

## Technik-Analyse

# WIE DIE PLAYSTATION 5 AUCH PC-SPIELE VERÄNDERN KANN

**Im Gegensatz zur PS4, die schon zum Release veraltet war, steckt in der PS5 aktuellste Technik. Und die bedeutet spürbare Fortschritte – auch für uns PC-Spieler.**

Von Michael Kister

Nach sieben Jahren steht – voraussichtlich – im Herbst 2020 eine neue Konsolengeneration an, die PlayStation 5 und die Xbox Series X lugen schon über den Horizont. Und das ist auch für PC-Spieler eine sehr gute Nachricht! Selbst wenn die alte Generation mit ihren sieben Lenzen Lebensdauer im üblichen Rahmen liegt, kann die neue nicht früh genug kommen. Denn trotz der lebensverlängernden Maßnahmen durch die PlayStation 4 Pro und die Xbox One X bremsen die alten Konsolen den technischen Fortschritt bei der Spieleentwicklung.

Nvidias RTX-Grafikkarten beherrschen zwar hardwarebeschleunigtes Raytracing, es

wird aber nur von einer Handvoll Spiele genutzt. Moderne Features wie Variable Rate Shading und Mesh Shaders liegen brach; und was bringt die schnelle SSD, die inzwischen Standard in jedem Gaming-PC ist, wenn sich die Spielfigur dennoch alle paar Meter durch einen engen Felsspalt zwingt, weil Ladezeiten kaschiert werden müssen?

Die neue Konsolengeneration hat das Potenzial, dass solche ungeliebten Traditionen verschwinden, aufpoppende Objekte entfallen und fortschrittliche Effekte sich allmählich als Standards etablieren können, etwa beim Raytracing. Nachdem die Konsolen den technischen Fortschritt jahrelang gehemmt haben, können sie ihn wieder beschleunigen. Zumindest bei AAA-Spielen, also bei teuren Großproduktionen, deren Herz nun mal – weltweit betrachtet – auf dem Konsolenmarkt schlägt.

Im Gegensatz zur PS4, deren CPU und Grafikeinheit bereits zum Release technisch veraltet waren, haben wir es bei der PS5 nämlich mit teils aktuellster Technik zu tun,

teils sogar mit Technik, die in dieser Form im PC (noch) nicht zu finden ist.

**Weniger Recheneinheiten, höherer Takt**  
Erneut liefert AMD die Grundlage für den SoC (System on a Chip) der PS5: Die CPU bietet acht physische Zen-2-Kerne mit 16 Threads durch Simultaneous Multithreading (SMT). Bei der Taktfrequenz geht Sony einen für Konsolen ungewöhnlichen Weg und spricht von einem variablen Takt von bis zu 3,5 GHz, der aber meistens auch erreicht werden soll. Den gleichen Ansatz von variablen Taktraten nutzt Sony auch bei der Grafikeinheit (GPU). Diese basiert auf AMDs RDNA-2-Architektur, die im Gegensatz zu Zen 2 noch nicht für den PC erhältlich ist.

Die GPU der PlayStation 5 taktet mit bis zu 2,23 GHz und bietet 36 Compute Units (CUs). Damit fällt sie im Vergleich zur Xbox Series X mit 52 CUs kleiner aus bei gleichzeitig höherem Takt (Series X mit 1,8 GHz). Im theoretischen Vergleich bietet die Xbox Series X daher mit rechnerischen zwölf



Auf den Rennwagen von Gran Turismo 7 spiegeln sich andere Autos und die Umgebung. Allerdings nicht glasklar, sondern leicht diffus.



In Horizon: Forbidden West dürften Pop-Ups der Vergangenheit angehören - und damit auch in anderen Open-World-Spielen.

TFLOPs (Floating Point Operations per Second – Gleitkommaoperationen pro Sekunde) gegen die 10,28 TFLOPs der PS 5 eine um fast 20 Prozent höhere Leistung. Wie werden diese TFLOP-Zahlen, von denen immer gesprochen wird, berechnet? Bei diesen GPUs bietet sich folgende vereinfachte Formel an: Anzahl der Kerne (CUs multipliziert mit der Anzahl der Stream-Prozessoren) multipliziert mit der Taktfrequenz (Zyklen pro Sekunde) multipliziert mit den Rechenoperationen pro Zyklus. Im Fall der PlayStation 5 auf Basis von RDNA 2 wäre das dann:

$$\begin{aligned}
 &(36 \text{ CUs} \times 64 \text{ Stream-Prozessoren}) \\
 &\times 2,23 \text{ GHz} \\
 &\times 2 \text{ (Rechenoperationen pro Zyklus)} \\
 &= 10.276 \text{ Gflops (gerundet)}.
 \end{aligned}$$

Ein solcher rechnerischer Vergleich kann aber nur ein Anhaltspunkt sein, da nur die Rechenleistung der Vektor-ALU (Arithmetic Logic Unit), also quasi der kleinsten Rechen-

einheit eines Prozessors, berücksichtigt wird. Um sich nicht direkt auf die Konkurrenz Xbox zu beziehen, verglich Mark Cerny, der Systemarchitekt der PlayStation 4 und PlayStation 5, in einem rechnerischen Beispiel die 48 CUs einer PlayStation 4 Pro mit den 36 einer PlayStation 5. In diesem theoretischen Szenario waren die Taktfrequenzen so gewählt, dass beide die 4,6 TFLOPs der PlayStation 4 erreichten (36 CUs mit 1,0 GHz, 48 CUs mit 0,75 GHz). So würden alle weiteren Einheiten einer GPU von einem höheren Takt profitieren: »Bei einer um 33 Prozent höheren Taktfrequenz läuft das Rendern 33 Prozent schneller [...], der L2- und weitere Caches haben eine entsprechend höhere Bandbreite und so weiter.« Außerdem sei es leichter, 36 CUs vollständig gleichzeitig auszulasten als 48 CUs. »Wenn Dreiecke (Polygone) klein sind, ist es viel schwieriger, all diese CUs mit sinnvoller Arbeit zu füllen.« Auch wenn Cerny hier einen Vergleich zur PlayStation 4 zieht, darf man

annehmen, dass er damit eigentlich die niedriger getakteten 52 CUs der Xbox Series X im Sinn hat. Welcher Ansatz sich am Ende als effizienter erweist, bleibt abzuwarten.

### Sonys Boost Clock

Wie erwähnt geht Sony bei der PlayStation 5 einen ungewöhnlichen Weg und legt für CPU und GPU keine festen Taktfrequenzen fest, sondern definiert jeweils einen Maximaltakt. Das klingt aus der Sicht eines PC-Nutzers auf den ersten Blick gar nicht ungewöhnlich, sondern ganz normal, bei einer Konsole ist es jedoch wichtig, dass immer reproduzierbar die gleiche Leistung zur Verfügung steht. Bei üblichen PCs ist die Temperatur der Chips maßgeblich für die maximalen Boost-Takte und damit für die Leistung verantwortlich. Das wäre bei einer Konsole fatal, da die Temperatur von Außenfaktoren wie der Umgebungstemperatur oder auch vom Chip selbst abhängt. Stattdessen hat man sich bei Sony dafür entschieden, dem SoC ein festes Energie-Budget zuzuweisen: »Statt mit einer konstanten Frequenz zu laufen und den Strombedarf anhand der Arbeitsbelastung zu variieren, laufen wir mit grundsätzlich konstantem Strombedarf und lassen die Frequenz anhand der Arbeitsbelastung variieren«, so Cerny. Dabei nutzt die PlayStation 5 auch AMDs sogenannte Smart-shift-Technologie: Sollte die CPU ihr Energie-Budget nicht ausnutzen, darf sich stattdessen die GPU etwas mehr Strom gönnen, um möglichst ihren Maximaltakt zu halten.

Durch diese Boost-Methode soll jede PlayStation 5 in der gleichen Spielsituation unabhängig von der Temperatur die gleiche Leistung erbringen. Mark Cerny merkt auch an, dass diese festen Energie-Budgets es

## Die wichtigsten technischen Daten in der Übersicht

<b>Prozessor</b>	AMD-Zen 2-basierte CPU mit acht Kernen bei 3,5 GHz (variable Frequenz) und SMT (16 Threads)
<b>Grafikkarte</b>	bis zu 10,28 TFLOPs, 36 Compute Units bis zu 2,23 GHz auf Basis der RDNA-2-Architektur von AMD
<b>Arbeitsspeicher</b>	16 GB GDDR6 /256-bit
<b>Max. Speicher-Bandbreite</b>	448 GB/s
<b>Interner Speicher</b>	825 GB SSD (Eigenentwicklung)
<b>Datendurchsatz</b>	5,5 GB/s (roh), typisch 8 bis 9 GB/s (komprimiert)
<b>Erweiterbarer Speicherplatz</b>	handelsübliche NVMe SSD im M.2-Format
<b>Externer Speicher</b>	USB-HDD
<b>Optisches Laufwerk (optional)</b>	Ultra HD Blu-ray



Mit Civ 6 möchte Microsoft demonstrieren, dass Variable Rate Shading (VRS) der Qualität nicht schadet, aber 14 Prozent mehr Performance bringt.

leichter gemacht hätten, eine angemessene Kühllösung für die Abwärme zu entwerfen. Diese Kühllösung ist bis jetzt noch ein ungewisser Faktor, bisher ist bis auf die Versprechungen, dass man sich der Probleme gerade bei der PlayStation 4 Pro bewusst sei und man eine gute Lösung gefunden habe, nichts kommen. Angesichts von Vergleichen mit der Geräuschkulisse eines Düsenjets dürfte das für viele ein wichtiger Punkt sein.

Etwas bedeckt hält sich Sony in Bezug auf die Features der GPU: So wird ein Feature namens Geometry Engine den Entwicklern direkte Kontrolle über Dreiecke und andere sogenannte Primitive ermöglichen. Ebenso kommen Primitive Shader zum Tragen, die wohl mit Mesh Shadern vergleichbar sind, wie sie bereits von Nvidias Grafikkarten der Turing-Architektur und AMDs RDNA-2-Grafikkarten unterstützt werden. Das Hauptziel von Mesh Shadern ist, die Flexibilität und

Performance zu erhöhen, kurz gesagt, Entwickler haben mehr Freiheiten.

Variable Rate Shading wurde von Sony zwar nicht genannt, jedoch unterstützen sowohl die Series X als auch die kommenden Grafikkarten von AMD auf Basis von RDNA 2 dieses Feature. Auch Variable Rate Shading gibt den Entwicklern mehr Freiheit und Kontrolle. Sie können damit unter anderem bestimmen, mit welcher Genauigkeit und damit Qualität verschiedene Bereiche im Bild gerendert werden. So ist es dann möglich, Bildbereiche, die nicht im Fokus des Blickes sind, zum Beispiel Außenbereiche, mit geringerer Qualität zu berechnen und auf diese Weise die Gesamtperformance zu erhöhen.

**Hardwarebeschleunigtes Raytracing**

Ein großer Fokus von Sony hingegen ist hardwarebeschleunigtes Raytracing: Die sogenannte Intersection Engine, neue Rechen-

einheiten, die in die CUs der GPU integriert sind, basiere auf derselben Strategie wie die kommenden AMD-Grafikkarten für den PC, so Mark Cerny. Damit werden auch auf der PlayStation 5 Effekte wie Global Illumination, Raytracing-Schatten oder realistische Reflexionen mit Raytracing-Unterstützung möglich. Cerny habe bereits einen PS5-Titel gesehen, der Reflexionen auf Basis von Raytracing in aufwendig animierten Szenen nutze und dabei nur geringe Leistungseinbußen habe. Vielleicht bezog sich Cerny dabei auf Szenen aus Ratchet & Clank: Rift Apart oder Gran Turismo Sport, die Sony im Zuge der Enthüllung des Designs der PlayStation 5 zeigte. Gerade Gran Turismo Sport vermittelt eindrucksvoll, in welche Richtung es gehen mag: Auf dem eigenen Auto spiegeln sich nicht nur die Umgebung, sondern auch die Fahrzeuge der andere Fahrer. Sogar das eigene Auto und Teile der Umgebung, die nicht im Blick-

**Raytracing in Cyberpunk 2077**



Ray-Traced Diffuse Illumination: Als diffuse Beleuchtung wird sogenanntes »weiches« Licht bezeichnet, das Szenen gleichmäßig ausleuchtet. Für normale Render-Techniken ist das nur schwer umzusetzen.



Ray-Traced Ambient Occlusion: Bei der Umgebungsverdeckung (Ambient Occlusion, AO) handelt es sich um eine Shading- und Render-Methode, mit der eine möglichst realitätsnahe Verschattung berechnet wird.



Ratchet & Clank: Rift Apart erlaubt schnelle Bewegungen und Ortssprünge ohne merkliche Nachladezeiten.

feld sind, finden sich in den Spiegelungen. Dabei läuft die Sequenz wohl in nativem 4K und 60fps, wie eine Analyse von Digital Foundry ergibt. Um das zu erreichen, scheinen die Reflexionen lediglich mit einem Viertel der nativen Auflösung gerendert zu sein. Zudem habe man wohl auf einen Trick zurückgegriffen, um diffuse Reflexionen zu erreichen. In der realen Welt sind Reflexionen nicht perfekt, sondern je nach Beschaffenheit des Materials diffus. Anstatt diese diffusen Reflexionen direkt mit Raytracing zu berechnen, habe man perfekte Reflexionen gewählt, die weniger Leistung kosten, und anschließend einen nachträglichen Postprocessing Effect darübergelegt.

#### Hochleistungs-SSD

Besonderes Augenmerk legt Sony auf die selbstentwickelte SSD. Als es 2019 hieß, die SSD der PlayStation 5 sei schneller als alles,

was es für den PC damals gab, war der Spott groß, tatsächlich war es zum damaligen Zeitpunkt (zumindest im Endkundensegment) korrekt. Damals stellten NVMe-SSDs mit einer PCIe 3.0-Anbindung im Maximum eine Übertragungsrate von 3,5 GByte/s zur Verfügung, die Lösung der PlayStation 5 bietet eine Übertragungsrate von 5,5 GByte/s an Rohdaten und 8 bis 9 GByte/s an komprimierten Daten. Um diese Zahlen zu erreichen, konnte Sony nicht auf bestehende Komponenten zurückgreifen, sondern musste einiges an Eigenentwicklung leisten: So entwarf man speziell für die PlayStation 5 einen eigenen Flash-Controller, der durch ein Speicherinterface mit zwölf Kanälen an die NAND-Speicherchips angebunden ist. In diesem Speichercontroller ist ein Co-Prozessor integriert, der nur für die Dekomprimierung der gespeicherten Daten zuständig ist. Laut Cerny würde man etwa neun Zen-2-Kerne be-

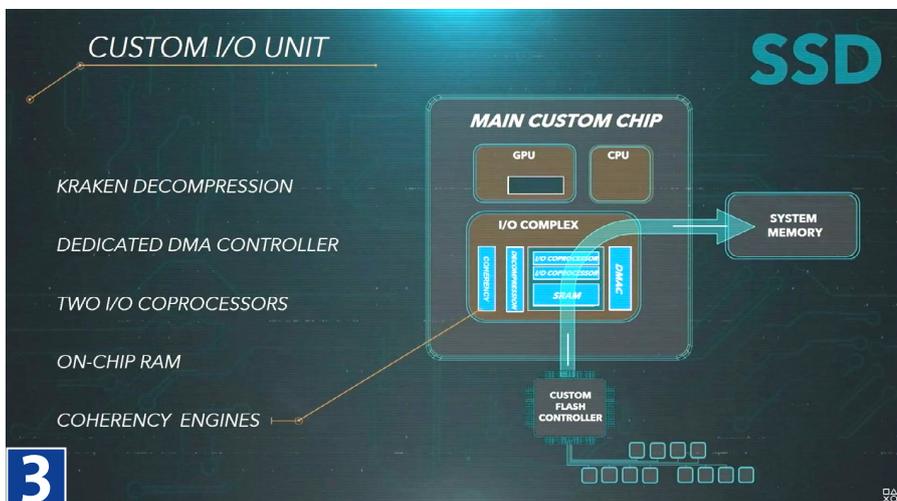
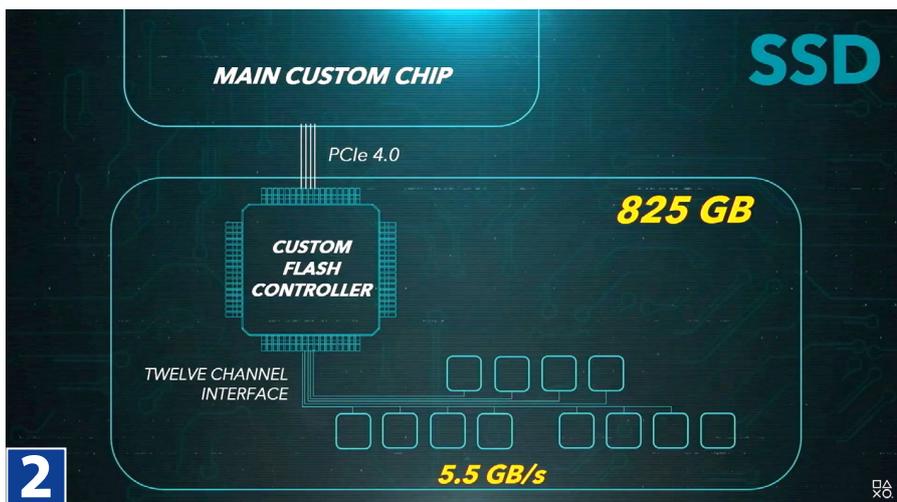
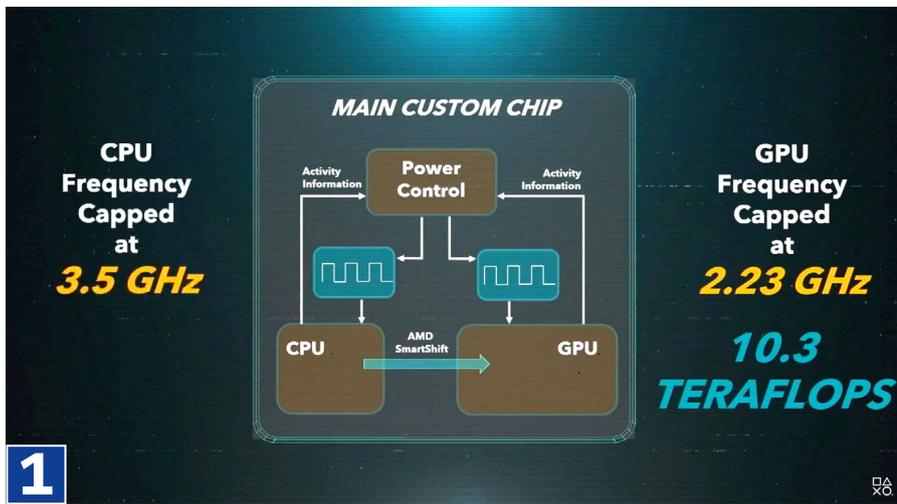
nötigen, um die gleiche Dekompressionsleistung zu erreichen. Dieser Co-Prozessor unterstütze nicht nur das Standard-Kompressionsformat ZLIB, sondern auch das neue Format Kraken von RAD Game Tools, das nochmals um zehn Prozent effizienter sei. Auf diese Weise könne man auch die geringere Speicherkapazität von »nur« 825 GByte (anstelle der eher gewohnten 1,0 TByte) etwas ausgleichen. Diese seltsam anmutende Speichergröße sei einerseits optimal für das Speicherinterface mit zwölf Kanälen, andererseits einer Kosten-Nutzen-Rechnung geschuldet, wie Cerny eingesteht. Ein Grund, warum heutige Spiele so viel Speicherplatz benötigen, ist die langsame Festplatte in der noch aktuellen Generation von Konsolen: Die Übertragungsrate von mechanischen Festplatten ist stark abhängig von den Zugriffszeiten, also der Zeit, die benötigt wird, um einen Satz Daten zu finden und



Ray-Traced Shadows: Damit werden Schatten und deren Verläufe (so etwa auch Abschwächungen) exakt berechnet. Selbst aufwändiges, neueres Shadow-Mapping stößt hier an seine Grenzen.



Ray-Traced Reflections: Im Gegensatz zu Screen Space Reflections, bei denen nur der Bildschirminhalt berechnet wird, bezieht Raytracing die gesamte Szene mit ein – also auch das, was sich gerade nicht auf dem Bildschirm befindet.



**1** Die Power-Control-Einheit überwacht die Aktivitäten und Workloads von CPU und GPU und steuert deren Taktfrequenzen. **2** Der selbstentwickelte Flashspeicher-Controller verwaltet die NAND-Speicherchips und ist selbst über vier PCIe 4.0 Lanes an den Haupt-SoC angebunden. **3** Der Haupt-SoC besteht nicht nur aus GPU und CPU, sondern beinhaltet einen eigens entwickelten I/O Complex mit verschiedenen Co-Prozessoren, die unter anderem für die Dekompression der gespeicherten Daten zuständig sind.

den Lesearm dort hinzubewegen. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, sind viele Elemente teils mehrere hundert Male auf der Festplatte hinterlegt und fressen dadurch Speicherplatz. Mit der SSD in der PlayStation 5 soll dieses Problem beseitigt werden, da die benötigten Daten innerhalb eines Frames in den Arbeitsspeicher geladen werden können, die gesamten 16 GByte

Arbeitsspeicher sollen innerhalb von zwei Sekunden gefüllt werden können.

**Erweiterung durch handelsübliche SSDs**  
Diese Eigenentwicklung stellt Sony jedoch vor eine weitere Herausforderung: Zwar wird man herkömmliche NVMe-SSDs zur Erweiterung verwenden können, diese müssen aber verschiedene Anforderungen erfüllen. Zum

einen müssen sie sogar eine etwas höhere Leistung als die integrierte SSD bieten, also mehr als 5,5 GByte/s, da die SSD der PlayStation 5 über sechs Prioritätsstufen für die gespeicherten Daten verfügt, eine SSD im Erweiterungslot jedoch nur mit zwei Stufen angesprochen werden kann. Zum anderen haben viele High-End-SSDs auf dem Markt große Kühlkörper, sodass sie schlicht nicht in den Slot passen. Für aufwärtskompatible PlayStation-4-Titel soll hingegen eine externe HDD reichen, die per USB angeschlossen werden kann. Nach anfänglicher Ungewissheit hat Sony nämlich klargestellt, dass zumindest der Großteil der über 4.000 Spiele für die PlayStation 4 auch problemlos auf der PlayStation 5 laufen soll. Dazu sind in der CPU sogenannte Legacy Modes implementiert. Da der Leistungssprung aber so signifikant ausfällt, wolle man alle Titel vorher testen, in einzelnen Fällen könnten Anpassungen durch die jeweiligen Entwickler nötig werden. Einen beachtlichen Vorgesmack bot bereits eine Demonstration Mitte 2019, die die Ladezeiten anhand von Spider-Man auf einem Developer Kit der PlayStation 5 zeigte: Während die PlayStation 4 Pro über acht Sekunden benötigte, um das Level zu laden, waren es auf dem Developer Kit lediglich 83 Hundertstel. Ebenso zeigte die Demonstration, wie die Stadt mit einer unglaublichen Geschwindigkeit durchflogen wurde, ohne dass es zu sichtbaren und die Immersion störenden Pop-ups kam.

Besonders beeindruckend zeigte jedoch die Vorstellung der Unreal Engine 5, was zukünftig möglich sein wird: Die dort verwendete Nanite-Technologie nutzt die Bandbreite der PlayStation-5-SSD voll aus, um hochdetaillierte Polygonmodelle in Echtzeit zu streamen. Mehr Details bedeuten allerdings auch mehr Aufwand für Entwicklerteams und entsprechend höhere Produktionskosten – irgendjemand muss die detaillierteren Figuren, Objekte und Umgebungen ja auch bauen. Grundsätzlich geht man in der Industrie davon aus, dass sich AAA-Produktionskosten mit jeder neuen Konsolengeneration verdoppeln. Nicht umsonst werden bereits höhere Spielepreise für PS5 und Xbox Series X diskutiert.

Der ungemein beeindruckende Trailer zu Horizon: Forbidden West sollte zudem noch mit etwas Skepsis betrachtet werden, es bleibt fraglich, inwiefern er direkte Schlüsse auf die Leistungsfähigkeit der PlayStation 5 zulässt. Einerseits zeigt er eine unglaubliche Detailfülle bei den Modellen und der Umgebung, eine hervorragende Darstellung von Wasser und deutlich mehr Objekte in der Entfernung. Andererseits zeigte dieser Teaser-Trailer kein echtes Gameplay, sondern typisches In-Engine-Material, also in der Engine auf der PlayStation 5 gerendert, aber nicht live abgespielt. Ob das fertige Horizon: Forbidden West tatsächlich so gut aussehen wird oder vielleicht sogar noch besser, lässt sich noch nicht abschließend bewerten. ★