toshiba und SanDisk (Kennung: TS.../SD... abzurufen im Dienstprogramm Systeminformationen/Festplatte/Gerätenamen) bekannt dafür, langsamer zu sein als die von Samsung (Kennung: SM...).

Wie schnell die Module von OWC, Transcend und die handelsüblichen SSD samt Adapter in der Praxis sind, dokumentieren unsere Balkendiagramme auf den folgenden Seiten.

## Passende Adapter und SSDs

Das älteste MacBook im Test ist das Air von 2011, in dem Apple erstmals keine 2,5-Zoll-Module, sondern Steck-SSDs verbaut hat. Hier eignen sich die Adapter mit 6 + 12 Pins und schlanke M.2-SATA-SSDs. Für die Retina-MacBooks gibt es ab Modelljahr 2012 passende Adapter. Die originalen SSDs haben Kontakte mit 8 + 18 Pins. In die Adapter passen die breiteren mSATA-Module mit halber Baulänge. Für das MacBook Air 2012 nimmt man die gleichen Adapter in schmaler Form. Die mSATA-SSDs dürfen hier entsprechend weniger breit, aber länger sein.

Adapter mit 12+16 Pins für PCIe eignen sich für alle Air-Modelle ab 2013 und die Pro-MacBooks von Ende 2013 bis 2015. Für sie benötigt man eine PCIe-SSD mit AHCI.

Alle passenden Adapter findet man auf der Webseite des französischen Anbieters Kalea Informatique, außerdem bieten m-ware und Adaptare aus Deutschland einige Modelle an. Man muss beim Kauf etwas vorsichtig sein, um nicht solche Adapter zu erwischen, die für die ausgebauten Apple-SSDs gedacht sind. Wir haben deshalb über unseren Webcode gezielte Links zu den einzelnen Mac-Modellen vorbereitet.

Setzt man die ausgebaute SSD in ein passendes USB-3.0-Gehäuse, lässt sie sich später als schnelle externe Platte verwenden. Davor erleichtert es den Datenumzug (siehe Seite 132).

## mSATA, M.2, PCIe und AHCI: Welchen Standard wofür?

In den MacBook der letzten Jahre hat Apple SSD-Module unterschiedlicher Standards eingesetzt, deren Bezeichnungen verwirren können. Bei den ersten Steck-SSDs ab 2011 verwendete Apple als Schnittstelle SATA-6G ein (auch SATA III genannt) und zwar mit einem speziellen mSATA-Steckplatz. Bei den Air-MacBooks kam dann ein ebenfalls proprietärer M.2-Steckplatz mit SATA und später mit PCIe zum Einsatz.

Ganz wichtig: Alle steckbaren PCIe-SSD arbeiten in Macs mit dem Protokoll AHCI (Advanced Host Controller Interface) und nicht dem moderneren NVMe (Nonvolatile Memory Express), wie die meisten heute verkauften M.2-SSDs. Letztere Module können daher nicht in Macs verwendet werden. Achten Sie beim Kauf un-

bedingt darauf! Es gibt zum Glück noch AHCI-M.2-SSDs zu kaufen, auch mit hoher Kapazität bis 1 Terabyte.

Mittlerweile setzt Apple auch NVMe-Modelle ein, verlötet sie aber. Ein Austausch ist bei diesen Macs (MacBook 12" und MacBook Pro mit USB-C) unmöglich.

Die getesteten Adapter leiten lediglich die Signale von den PINS der proprietären Apple-Steckplätze auf die der handelsüblichen SSDs um. Beim Protokoll hat sich Apple immerhin an die Standards gehalten. Trotz der Adapter finden normale SSD-Platinen in den Macs Platz, da sie etwas kürzer sind als die von Apple. In der Tabelle auf Seite 127 nennen wir passende Kombinationen.

## Trim-Befehl

Klassische Festplatten mit rotierenden Magnetscheiben überschreiben benutzte Blöcke, die zum Löschen markiert sind, sofort, während SSDs das nur mit zuvor gelöschten Blöcken können. Der Trim-Befehl des Betriebssystems meldet dem SSD-Controller, welche Zellen frei von noch benötigten Inhalten sind. Er kann sie dann (in Zeiten ohne anderweitige Beschäftigung) frisch für den nächsten Schreibvorgang machen.

macOS unterstützt mit seinem Trim-Kommando von Haus aus nur die Apple-SSDs. Anderen Modellen kann der Anwender ohne Apples Segen ab macOS 10.10.4 selbst per Terminal-Kommando den Trim beibringen. Das funktionierte im Test auch noch unter High Sierra. Dazu gibt man im Terminal

```
sudo trimforce enable
```

sowie sein Admin-Passwort und ein „Y“ plus jeweils einen Return ein. Anschließend kann man nach einem Neustart im Dienstprogramm Systeminformationen unter SATA respektive PCI bei „Trim-Unterstützung“ ein „Ja“ sehen. Bei uns funktioniert dieses Verfahren seit Jahren völlig problemlos und macht Zusatztools überflüssig. Nach jedem Systemupdate sollten Sie den Zustand überprüfen und die Prozedur wiederholen, falls dort wieder ein „Nein“ auftaucht.

SSDs laufen aber auch ohne Trim über Monate und Jahre klaglos, da die interne Garbage Collection dafür sorgt, dass fortwährend leere Zellen bereit stehen, indem sie im Hintergrund Daten umsortiert. Auf Dauer kann sich jedoch die Schreibgeschwindigkeit verlangsamen, insbesondere bei gut gefüllten SSDs und nach dem sehr häufigen Schreiben kleiner Blöcke.

Die von Apple verbauten Blade-SSDs besitzen vier verschiedene Platinen-Formen und Kontakte.



Die Systeminformationen verraten unter „SATA“, ob der SSD-Trim funktioniert.

## Resümee

Noch nie war es so kostengünstig und so einfach, seine proprietären Blade-Module gegen größere oder schnellere SSDs auszutauschen. Dass Apple selbst hier für keinen seiner Macs – nicht mal den aktuellen Mac Pro – nachträgliche Aufrüstoptionen anbietet,

verliert so seinen Schrecken. Allerdings ist es nicht ganz einfach, den richtigen Adapter und die passende SSD zu finden. Im Test hatten wir aber keinerlei Probleme und alle Geräte liefen auf Anhieb. Deshalb können wir das Umrüsten durchweg empfehlen.



# MacBook Air 2011

Beim MacBook Air hat Apple zwar bereits SSDs eingesetzt. Die sind aber oft langsam und zu klein.

**W**ir haben für unser MacBook Air 11" den Kalea-Adapter „Adaptateur M.2 (NGFF) vers MacBook“ zum Preis von 15 Euro und die M.2-SATA-SSD „WD Blue WDS500G1B0B-00AS40“ im Format 2280 mit 500 GByte Kapazität eingesetzt (160 Euro, mit 1 TByte 310 Euro).

Alternativ probierten wir die Komplettlösung Transcend JetDrive 500 mit 480 GByte Größe aus. Sie kommt zusammen mit einem USB-3.0-Gehäuse, in das man die ausgebaute SSD stecken kann. Das JetDrive 500 kostet mit 480 GByte Kapazität 220 Euro, für 960 GByte werden 500 Euro fällig.

Beim Adapter und der Transcend-SSD sind jeweils die zwei benötigten Schraubendreher dabei: Ein Pentalobe-P5 für die zehn Schrauben am MacBook-Bodendeckel und ein Torx-T4 für die SSD-Befestigung.

Gegenüber der original von Apple verbauten TS128C von Toshiba konnten beide Upgrades den Durchsatz mehr als verdoppeln. Das Duplizieren eines Filmordners dauerte mit ihnen nicht mehr 74, sondern nur noch 37 respektive 38 Sekunden. Nur beim Systemstart war die Toshiba-SSD wenige Sekunden schneller (siehe Balkendiagramm), was auf eine etwas höhere Zugriffsgeschwindigkeit hinweist.

MacBook Air 11" 2011

	QuickBench Schreiben [MByte/s]	QuickBench Lesen [MByte/s]	Film duplizieren [s]	Booten [s]
	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser
Original (TS128C), 128 GByte	178	211	74	27
Transcend JetDrive 500, 480 GByte	434	507	38	30
WD Blue, 480 GByte	456	524	37	30

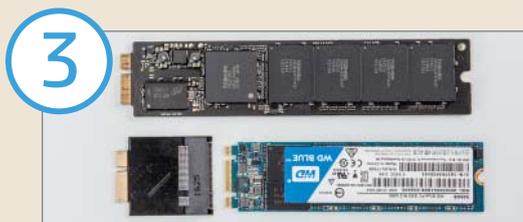
## Einbau Schritt für Schritt



Entfernen Sie zunächst die zehn Bodenschrauben beim MacBook Air mit einem Pentalobe-Dreher. Merken Sie sich die Position der unterschiedlich geformten Schrauben.



Die Original-SSD ist leicht zugänglich und wird nur von einer Torx-Schraube gehalten. Ziehen Sie den Riegel nach hinten heraus.



Die M.2-2280-SSD ist samt Adapter genauso lang wie das Original (oben). Im Test lieferte sie doppelt so hohe Transferraten.



Adapter und Ersatz-SSD passen hintereinander an den Platz des alten Riegels und sind ebenso flach. Schrauben Sie den Deckel wieder drauf.



## MacBook Pro 2012 bis 2013

Die ersten Retina-MacBooks begeistern noch immer wegen ihrer tollen Displays. Leider stecken in den meisten zu kleine SSDs. Doch das kann man ändern.

Zur Aufrüstung eines MacBook Pro 15" von 2012 haben wir von Kalea den „Adaptateur mSATA vers MacBook“ (15 Euro) sowie eine Samsung Evo 850 mSATA mit 1 TByte Kapazität verwendet. Sie kostet rund 330 Euro. Die Kombination ist auch für die 13-Zoll-Retinas aus den Jahren 2012 und 2013 geeignet. Alternativ würden sich von Transcend das JetDrive 720 (13") und das JetDrive 725 (15") eignen.

Beim Adapter liegen die zwei benötigten Werkzeuge bei. Mit dem Pentalobe-P5 löst man die zehn Schrauben am MacBook-Bodendeckel, der Torx-T4 ist für die Schraube der SSD.

Bei diesem Umbau hielten sich die Performance-Gewinne gegenüber der originalen 256er-SSD in Grenzen, weil es sich dabei auch schon um ein schnelles Samsung-Modell gehandelt hat. Dennoch kletterten die Leserate um etwa 10 und die Schreibrate um rund 20 Prozent nach oben. Das Booten und Duplizieren ging um einige Sekunden flotter vonstatten (siehe Balkendiagramm). Mit mSATA sind aber keine Höhenflüge zu erwarten. Der größte Vorteil liegt hier bei der Vervierfachung der Kapazität zum Drittel des Preises von dem, was Apple für die 1-Terabyte-Option aktueller MacBooks verlangt.

MacBook Pro 15" 2012

	QuickBench Schreiben	QuickBench Lesen	Film duplizieren	Booten
	[MByte/s]	[MByte/s]	[s]	[s]
	besser ▶	besser ▶	◀ besser	◀ besser
Original (SM256E), 256 GByte	405	476	36	20
Samsung Evo 850, 1 TByte	492	525	25	18

### Einbau Schritt für Schritt



1 Zunächst lösen Sie die zehn Schrauben vom Boden des MacBook Pro und heben dann den Deckel an. Merken Sie sich die Position der Schrauben.



2 Die interne SSD wird von einer Schraube gehalten, die Sie leicht mit einem Torx-T4-Schraubendreher entfernen können.



3 Altes (oben) und neues SSD-Modul sind erstaunlich breit, dafür aber kurz. Trotzdem passt 1 TByte auf die Samsung Evo 850.



4 Die mSATA-SSD liegt auf der Adapterplatine und wird dort festgeschraubt. Der Gehäusedeckel stößt später dennoch nicht dagegen.



## MacBook Pro

Ende 2013 bis Mitte 2015



## MacBook Air ab 2013

Im Jahre 2013 zog PCIe als Schnittstelle bei den MacBooks ein. Sie ist ungefähr drei Mal so schnell wie SATA. Auch solche Module lassen sich auswechseln.

Apple hat 2013 auf AHCI als Protokoll gesetzt und nicht auf das damals noch unübliche NVMe. Deshalb müssen auch die Ersatz-SSDs mit AHCI arbeiten. In den „Adaptateur M.2 (NGFF) vers MacBook“ von Kalea (23 Euro) passen M.2-SSDs mit PCIe und AHCI. Außer zwei OEM-Modellen von Samsung (XP941 und SM951) eignet sich nach unseren Recherchen die Kingston HyperX Predator SHPM2280P2. Sie kostet mit 1 TByte 500 Euro. Zum Umbau benötigt man noch zwei von Kalea mitgelieferte Schraubendreher, einmal Pentalobe P5 und einmal Torx T4.

Es passt auch die schmalere Aura bis zu einer Größe von 1 TByte, die wir uns beschafft haben. Sie kostet 820 Euro inklusive eines USB-3.0-Gehäuses für die ausgebaute Blade-SSD und Werkzeug. Transcends brandneues JetDrive 820 hat uns kurz vor Redaktionsschluss noch erreicht. Es kostet mit 960 GByte 710 Euro ohne USB-Gehäuse.

Obwohl nur 256 GByte groß, schaffte die Original-SSD von Samsung in unserem MacBook Pro 13" von 2015 die besten Transferraten von knapp 1400 MByte/s beim Lesen. Die Kingston Predator (1 TByte) plus Adapter kam mit 1330 MByte/s fast an sie heran. Etwas enttäuscht waren wir vom JetDrive 820 und von der Aura mit gerade einmal 780 respektive 710 MByte/s Lese-geschwindigkeit. Die Aura schnitt außerdem beim Schreiben und Booten ungewöhnlich schlecht ab (siehe Balkendiagramm).

OWC ließ verlautbaren, dass es Probleme mit der schmalen Aura im Mac Pro 2013 sowie in MacBook Airs von Mitte 2013 bis Anfang 2014 und High Sierra gebe. Wir haben uns daraufhin ein solches MacBook besorgt und konnten den Fehler nachvollziehen. Besitzer dieser SSDs und dieser Macs sollten bei Sierra (macOS 10.12) bleiben, bis OWC die Schwierigkeiten durch ein Firmware-Update gelöst hat. (jes)

### MacBook Pro 13" 2015

	QuickBench Schreiben [MByte/s]	QuickBench Lesen [MByte/s]	Film duplizieren [s]	Booten [s]
Original (SM0256G), 256 GByte	1226	1398	14	17
OWC Aura, 1 TByte	453	712	24	22
Transcend JetDrive 820, 960 GByte	707	779	19	18
Kingston Predator, 960 GByte	1067	1329	15	20

### Andere Macs mit PCIe-SSDs



Die hier getestete Kombination aus Adapter und SSD für MacBook Air und Pro passt ebenso wie die Blades von Transcend und OWC auch in alle **iMacs** und **Mac minis mit Fusion Drive**. Darüber hinaus funktionieren sie auch im aktuellen **Mac Pro**. Für Letzteren bietet OWC allerdings eine eigene Lösung an, die bis zu 4 TByte fasst und nicht für die anderen Macs geeignet ist.

Der Einbau im Mac Pro ist sehr einfach nach dem Abheben der Außenröhre und dem Lösen einer Schraube im Inneren möglich, ähnlich leicht gelingt das im Mac mini. Die iMacs zu öffnen ist hingegen nicht ohne handwerkliches Geschick möglich. Wie das geht, beschreibt ein Artikel auf Mac & i online (siehe Webcode). Zum Zusammenbau benötigt man spezielle Klebestreifen. Generell stellt der Wechsel

der Blade-SSD in Macs mit Fusion Drive aber nicht die erste Wahl zur Aufrüstung dar: Wesentlich günstiger ist es, die Festplatte gegen eine 2,5-Zoll-SSD zu tauschen. Im Mac Pro kamen alle Ersatz-SSDs einschließlich der Kingston Predator nicht an die Geschwindigkeit des Originals heran. Hier muss man abwägen, ob einem die höhere Kapazität das wert ist oder man lieber auf externe Medien ausweicht.

Einbau Schritt für Schritt



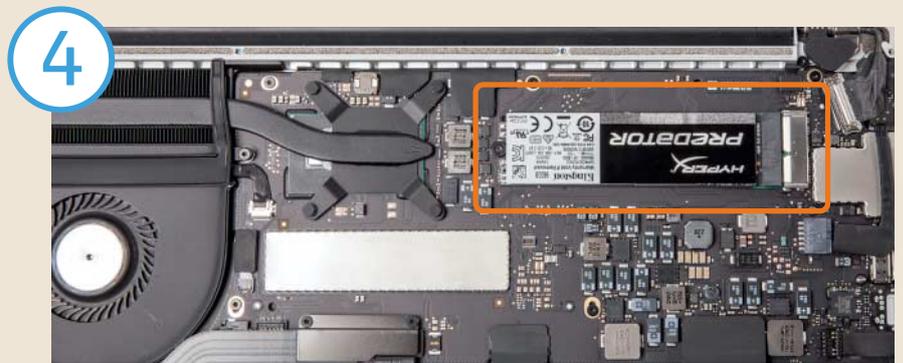
Den Bodendeckel halten auch beim MacBook 13" von 2015 zehn Schrauben, die man mit einem Pentalobe-P5-Dreher löst.



Eine als nächstes zu lösende Torx-T4-Schraube fixiert die Original-SSD auf der Hauptplatine des MacBooks.



Die Kombination aus Adapter und Kingston-SSD passt in viele MacBooks, aber auch iMacs, Minis und den Mac Pro.



Adapter und neue SSD finden hintereinander gesteckt Platz im MacBook und sind nicht dicker als die Apple-Blades.

Ersatz-SSDs und Adapter für MacBooks

Modell	MacBook Pro Retina 15"	MacBook Pro Retina 13"	MacBook Pro Retina 13"	MacBook Pro Retina 15"	MacBook Air 11"	MacBook Air 13"	MacBook Air 11"	MacBook Air 13"	MacBook Air 11"	MacBook Air 13"
Baujahr	2012 Mitte, 2013 Früh	2012 Ende, 2013 Früh	2013 Spät, 2014 Mitte, 2015 Früh	2013 Spät, 2014 Mitte, 2015 Mitte	2011 Mitte	2011 Mitte	2012 Mitte	2012 Mitte	2013 Mitte, 2014 Früh, 2015 Früh	2013 Mitte, 2014 Früh, 2015 Früh
Modellnummer	A1398	A1425	A1502	A1398	A1370	A1369	A1465	A1466	A1465	A1466
Bestellnummer	MC975L, MC976L, ME664L, ME665L	MD212L, MD213L, ME662	ME864L, ME865L, ME866L, MGX72L, MGX82L, MGX92L,	ME293L, ME294L, ME874L, MGXA2L, MGXC2L, MJLQ2L, MJLT2L	MC968L, MC969L	MC965L, MC966L	MD223L, MD224L	MD231L, MD232L	MD711L, MD712L, MJVM2L, MJVP2L	MD760L, MD761L, MJVE2L, MJVG2
Schnittstelle	SATA 6G	SATA 6G	PCIe	PCIe	SATA 6G	SATA 6G	SATA 6G	SATA 6G	PCIe	PCIe
Connector	8 + 18 Pins breit	8 + 18 Pins breit	12 + 16 Pins	12 + 16 Pins	6 + 12 Pins	6 + 12 Pins	8 + 18 Pins schmal	8 + 18 Pins schmal	12 + 16 Pins	12 + 16 Pins
Kalea-Adapter	mSATA (15 €)	mSATA (15 €)	PCIe (23 €)	PCIe (23 €)	M2 (15 €)	M2 (15 €)	M2 (15 €)	M2 (15 €)	PCIe (23 €)	PCIe (23 €)
Transcend JetDrive	725	720	820	820	500	500	520	520	820	820
OWC	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura	Aura
Geeignete SSD (Beispiel aus dem Test)	Samsung Evo 850 mSATA	Samsung Evo 850 mSATA	Kingston SHPM2280P2	Kingston SHPM2280P2	WD Blue WDS500G1B0B-00AS40	WD Blue WDS500G1B0B-00AS40	WD Blue WDS500G1B0B-00AS40	WD Blue WDS500G1B0B-00AS40	Kingston SHPM2280P2	Kingston SHPM2280P2