

Nvidia lässt bei der Namensgebung seiner Desktop-Karten eine Stufe aus und springt von der 700 auf die 900. Die 800 bleibt den M-Modellen für Notebooks vorbehalten.

Nvidia GeForce GTX 980 und GTX 970 im Test

Mit der GeForce GTX 980 führt Nvidia die erste High-End-GeForce mit Maxwell-Architektur ein, nachdem es die bislang nur in Einsteigerkarten gab - reicht das, um die schnellen und günstigen Radeons in die Schranken zu weisen? Von Jan Purrucker

Nachdem die Maxwell-Architektur von Nvidia bislang nur in Einsteiger- und Notebook-Karten zum Einsatz kam, finden die neuen Grafikkarten jetzt auch ihren

Weg ins High-End-Segment. Mit der GeForce GTX 980 und GeForce GTX 970 haben wir die beiden Top-Modelle der neuesten GeForce-Generation im Test und überprüfen, was die Maxwell-Chips im Vergleich zu ihren Vorgängern und der AMD-Konkurrenz leisten. Die GeForce GTX 980 stellt dabei das neue Top-

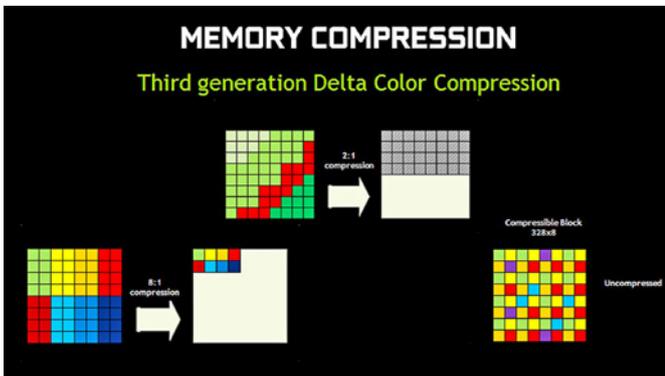
Modell dar und ist für rund 520 Euro zu haben. Die GeForce GTX 970 kostet etwa 330 Euro und hat damit für viele Spieler den interessanteren Preis, zumal sie kaum langsamer ist, doch dazu später mehr. Entsprechend gut verkauft sich die GeForce GTX 970. Da sowohl die GTX 980 als auch die GTX 970 und die neuen M-Modelle für Notebooks auf dem Maxwell-Chip »GM204« basieren, kommt Nvidia mit der Produktion des Grafikkerns kaum nach. Obwohl bereits mehr Chips gefertigt werden, verschiebt Nvidia deswegen angeblich auch den Start des Mit-

telklasse-Modells GeForce GTX 960. Statt im Oktober soll die GTX 960 nun erst Anfang des nächsten Jahres in den Handel kommen.

Dass sich die neuen GeForce-Karten so gut verkaufen, liegt nicht nur an deren 3D-Leistung, sondern auch an ihrer hohen Performance pro Watt, also an ihrer guten Energieeffizienz (der Klimaschutz spielt dabei allerdings nur eine sekundäre Rolle). Um die 3D-Leistung eines Grafikkerns zu steigern und gleichzeitig dessen Stromverbrauch zu senken, gibt es zwei Möglichkeiten. Durch die Verkleinerung der Strukturbreite der Halbleiter im Inneren eines Grafikkerns passen mehr Transistoren auf die gleiche Fläche. Allein dadurch lässt sich die Leistung bereits erhöhen, außerdem benötigen die kleineren Schaltwerke weniger Spannung zum Arbeiten, was sich positiv auf die Temperaturen und den Stromverbrauch auswirken kann, und dadurch in der Regel höhere Taktfrequenzen erlaubt. Eine weitere Möglichkeit zu Performance- und Effizienzsteigerung besteht darin, den grundlegenden Aufbau eines Grafikkerns zu verändern und so die internen Abläufe und damit eventuell auch den Verbrauch zu optimieren. Mit Maxwell hat sich Nvidia für diese zweite Option entschieden und strukturiert die Mikroarchitektur an vielen Stellen komplett um. Die Strukturbreite der Maxwell-Chips (GeForce GTX 980, GeForce GTX 970, GTX 750 Ti) bleibt hingegen wie bei den Kepler-Vorgängern (GTX-600/700-Serie) unverändert bei 28 Nanometern.



Das mit der GeForce GTX 690 und der GeForce GTX Titan eingeführte Aluminium-Gehäuse kommt auch bei der GeForce GTX 980 wieder zum Einsatz. Neu ist jedoch die schwarze Backplate, die sowohl die Stabilität als auch die Kühlung verbessern soll. Am hinteren Ende lässt sich ein kleines Rechteck der Platte entfernen, um bei SLI-Verbänden den Luftstrom und dadurch die Kühlung zu verbessern.



Der Delta-Farb-Kompressions-Algorithmus kommt auch bei der Tonga-GPU der Radeon R9 285 zum Einsatz und spart Speicherbandbreite, indem er die Farbinformationen eines Frames (verlustfrei) komprimiert.

Bei Nvidias aktuellen Mikroarchitekturen schließen sich die für die Grafikberechnung zuständigen Shader-Einheiten traditionell in sogenannten »Streaming Multiprozessoren« (SM) zusammen. Bei Kepler-Karten liegt das Limit für Streaming Multiprozessoren bei 14 (Geforce GTX 780 Ti), die jeweils über 192 Shader-Einheiten verfügen ($14 \times 192 = 2.688$). Der neue Maxwell-GM204-Grafikkern in der Geforce GTX 980 besitzt vier »GPC« (Graphics Processing Cluster), auf die sich 16 Streaming Multiprozessoren verteilen. Damit verfügt die Geforce GTX 980 zwar über mehr SM als die GTX 780 Ti, allerdings beherbergt bei Maxwell jeder Multiprozessor statt 192 nur noch 128 Shader-Einheiten, wodurch die GTX 980 insgesamt nur 2.048 Shader-Einheiten besitzt ($16 \times 128 = 2.048$). Da die Geforce GTX 970 nur über 13 SM verfügt, besitzt sie dementsprechend 1.664 Shader-Einheiten (von Nvidia »Cuda Cores« genannt).

Die einzelnen Streaming Multiprozessoren sind in vier Gruppen (»Cluster«) unterteilt, mit jeweils 32 Shader-Einheiten und einer eigenen Kontrolllogik. Durch die zusätzliche Aufteilung in Cluster verfügt bei Maxwell jeder Streaming Multiprozessor über vier

Maxwell-Mittelklasse erst 2015

Kontrolllogiken statt wie bei Kepler nur über eine. Dadurch können anfallende Rechenaufgaben besser auf die einzelnen Shader-Einheiten verteilt und effizienter bearbeitet werden. Laut Nvidia leistet jeder Cuda-Kern im Vergleich zu Kepler rund 40 Prozent mehr, was gleichzeitig den Stromverbrauch insgesamt senkt. Ein weiterer Ansatz zum Stromsparen liegt bei Maxwell im vergrößerten L2-Cache. Der steigt auf 2,0 MByte bei der Geforce GTX 980 und liegt damit höher als bei der Geforce GTX 780 Ti (1,5 MByte). Im umfangreicheren Cache-Speicher können mehr Informationen abgelegt werden, stehen somit auch schneller zur Verfügung und die GPU muss seltener auf den langsameren Videospeicher zurückgreifen.

Daneben hat Nvidia das Backend des GM204-Grafikkerns gegenüber dem Kepler-GK104-Chip von 32 auf 64 »Raster Operation Prozessoren« (ROP) erhöht. Dadurch verbessert sich besonders die Performance in hohen Auflösungen und mit mehrfacher Kantenglättung. An der Menge der Textur-Einheiten hat sich mit 128 nichts geändert, allerdings konnte Nvidia die Texturfüllrate durch die höheren Taktfrequenzen der Geforce GTX 980 und GTX 970 dennoch um 12 Prozent steigern. Gleiches gilt für die Pixelfüllrate, die durch den höheren Takt und die verdoppelten ROPs von 32,2 Gpixels/s bei der Geforce GTX 680 auf 72 Gpixels/s bei der Geforce GTX 980 steigt.

Um die Speicherbandbreite und die Effizienz gegenüber der Vorgängergeneration zu erhöhen, besitzen die beiden Maxwell-Top-Modelle jetzt mit 4,0 GByte mehr Videospeicher, der zudem mit effektiv 7,0 GHz um 1,0 GHz schneller arbeitet als bei der Geforce GTX 780. Außerdem hat Nvidia die Algorithmen zur Farbkompression verbessert. Die sogenannte »Delta Color Compression«-Technologie reduziert (durch verlustfreie Kompression) die Daten-

Performance pro Euro

Grafikkarten (fps-Durchschnittswert aus sechs Spielen)



Testsystem: Core i7 4770K, MSI Z87-GD65 Gaming, 16,0 GByte DDR3-1600, Samsung SSD 840 Pro

menge, die für das Zeichnen eines jeden Frames benötigt wird, um 25 Prozent. Dadurch soll die Speicherbandbreite trotz des im Vergleich zu Kepler schmalere Speicher-Interfaces (256 statt 384 Bit) effektiv identisch ausfallen.

Neben den Veränderungen an der Mikro-Architektur nutzt Nvidia die Veröffentlichung der Geforce GTX 980 und Geforce GTX 970 auch, um einige neue Technologien vorzustellen und anzukündigen – dazu zählt auch »Dynamic Super Resolution« (DSR). Dahinter verbirgt sich das von Enthusiasten bereits seit langem genutzte Down-sampling von Spielgrafik. Das bedeutet, dass das Spielgeschehen von der Grafikkarte in einer höheren Auflösung berechnet wird, als sie der Monitor eigentlich darstellen kann. Anschließend wird das berechnete Bild auf die maximale Auflösung des Monitors herunterskaliert. Dadurch ist es (vereinfacht gesagt) möglich, auf einem Full-HD-Monitor in 4K-Auflösung zu spielen. Obwohl die Grafik letztendlich wieder in Full HD dargestellt wird, sieht das Bild tat-



Nvidias Referenz-Design der Geforce GTX 980 bringt einen DVI-, drei Displayport-1.2- sowie einen HDMI-2.0-Anschluss mit.

sächlich sichtbar besser aus, da durch die intern höher berechnete Auflösung das gesamte Bild deutlich feiner gezeichnet wird und nicht nur die Polygonkanten geglättet werden wie bei Anti-Aliasing. Der Nachteil des Downsampling besteht darin, dass das Berechnen genauso viel Performance kostet, als würden Sie auf einem 4K-TFT in der nativen Auflösung (viermal so hoch wie Full HD) spielen. Allerdings lassen sich damit ältere oder anspruchslosere Spiele bei entsprechenden Leistungsreserven auch auf einem Full-HD-TFT deutlich aufhübschen. Und die Aktivierung direkt im Treiber und GeForce Experience macht die Funktion viel einfacher zugänglich als bisher, was sie erstmals auch für weniger erfahrene Nutzer interessant macht – zumal DSR im Laufe dieses Jahres auch auf älteren GeForce-Karten (ab GTX 600) zur Verfügung stehen soll.

Ein weiterer Vorteil von DSR gegenüber dem bislang gängigen Downsampling besteht laut Nvidia darin, dass DSR keine Bildfehler erzeugt. Denn während bei der durch Tools und veränderte Spieldateien erzwungenen Herangehensweise angeblich oft Artefakte entstehen, sollen die mit DSR nicht auftreten. Dafür sorgt ein 13-stufiger Gauß-Filter, der die Bilder im Vergleich zum simplen Box-Filter von klassischen Downsampling-Methoden jedoch etwas weicher zeichnet. Wer möchte, kann den Schärfegrad noch individuell über das Nvidia Control Panel anpassen.

Im Test hat die DSR-Funktion ohne Probleme funktioniert und wurde von allen aktuellen Titeln, die wir ausprobiert haben, unterstützt. Allerdings laufen zwar praktisch alle Spiele auch in 4K-Auflösung, einige Titel skalieren jedoch Menüs oder Einheiten-Icons nicht passend mit und stellen diese dann erheblich zu klein dar. Dazu kommt, dass Sie durch DSR zwar von der verbesserten Grafik-

qualität der höheren Auflösung profitieren, allerdings benötigen Sie auch die für 4K nötige Grafikleistung. Deswegen haben wir überprüft, wie sich die GeForce GTX 980 als neues Nvidia-Flaggschiff beim Spielen mit über acht Millionen Pixeln schlägt. Wie sich dabei herausstellte, brauchen Sie, um in 4K alle Regler auf Anschlag stellen und dennoch flüssig spielen zu können, zumindest in anspruchsvollen Titeln weiterhin eine Dual-GPU-Karte vom Schlag einer Radeon R9 295 X2. Allerdings setzt sich die GeForce GTX 980 in unseren 4K-Benchmarks an die Spitze der Single-GPU-Karten, lässt die Doppel-GeForce GTX 690 knapp hinter sich und ist die bislang einzige Grafikkarte mit nur einem Grafikkern, die in unseren 4K-Benchmarks im Schnitt über 30 fps erreicht.

Downsampling via Treiber

Während DSR durch seine hohen Hardware-Anforderungen also primär zum Aufhübschen von alten oder weniger anspruchsvollen Spielen geeignet ist, richtet sich Nvidias neuer und aufgrund der benötigten Hardware-Features für Maxwell-Karten exklusiver Kantenglättungsmodus MFAA an aktuelle und besonders anspruchsvolle Titel. Das derzeit noch in der Entwicklung befindliche MFAA soll Maxwell-Grafikkarten mit künftigen Treiber-Updates dazu befähigen, in Spielen jeden Frame mit dem vorgehenden zu vergleichen. Dabei werden die Polygonkanten in jedem Bild mit zweifachem, traditionellem MSAA geglättet, anschließend werden die geglätteten Teile aufeinanderfolgender Bilder durch Filter zu einem zusammengesetzt. Die Folge soll sein, dass das Bild aussieht, als ob es mit vierfach MSAA geglättet wurde, die zur Berechnung benötigte Leistung soll aber nur zweifachem MSAA entsprechen.

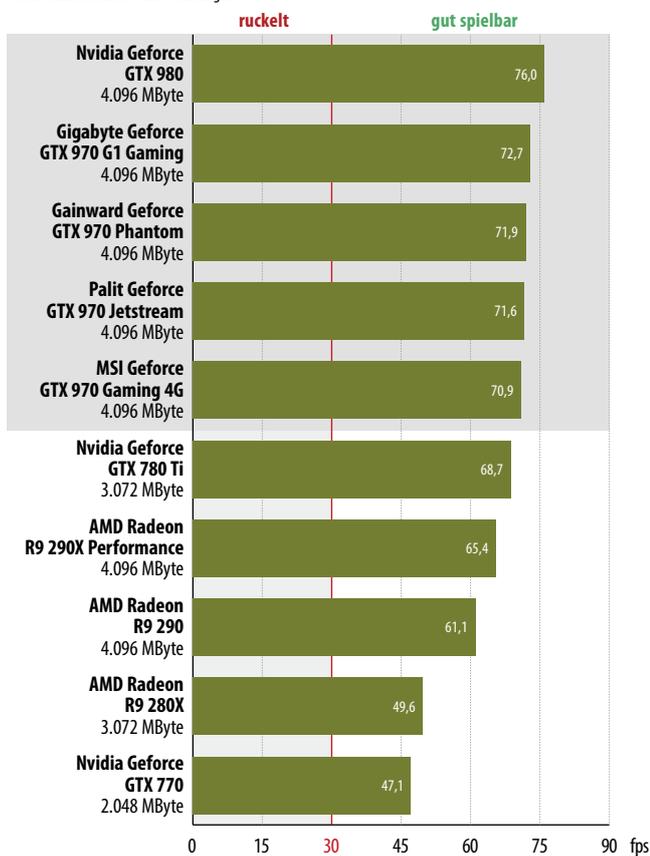
Neben DSR und MFAA stellt Nvidia auch eine neue Technologie vor, um in Spielen eine realistischere Beleuchtung bei spielbaren Frameraten zu ermöglichen – die Voxel Global Illumination (VXGI). Direkte Beleuchtung ist bereits seit längerem in Echtzeit möglich. Indi-

Spiele-Benchmarks

Performance Rating insgesamt

Durchschnitt aus Anno 2070, Battlefield 4, Crysis 3, Grid 2, Rome 2 und Metro: Last Light

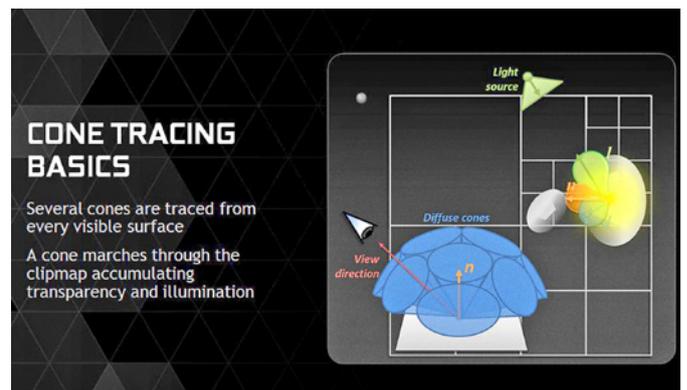
■ Durchschnittswert aller Messungen



Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit



Voxel Global Illumination soll realistische dynamische Beleuchtung bei spielbaren Frameraten ermöglichen. Besonders die indirekte Beleuchtung von Objekten benötigte bislang enorm leistungsfähige Hardware.



Um virtuelles Licht realitätsnah zu reflektieren, müssen Hunderte von einzelnen Lichtstrahlen (Rays) berechnet werden. Cone Tracing spart Ressourcen, indem es die Strahlen durch wenige Kegel (Cones) ersetzt.

rekte Beleuchtung verlangt wegen der zahllosen Lichtbrechungen und sekundären Reflexionen bislang aber noch zu viel Rechenleistung, um sie in Spielen nutzen zu können. Zumindest in vollem Umfang: Da die indirekte Beleuchtung von Szenen zu viel Leistung benötigt, muss sie vorberechnet werden und ist dadurch nicht dynamisch, neue Lichtquellen können also nicht einfach mit in die Berechnung einbezogen werden.

Deswegen findet sich globale Beleuchtung bislang in Spielen (wenn überhaupt) nur angewandt auf statische Objekte, die sich nicht verändern. Global Voxel Illumination soll die Berechnung von indirekter Beleuchtung deutlich ressourcen-schonender machen. Das funktioniert über die namensgebenden Voxel. Während ein Pixel eine zweidimensionale Fläche darstellt, besitzt ein Voxel auch eine Höhenkoordinate und gleicht einem Würfel. In Spielen wird die gesamte, in einem Frame dargestellte dreidimensionale Fläche durch VXGI in Voxel unterteilt. Jeder Voxel besitzt zwei Informationen: Zum einen, ob er ein Objekt beinhaltet, zum anderen in welchem

Cone statt Ray Tracing

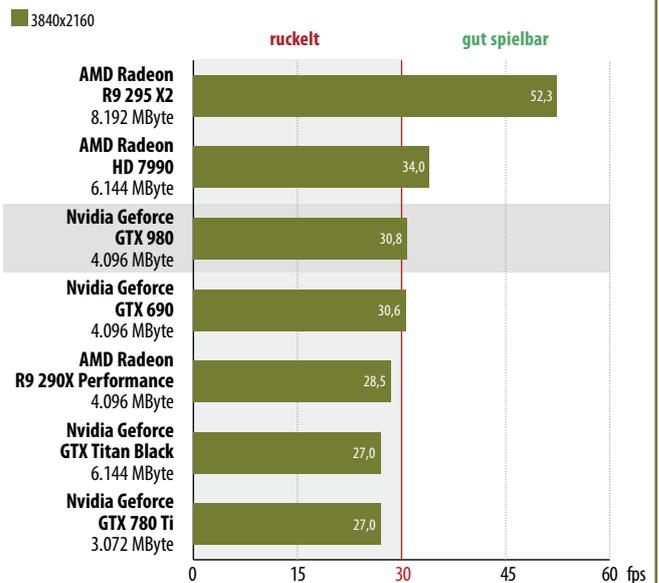
Teil des Voxels sich das Objekt befindet. Wenn also ein Ball in Voxel aufgeteilt wird, enthalten die inneren Voxel die Information, dass in ihnen ein Objekt ist und sie komplett ausfüllt. Die Voxel am Rand des Balls enthalten zwar auch die Information, dass sich ein Objekt darin befindet, allerdings steckt in ihnen durch die Krümmung des Balls nur ein Teil des Objekts.

Nach der Unterteilung der Szenerie in Voxel erhält jedes Voxel zusätzliche Informationen über die Beschaffenheit des Objekts in seinem Inneren (Durchsichtigkeit, Reflexionen, etc.). Eine weitere Änderung gegenüber bisherigen Beleuchtungsmethoden ist, dass von

4K-Benchmarks

Performance Rating

Durchschnitt aus Anno 2070, Battlefield 4, Crysis 3, Grid 2, Rome 2 und Metro: Last Light



Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit

Objekten reflektiertes Licht nicht mit Hunderten einzelnen Strahlen (»Ray Tracing«) dargestellt wird, sondern mit Hilfe von einigen Voxelkegeln (»Cone Tracing«). Deren Berechnung benötigt deutlich weniger Ressourcen und erlaubt somit höhere Frameraten.

LC-POWER™
www.lc-power.com

Bluetooth® & NFC

Headtron
Listen to the sound of power!



LC-HEAD-1W & LC-HEAD-1B
Stylische Bluetooth-Stereo-Kopfhörer mit
NFC-Funktion & Freisprechfunktion für Mobiltelefone

LC-Power-Produkte erhalten Sie im gut sortierten Fachhandel!

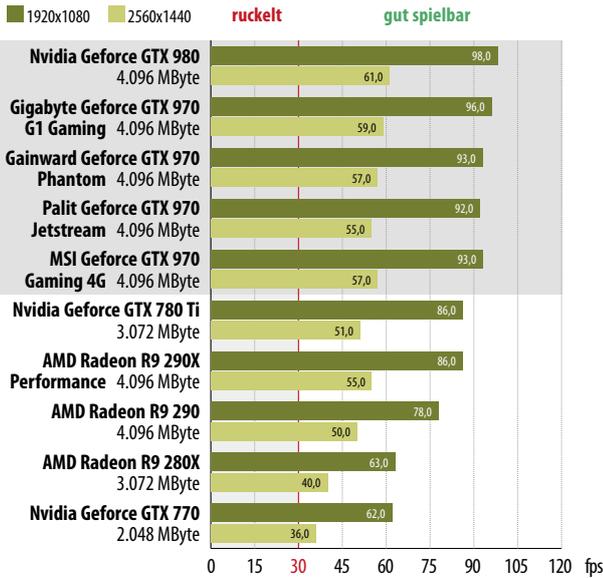
Find us on Facebook
facebook.com/lcpower.germany



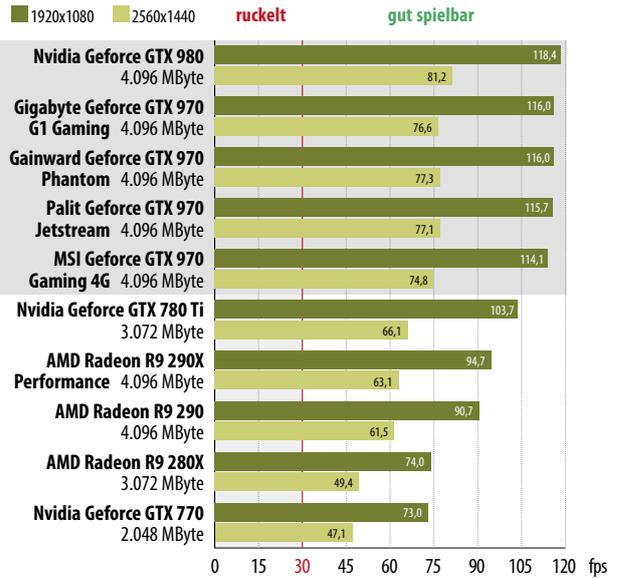
Spiele-Benchmarks

Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit

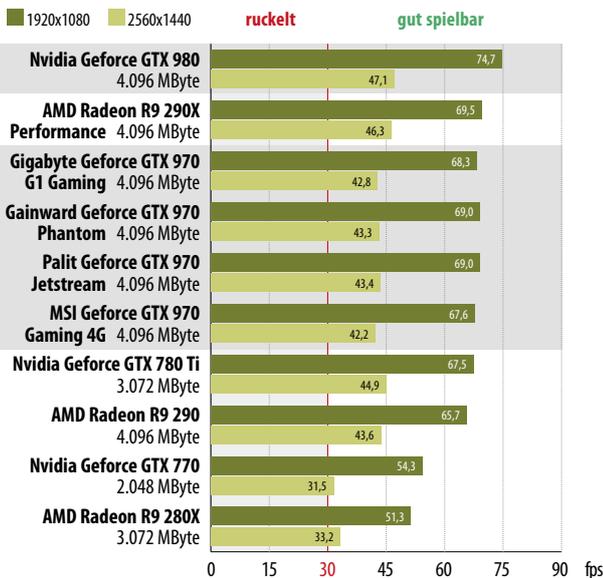
Anno 2070 maximale Details



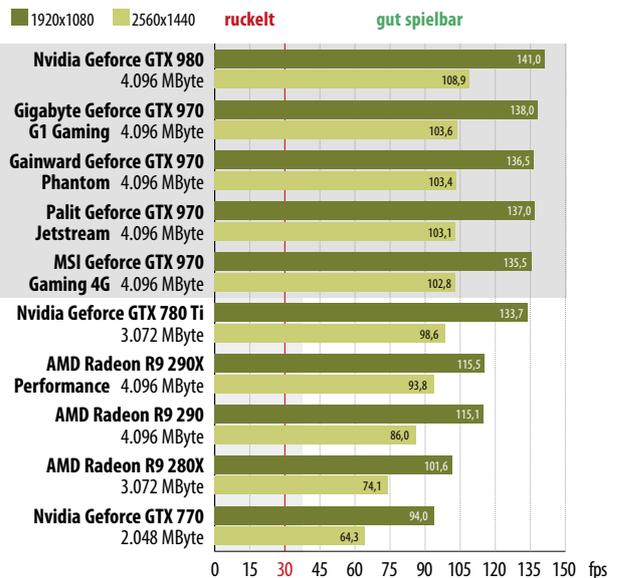
Battlefield 4 maximale Details, Auflösungskala 100 %



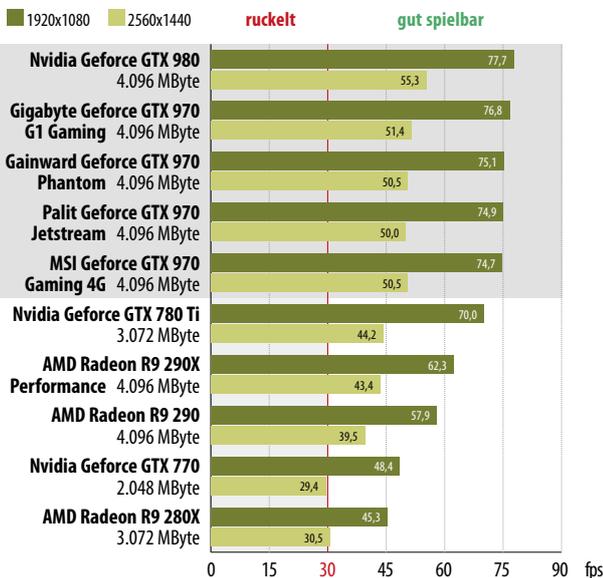
Crysis 3 maximale Details



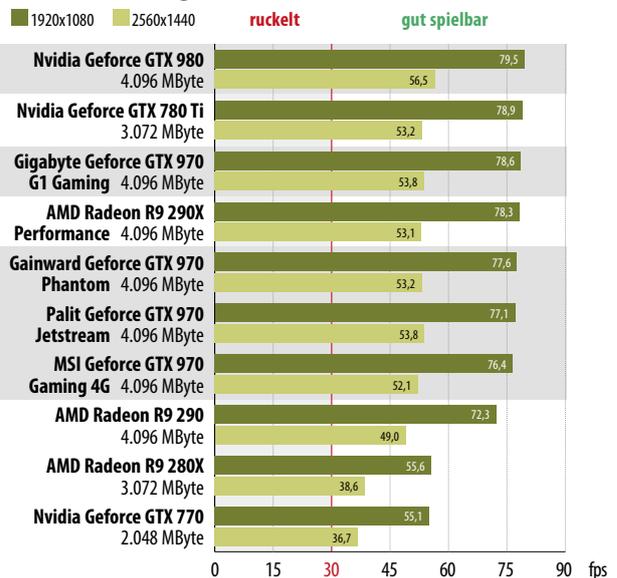
GRID 2 maximale Details



Rome 2 maximale Details



Metro: Last Light maximale Details, Tessellation Very High





Der Twin Frozr V-Kühler besitzt zwei 10-cm-Rotoren mit zwei unterschiedlichen Rotorblätter-Arten, die sich jeweils abwechseln und laut MSI für besonders hohen Luftstrom über die Kühlrippen sorgen – die tollen Resultate bestätigen die Effizienz des Flüsterkühlers.

Während Spieler von V-Sync erst in kommenden Spielen profitieren können, wenn die Technik denn überhaupt Anklang bei Entwicklern findet, unterstützen die neuen GeForce-Karten auch das bereits seit längerem verfügbare G-Sync, das die Bildwiederholrate des Monitors an die von der Grafikkarte ausgegebene Framerate anpasst. Dafür ist neben einer aktuellen GeForce-Karte (ab GeForce GTX 650 Ti Boost) jedoch auch ein spezieller Monitor nötig. Denn traditionell bauen Monitore das dargestellte Bild mit einer fixen Frequenzzahl pro Sekunde neu auf (meist 60 Hz, bis zu 144 Hz). Während der Bildschirm also mit einer festgelegten Bildwiederholrate arbeitet, schwankt gleichzeitig die Anzahl der von der Grafikkarte

Es bleibt bei 28 Nanometern

in einem 3D-Spiel berechneten und an den Monitor geschickten Bilder pro Sekunde, je nach Anspruch der gerade gerenderten Szene. Diese Differenz aus statischer und variabler Frequenz führt zu unsauberer Darstellung, etwa wenn die Grafikkarte ein neues Bild anliefern, während der Monitor noch das alte aufbaut – es kommt zu Zeilenverschiebungen durch die gleichzeitige, teilweise Darstellung von zwei unterschiedlichen Bildern, englisch »Tearing« genannt.

Bei alten Röhrenmonitoren (CRT) erfolgt der Bildaufbau über einen durch Magnetfelder gelenkten Elektronenstrahl. Der Strahl wandert horizontal zeilenförmig über eine Leuchtschicht und zeichnet nach und nach so das entsprechende Bild. Auch moderne Flachbildschirme (TFT) bauen Bilder zeilenweise auf. Allerdings geschieht das nicht mehr mittels eines laufenden Elektronenstrahls, stattdessen werden alle Pixel in einer Zeile gleichzeitig aktiviert. Die Grafikkarte schickt also Bild A an den Monitor – der beginnt es aufzubauen und stellt die ersten Zeilen dar. Währenddessen schickt die Grafikkarte bereits Bild B, der Monitor bricht den Aufbau von Bild A mittendrin ab und befüllt die restlichen

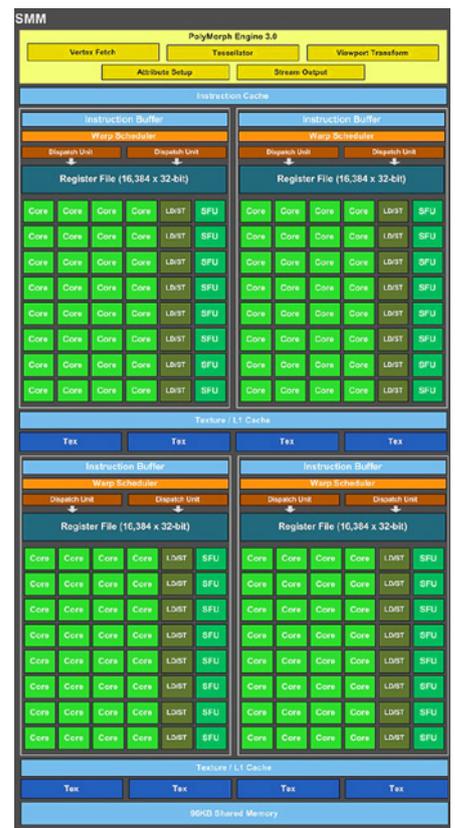
Zeilen mit den Informationen von Bild B. Gerade bei schnellen Bewegungen sind die Bildinhalte der beiden Frames sehr unterschiedlich, was das Bild optisch auseinanderreißt, es kommt zur versetzten Darstellung.

Eine Lösung für das Problem ist das in vielen Grafikoptionen von Spielen und dem GeForce- sowie Radeon-Treiber aktivierbare »V-Sync«, das die Bildausgabe der Grafikkarte an die Bildwiederholrate des Monitors anpasst (in den meisten Fällen 60 Hz). Dadurch lässt sich bei höheren fps-Werten zwar Tearing verhindern, allerdings fängt das Bild an zu ruckeln, sobald die Framerate deutlich unter die Hz-Zahl des TFTs fällt. Denn dann wird immer häufiger das gleiche Bild zwei Zyklen lang auf dem TFT angezeigt und erst danach wieder durch ein (halbwegs) aktuelles Bild ersetzt. Außerdem limitiert V-Sync die Bildwiederholrate teils deutlich zu stark, sodass zeitweise nur etwa 30 Bilder pro Sekunde angezeigt werden, obwohl die Grafikkarte beispielsweise gerade 45 fps schafft. Besonders in sehr anspruchsvollen Spielen kann diese Mechanik dazu führen, dass die Framerate mit V-Sync ständig sehr stark schwankt, was sich in zusätzlich wahrnehmbaren Rucklern bemerkbar macht.

Mit V-Sync schickt die Grafikkarte Bild A an den Monitor, noch während der das Bild aufbaut, ist bereits Bild B fertig berechnet. Allerdings bewirkt V-Sync, dass die Grafikkarte mit der Weitergabe von Bild B an den Monitor wartet, bis dieser Bild A komplett aufgebaut hat. Wenn jetzt etwa eine besonders anspruchsvolle Spielszene die Berechnung der Bilder verlangsamt, hat der Monitor Bild A zwar bereits aufgebaut, Bild B ist aber noch nicht fertig berechnet. Daher baut der Monitor Bild A nochmals auf und wartet auf Bild B. Durch diese Wartezeit wirkt das Spielgeschehen rucklig, außerdem resultiert daraus eine spürbare Verzögerung zwischen Spielgeschehen und Anzeige (bei 60 Hz dauert ein Frame etwa 16 Millisekunden) weshalb viele Spieler besonders in zeitkritischen Multiplayer-Shootern lieber V-Sync deaktivieren und so zwar verzöge-



Die 2.048 Shader-Einheiten der GeForce GTX 980 verteilen sich auf vier Graphics Processing Cluster (GPC). Von denen jeder wiederum acht Streaming Multiprozessoren (SM) besitzt.

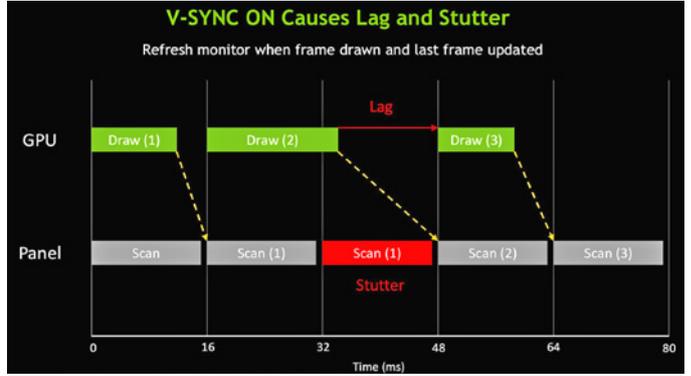


Jeder Streaming Multiprozessor ist nochmals in vier Cluster unterteilt, von denen jeder über seine eigene Kontrolllogik verfügt. Das steigert die Effizienz der einzelnen Shader-Einheiten.

frei spielen können, aber mit Tearing leben müssen. Ein Ansatz, um diesen Effekt zu verhindern, ist das bereits seit längerem eingeführte, adaptive V-Sync, das ebenfalls die ausgegebene Framerate auf die Hz-Zahl des Monitors limitiert. Anders als beim traditionellen V-Sync entfallen hier aber die festen Stufen (30 fps, 45 fps, etc.) sobald die Framerate sinkt. Dadurch sollen die Sprünge der fps-Zahl kleiner ausfallen, sobald diese unter die Hz-Zahl des Bildschirms fällt. Der Vorteil von adaptivem V-Sync liegt also darin, dass es Tearing verhindert und gleichzeitig das Ruckeln in niedrigen fps-Regionen verringert. Der Nachteil der Technik besteht in der weiterhin nach oben durch die Hz-Zahl des Monitors limitierten Framerate.



Um möglichst verzögerungsfrei spielen zu können, deaktivieren die meisten Spieler die V-Sync-Funktion. Das führt jedoch oft zu Bildfehlern.



Sobald wir V-Sync aktivieren, verschwindet das Tearing. Dafür kommt es in anspruchsvollen Szenen zu Rucklern, auch Stuttering genannt.

G-Sync soll sowohl das Tearing als auch das Ruckeln vollständig verhindern und gleicht dafür wie V-Sync die Framerate von Grafikkarte und Monitor aneinander an. Allerdings richtet sich hier nicht die Grafikkarte nach der Hz-Zahl des Monitors, stattdessen passt der Bildschirm über ein zusätzliches Modul seine Bildwiederholfrequenz variabel (30-144 Hz) an die fps-Ausgabe der Grafikkarte an – so verschwinden sowohl Tearing als auch der durch V-Sync verursachte Lag. Um die G-Sync-Funktion nutzen zu können, benötigen Sie aber zwingend einen entsprechenden G-Sync-Monitor, der erst nach und nach auf den Markt kommen und für die ein deutlicher Aufpreis gegenüber vergleichbaren TFTs ohne G-Sync fällig ist, da Nvidia die

Monitorhersteller (und damit die Käufer) für die G-Sync-Technik kräftig zur Kasse bitet. Außerdem funktioniert G-Sync nur mit einer halbwegs aktuellen GeForce-Grafikkarte (ab GeForce GTX 650 Ti Boost) – Besitzer von Radeon-Karten können momentan keine vergleichbare Technik nutzen.

Teurer V-Sync-Ersatz

2015 soll aber AMDs FreeSync-Alternative durch eine Erweiterung des VESA-Standards (den alle Monitore unterstützen) marktreif werden – da FreeSync nur eine (kostenlose) Software-Erweiterung ist, soll-

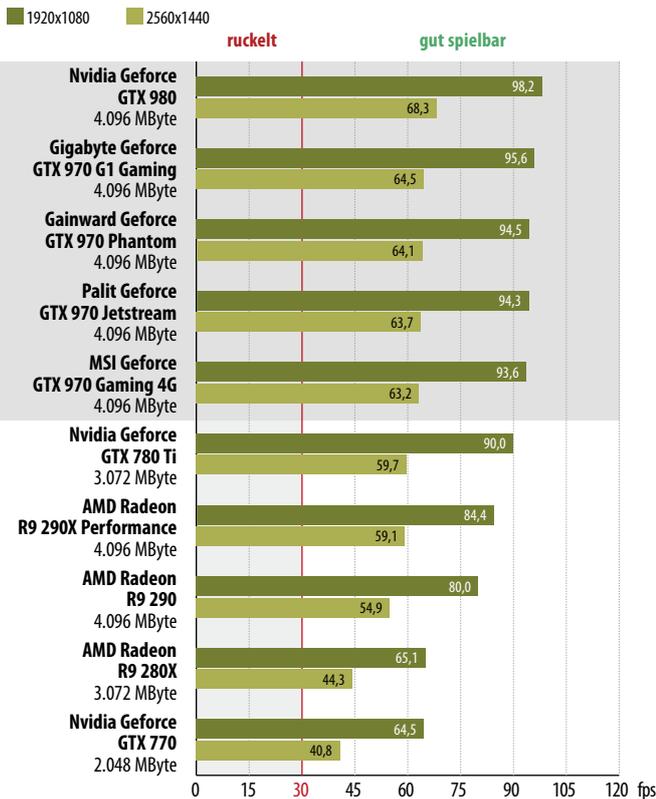
ten im Prinzip alle neuen TFTs die Technik unterstützen können. Entsprechend könnte das relativ teure G-Sync (für das G-Sync-Zusatzmodul verlangt Nvidia laut mehreren Industrie-Quellen rund 100 Dollar von den TFT-Herstellern) kostenlos durch FreeSync ersetzt werden, das sowohl für Radeon- als auch GeForce-Karten funktioniert. Derzeit lässt sich aber noch nicht absehen, wann erste FreeSync-kompatible Monitore erscheinen – G-Sync hat momentan also noch keine Konkurrenz.

Am deutlichsten wird der flüssigere Bildaufbau mit G-Sync besonders im Framerenbereich von 30 bis 60 Bildern pro Sekunde. Spieler mit einer GeForce GTX 980 oder

Spiele-Benchmarks

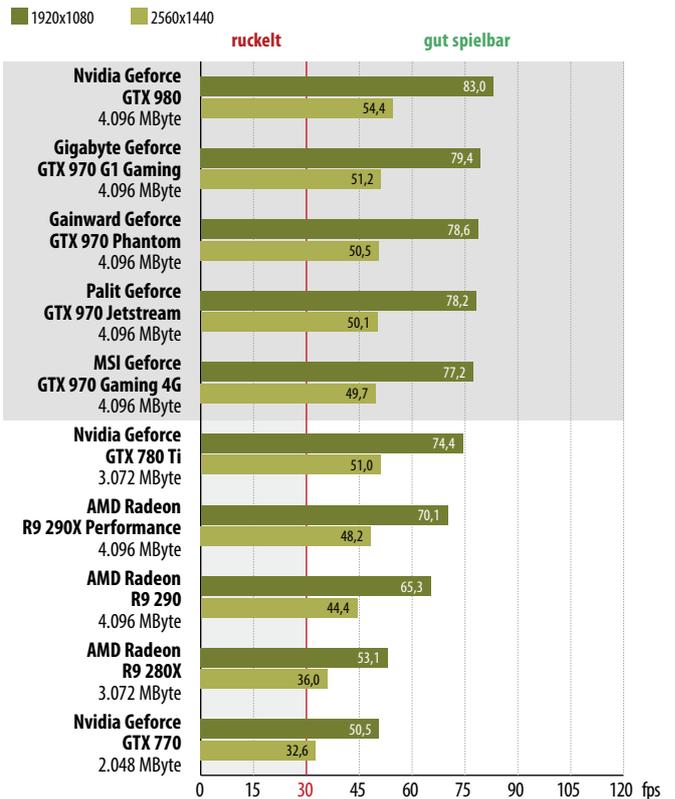
Performance Rating 1x AA / 1x AF

Durchschnitt aus Anno 2070, Battlefield 4, Crysis 3, Grid 2, Rome 2 und Metro: Last Light



Performance Rating 4x AA / 16x AF

Durchschnitt aus Anno 2070, Battlefield 4, Crysis 3, Grid 2, Rome 2 und Metro: Last Light



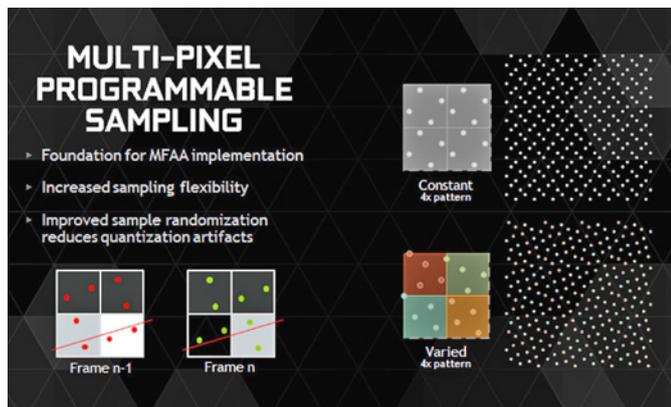
Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit

GTX 970 im Rechner dürften derzeit jedoch nur selten derart wenige fps zu sehen bekommen. Denn in unseren Benchmark-Tests lässt die Geforce GTX 980, anders als im Vorfeld erwartet, jede andere Single-GPU-Grafikkarte hinter sich und wird selbst älteren Modellen mit zwei Grafikkernen auf einer Platine gefährlich. Im Vergleich zu den Top-Modellen der Kepler-Generation Geforce GTX 780 Ti und Geforce Titan Black rechnet die GTX 980 über zehn Prozent schneller. Auch der direkte Vorgänger in Form der Geforce GTX 780 wird mit 34 Prozent Abstand deutlich geschlagen. AMDs schnellste Radeon-Karte mit einem Grafikkern, die Radeon R9 290X bringt 16 Prozent weniger fps auf den Bildschirm als die Geforce GTX 980, ist mit einem Preis um die 400 Euro aber auch deutlich günstiger als die etwa 530 Euro teure GTX 980. Da Nvidia für den Test der Geforce GTX 970 kein eigenes Referenzdesign zur Verfügung stellt, haben wir gleich vier bereits ab Werk übertaktete Modelle der Geforce GTX 970 über unseren Benchmark-Parcours geschickt.

Den Anfang macht hierbei die MSI Geforce GTX 970 Gaming 4G (360 Euro), deren GPU-Taktraten mit 1.114 MHz beziehungsweise 1.253 MHz Boost deutlich über den von Nvidia angegebenen Standardwerten (1.050/1.178 MHz) liegen. Mit einem Durchschnittswert von 70,9 fps über alle Benchmarks und Auflösungen hinweg erreicht die MSI ein wirklich gutes Ergebnis. Unterm Strich ist sie nur sieben Prozent langsamer als die wesentlich teurere Geforce GTX 980 und kann sich sogar drei Prozent vor dem bisherigen High-End-Modell GTX 780 Ti positionieren, für das momentan immer noch etwa 410 Euro fällig werden. Auch die Gainward Geforce GTX 970 Phantom (350 Euro) kann die Geforce GTX 980 zwar nicht ganz einholen, verkürzt durch ihre im Vergleich zur MSI-Karte nochmals höheren Taktfrequenzen (1.152 / 1.304 MHz)

Ressourcensparendes Anti-Aliasing

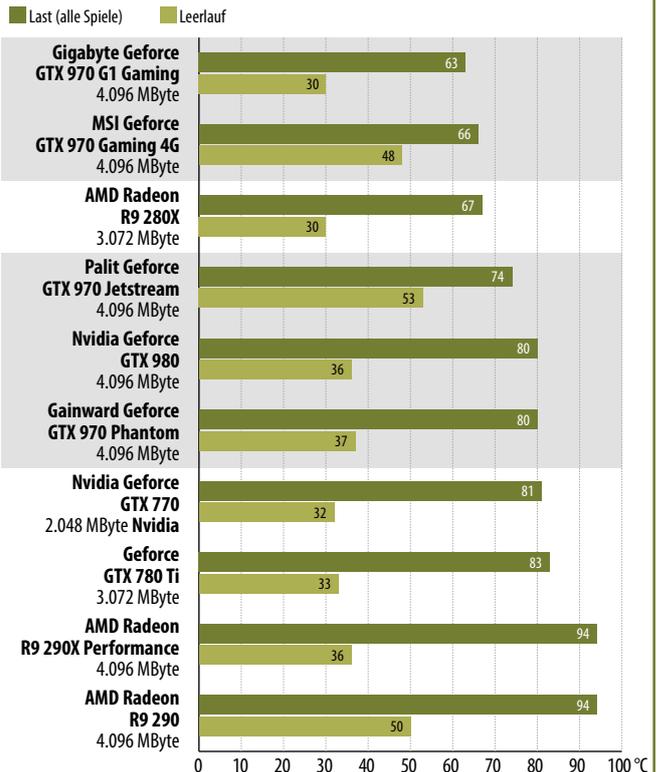
aber den ohnehin knappen Rückstand aber auf gerade einmal sechs Prozent. Damit rechnet die Gainward Geforce GTX 970 Phantom wie auch die MSI Geforce GTX 970 Gaming 4G fast so schnell wie die ältere Dual-Chip-Karte Radeon HD 7990 und lässt die Kepler-Top-Modelle Geforce GTX 780 und Geforce GTX 780 Ti mit 27 beziehungsweise fünf Prozent Abstand hinter sich. Da die Taktfrequenzen der Palit Geforce GTX 970 Jetstream (330 Euro) identisch zu denen der Gainward Phantom ausfallen, schneidet die Karte bei den Benchmarks auch ähnlich gut ab. Mit 71,6 fps liegt die Palit-Karte somit im Maxwell-Vergleich gleichauf mit der Gainward (71,9 fps) und knapp ein Prozent über dem GTX-970-Modell von MSI. Die als einzige Karte im Testfeld mit drei Lüftern ausgestattete Gigabyte Geforce GTX 970 G1 Gaming (360 Euro) taktet mit 1.178 MHz Standard- und 1.329 MHz Boost-Takt nochmal etwas schneller als die übrigen GTX-970-Karten in diesem Test. Dadurch kommt sie der Geforce GTX 980 extrem nahe und rechnet mit durchschnittlich 72,8 fps nur vier Prozent langsamer als das Maxwell-Flaggschiff.



MFAA will die gleiche optische Qualität wie 4x MSAA bieten, dabei aber nur so viel Leistung kosten wie 2x MSAA – bislang ist MFAA aber nur angekündigt, sodass wir diesen Anspruch nicht nachprüfen können.

Benchmarks

Temperatur



Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit

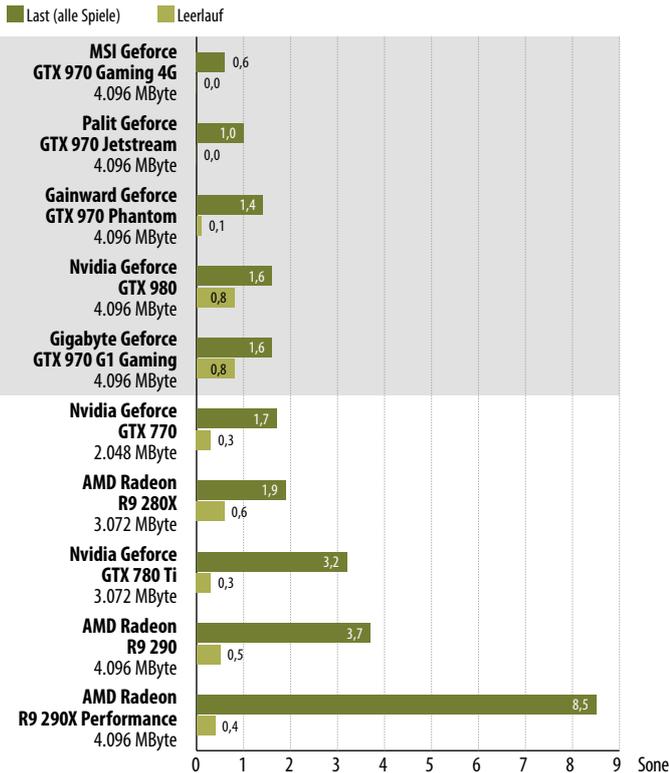
Neben ihrer hohen Grafikleistung beeindrucken die Geforce GTX 980 und Geforce GTX 970 aber vor allem mit ihrem stark gesunkenen Stromverbrauch. Mit 280 Watt unter Last benötigt das GTX-980-Testsystem satte 86 Watt weniger Strom als die Geforce GTX 780 Ti (366 Watt) und liefert dennoch elf Prozent mehr 3D-Leistung! Zudem will Nvidia Übertaktern noch weiteren Spielraum bieten und versieht die Geforce GTX 980 wie schon die Geforce GTX 780 Ti (aber nicht die GTX 970) mit einer dynamischen Leistungsschaltung. Durch diese Technik wird der benötigte Strom gleichmäßig von allen drei Stromquellen (PCI-Express-Schnittstelle, 6-Pin, 6-Pin) bezogen. Durch das Übertakten einer Grafikkarte kann es nämlich dazu kommen, dass zu viel Strom aus einer einzigen Quelle gezogen wird und so entweder die Stabilität oder gar die Funktion negativ beeinflusst werden.

Auch die Geforce GTX 970 verfügt über eine sehr gute Energieeffizienz, allerdings verbrauchen alle getesteten Herstellermodelle zusammen mit unserem Testsystem mindestens 300 Watt. Durch ihre werksseitige Übertaktung verbraten die Karten also etwas mehr Strom als die unübertaktete GTX 980 im Referenz-Design, liegen in Sachen Stromverbrauch aber trotz High-End-Leistung nur auf dem Niveau von bisherigen Mittelklasse-Karten wie der Radeon R9 285. Maxwells größte Errungenschaft liegt also nicht in reiner 3D-Leistung, sondern in der erheblich verbesserten Energieeffizienz: Den Stromverbrauch eines Grafikkchips bei identischer Strukturbreite der Vorgänger so stark zu senken und dabei die 3D-Leistung noch spürbar zu steigern – bravo!

Durch den stark gesunkenen Stromverbrauch haben auch alle getesteten Karten ein angenehm leises Kühlsystem. Bei der im Referenz-Design getesteten Geforce GTX 980 kühlt sich ein Radiallüfter um die Luftzufuhr und bleibt mit 0,2 Sone im Leerlauf und 1,7 Sone unter Last durchgehend unhörbar bis leise. Der Rotor schiebt die Luft durch einen Kühlkörper, der drei Heatpipes bedeckt. Solange die GPU nicht die 80-Grad-Marke erreicht, taktet GPU-Boost-2.0 den Takt der GPU immer höher und kommt somit auf bis zu 1.216 MHz. Die bereits guten Werte bei der Lautstärke können

Benchmarks

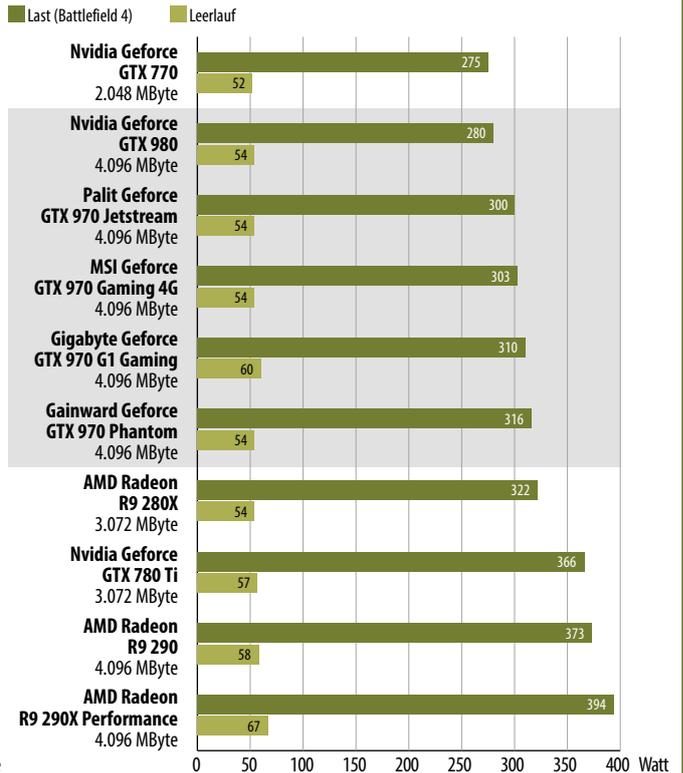
Lautstärke



Testsystem: Core i7 4770K@4,5 GHz, 16,0 GByte RAM, MSI Z87-GD65 Gaming, Samsung SSD 840 Pro, Windows 8.1 64 Bit

Stromverbrauch

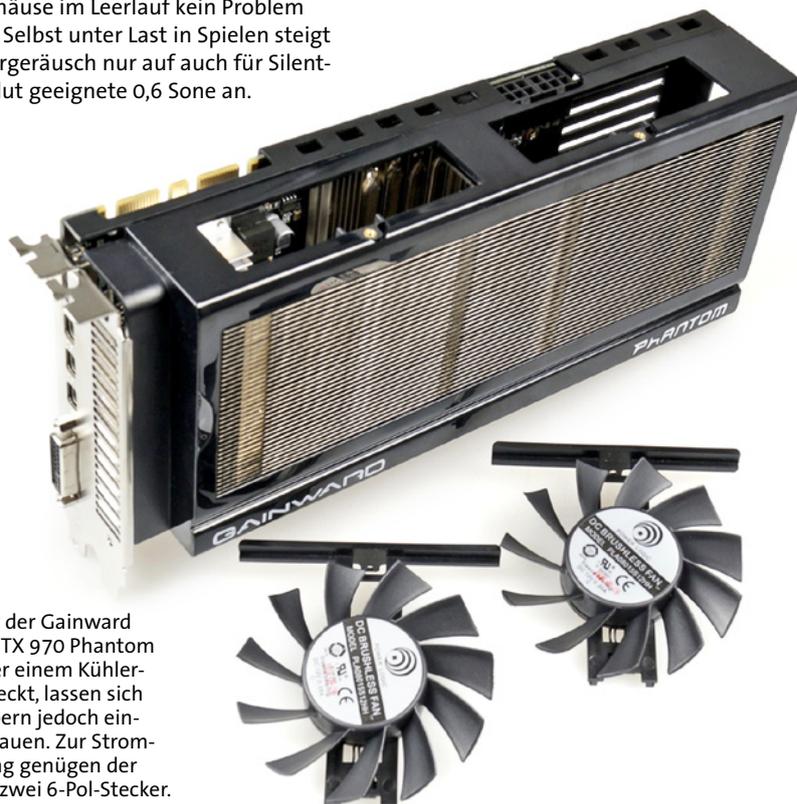
Gesamtes Testsystem



die mit mehreren Lüftern ausgestatteten GTX-970-Modelle von MSI, Palit, Gainward und Gigabyte sogar noch unterbieten. Am leisesten arbeitet dabei die GTX 970 Gaming 4G von MSI, deren zwei 10-cm-Lüfter sich im Leerlauf unter Windows komplett abschalten und keinerlei Geräusch verursachen, solange der GM204-Chip unter 50 Grad Celsius bleibt, was in einem gut belüfteten Gehäuse im Leerlauf kein Problem darstellt. Selbst unter Last in Spielen steigt das Lüftergeräusch nur auf auch für Silent-PCs absolut geeignete 0,6 Sone an.

Der neue Twin Frozr V-Kühler leistet in Kombination mit der sehr energieeffizienten GTX 970 also ganze Arbeit und gehört in seiner neuesten Version zu den besten Grafikkartenkühlern überhaupt, was sich auch durch die maximale Chiptemperatur von 66 Grad ausdrückt – angesichts Flüsterbetrieb und deutlicher Übertaktung ein Spitzen-

wert! Genau wie die MSI-Variante legt auch Palit die Lüfter der GeForce GTX 970 Jetstream im Leerlauf komplett lahm. Erst wenn die GPU über 60 Grad erreicht, laufen die Lüfter an, um den Grafikkchip bei maximal 74 Grad zu halten, allerdings kommt die Jetstream auch dann nur auf sehr leise 1,0 Sone. Die GTX-970-Modelle von Gigabyte und Gainward schalten ihre Lüfter im Leerlauf zwar nicht ab, dennoch arbeiten beide Kühlsysteme mit 0,1 Sone für die Phantom und 0,8 Sone für die G1 Gaming unter Windows von praktisch unhörbar bis sehr leise. In Spielen erreicht die Gainward



Die Lüfter der Gainward GeForce GTX 970 Phantom sind hinter einem Kühlergrill versteckt, lassen sich zum Säubern jedoch einfach ausbauen. Zur Stromversorgung genügen der Phantom zwei 6-Pol-Stecker.

Passive Kühlung

Phantom dann 1,4 Sone und die Gigabyte-Karte 1,6 Sone. Insgesamt unterscheiden sich die vier GTX-970-Modelle also sowohl bei der Leistung als auch dem Stromverbrauch und der Lautstärke kaum voneinander. Deshalb sollten Sie bei der Auswahl besonders auf den Preis achten und darauf, welcher Hersteller für Sie das beste Gesamtpaket und die optimale Ausstattung bietet. Wenn Sie einen fast lautlosen Rechner zusammenstellen möchten, sind vor allem die Modelle mit semi-passiver Kühlung einen Blick wert. Wer hingegen aus seiner Grafikkarte noch mehr Leistung herauskitzeln möchte und dafür die Taktfrequenzen und die Spannung erhöht, sollte auf die Stromversorgung und die Temperaturen unter Last achten, um beim Übertakten noch möglichst viel Spielraum zu haben.

Zusammenfassend überzeugen sowohl die Geforce GTX 980 als derzeit schnellste Single-GPU-Karte als auch die nur wenig langsamere Geforce GTX 970 im Test voll. Die Benchmark-Ergebnisse lesen sich vor allem beeindruckend, wenn Sie den gleichzeitig erheblich gesunkenen Stromverbrauch bedenken. Obwohl Nvidia bei Maxwell wie bei den Vorgängern auf Grafikchips mit 28 nm Strukturbreite setzt, steigt die Energieeffizienz

zu finden. Die typischen Kritikpunkte bei High-End-Karten wie der hohe Stromverbrauch oder das zu laute Kühlsystem fallen bei der Geforce GTX 980 weg. Im Gegenteil: Die sehr gute Energieeffizienz und der leise Lüfter gehören zu den Stärken der Karte. Aus Preis-Leistungs-Sicht hat die Geforce GTX 970 aber klar die Nase vorn, vor allem in Form der beschleunigten Hersteller-Modelle. Alle getesteten GTX-970-Karten rechnen dank Übertaktung nur etwas langsamer als die GTX 980 und bleiben dabei angenehm leise. Zudem kosten sie fast 200 Euro weniger als die Geforce GTX 980. Da lässt sich auch der durch die Übertaktung bedingte, minimal höhere Stromverbrauch verschmerzen. Unterm Strich mischt Nvidia durch die starken Maxwell-Modelle die Karten im High-End-Segment neu und AMD muss sich ranhalten und (vorerst) die Radeon-Preise senken, in einem zweiten Schritt aber auch neue Karten nachlegen, um der GTX 980 und der 970 wirklich gefährlich zu werden. **JP**



Weniger bringt mehr

Jan Purrucker
Redakteur Hardware
jan@gamestar.de

Nvidias Maxwell-Karten Geforce GTX 980 und Geforce GTX 970 liefern genau das, was ich mir als Spieler wünsche. Viel 3D-Leistung bei erstaunlich geringem Stromverbrauch und gleichzeitig extrem leiser Kühlung. Abseits der schnellen Hardware gefällt mir aber besonders das neue Feature »DSR«. Bislang war mir die Idee hinter Downsampling zwar bekannt, allerdings dessen Nutzung auch zu aufwändig. Jetzt aktiviere ich die Funktion ohne Hacks oder langwieriges Umschreiben von Dateien einfach im Treiber und spiele schöner – vorausgesetzt, die Performance reicht. Da mir meine Geforce GTX 780 zur Befehung meines Full-HD-Monitors noch einige Zeit reichen wird, kann ich es kaum erwarten, bis das Feature im Laufe diesen Jahres auch für Kepler-Karten freigeschaltet wird.

Die Qual der Wahl

enz mit den neuen High-End-Karten noch wesentlich stärker als die 3D-Leistung – was erheblich leisere Kühlung ermöglicht. Die Zeiten, in denen sich Grafikkarten ihre hohe 3D-Leistung mit noch höherem Stromverbrauch erkauften, scheinen mit Geforce GTX 980 und GTX 970 (zumindest vorläufig) vorbei zu sein. Unterm Strich ist es schwierig, eine Schwachstelle bei der Geforce GTX 980



Test-Ergebnisse

Geforce GTX 980

Geforce GTX 970 Gaming 4G

Geforce GTX 970 G1 Gaming

Geforce GTX 970 Jetstream

Geforce GTX 970 Phantom

Hersteller / Preis	Nvidia / 520 Euro	MSI / 360 Euro	Gigabyte / 360 Euro	Palit / 330 Euro	Gainward / 350 Euro
Technische Angaben					
Grafikchip	Geforce GTX 980 (GM204)	Geforce GTX 970 (GM204)	Geforce GTX 970 (GM204)	Geforce GTX 970 (GM204)	Geforce GTX 970 (GM204)
GPU-/Shader-/Speicher-Takt	1.126 / 7.008 MHz	1.114 / 7.008 MHz	1.178 / 7.008 MHz	1.152 / 7.008 MHz	1.152 / 7.008 MHz
Videospeicher	4.096 MByte GDDR5	4.096 MByte GDDR5	4.096 MByte GDDR5	4.096 MByte GDDR5	4.096 MByte GDDR5
Speicheranbindung	256 Bit	256 Bit	256 Bit	256 Bit	256 Bit
Stromanschlüsse	2x 6-Pol	1x 8-Pol, 1x 6-Pol	1x 8-Pol, 1x 6-Pol	2x 6-Pol	2x 6-Pol
Bewertung					
Spieleleistung (60%)	60/60	59/60	59/60	59/60	59/60
Pro & Kontra	<ul style="list-style-type: none"> 4xAA in 2560x1440 jederzeit ruckelfrei auch für extreme AA-Modi wie SSAA ausreichend Leistung selbst für 4K-Auflösung ausreichend Leistung 	<ul style="list-style-type: none"> 4xAA in 2560x1440 jederzeit ruckelfrei auch für extreme AA-Modi wie SSAA oft ausreichend Leistung nur etwas langsamer als GTX 980 	<ul style="list-style-type: none"> schnellste 970 im Test auch für extreme AA-Modi wie SSAA oft ausreichend Leistung nur etwas langsamer als GTX 980 	<ul style="list-style-type: none"> 4xAA in 2560x1440 jederzeit ruckelfrei auch für extreme AA-Modi wie SSAA oft ausreichend Leistung nur etwas langsamer als GTX 980 	<ul style="list-style-type: none"> 4xAA in 2560x1440 jederzeit ruckelfrei auch für extreme AA-Modi wie SSAA oft ausreichend Leistung nur etwas langsamer als GTX 980
Bildqualität (10%)	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
Pro & Kontra	<ul style="list-style-type: none"> beste Kantenglättung Supersampling auch in DirectX 10 & 11 bis zu 32-fache Kantenglättung sehr guter anisotroper Texturfilter 	<ul style="list-style-type: none"> beste Kantenglättung Supersampling auch in DirectX 10 & 11 bis zu 32-fache Kantenglättung sehr guter anisotroper Texturfilter 	<ul style="list-style-type: none"> beste Kantenglättung Supersampling auch in DirectX 10 & 11 bis zu 32-fache Kantenglättung sehr guter anisotroper Texturfilter 	<ul style="list-style-type: none"> beste Kantenglättung Supersampling auch in DirectX 10 & 11 bis zu 32-fache Kantenglättung sehr guter anisotroper Texturfilter 	<ul style="list-style-type: none"> beste Kantenglättung Supersampling auch in DirectX 10 & 11 bis zu 32-fache Kantenglättung sehr guter anisotroper Texturfilter
Energieeffizienz (10%)	10/10	9/10	9/10	9/10	8/10
Pro & Kontra	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Energieeffizienz niedrige Leistungsaufnahme im Leerlauf und Spielen 	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Energieeffizienz niedrige Leistungsaufnahme im Leerlauf und Spielen höherer Verbrauch als GTX 980 aufgrund der Übertaktung 	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Energieeffizienz niedrige Leistungsaufnahme im Leerlauf und Spielen höherer Verbrauch als GTX 980 aufgrund der Übertaktung 	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Energieeffizienz niedrige Leistungsaufnahme im Leerlauf und Spielen höherer Verbrauch als GTX 980 aufgrund der Übertaktung 	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Energieeffizienz sparsam im Leerlauf und Spielen etwas höherer Verbrauch als GTX 980 und ähnlich schnelle GTX-970-Modelle
Kühlsystem (10%)	9/10	10/10	9/10	9/10	9/10
Pro & Kontra	<ul style="list-style-type: none"> unhörbar im Leerlauf kaum hörbar unter Last vergleichsweise niedrige Temperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> unhörbar im Leerlauf extrem leise unter Last trotz Übertaktung niedrige Temperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> unter Windows kaum hörbar leise in Spielen trotz Übertaktung niedrige Temperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> unhörbar im Leerlauf sehr leise in Spielen 	<ul style="list-style-type: none"> unhörbar im Leerlauf sehr leise unter Last relativ hohe Temperaturen unter Last
Ausstattung (10%)	7/10	7/10	7/10	6/10	6/10
Pro & Kontra	<ul style="list-style-type: none"> 3D Vision G-Sync DSR PhysX SLI 1x DVI 3x Displayport 1x HDMI 2.0 Backplate keine weitere Ausstattung, da Referenzkarte 	<ul style="list-style-type: none"> 3D Vision G-Sync DSR PhysX SLI 2x DVI 3x Displayport 1x HDMI 2.0 	<ul style="list-style-type: none"> 3D Vision G-Sync DSR PhysX SLI 2x DVI 3x Displayport 1x HDMI 2.0 	<ul style="list-style-type: none"> 3D Vision G-Sync DSR PhysX SLI 3x Mini-Displayport 1x Mini-HDMI keine Adapter für Mini-HDMI und DP 	<ul style="list-style-type: none"> 3D Vision G-Sync DSR PhysX SLI 1x DVI 3x Mini-Displayport 1x Mini-HDMI keine Adapter für Mini-HDMI und DP

Fazit

Die Geforce GTX 980 sichert sich mit ihrer brachialen Leistung, dem vergleichsweise geringen Verbrauch und ihrem leisen Kühler sowohl den Titel der schnellsten Single-GPU-Grafikkarte als auch die bislang höchste GameStar-Wertung in dieser Kategorie.

MSIs Geforce GTX 970 Gaming 4G ist mit 0,6 Sone unter Last die leiseste Karte im Testfeld. Zudem liefert sie fast so viele fps wie die GTX 980 und kostet deutlich weniger. Aufgrund der Übertaktung benötigt sie jedoch etwas mehr Strom unter Last.

Gigabytes Geforce GTX 970 G1 Gaming arbeitet dank starker Übertaktung schneller als die übrigen 970-Modelle. Auch die Ausstattung überzeugt. Das Kühlsystem arbeitet nicht ganz so leise wie die Konkurrenz, ist aber dennoch kaum wahrnehmbar.

Die Palit Geforce GTX 970 Jetstream ist die günstigste GTX 970 im Test. Unter Windows arbeitet sie lautlos, unter Last sehr leise und liefert mit hohen Grafikdetails auch auf Monitoren mit 2560x1440 Bildpunkten flüssige Frameraten.

Gainwards Geforce GTX 970 Phantom hat ein außergewöhnliches Design und bietet extrem viel 3D-Leistung. Dabei bleibt sie relativ sparsam und arbeitet auch unter Last flüsterleise. Die hohen Chiptemperaturen schränken jedoch die weitere Übertaktung ein.

Preis/Leistung **Ausreichend**



Gut



Gut



Gut



Gut

