

Leistungsvergleich verschiedener Rechner, Betriebssysteme und Compiler bei der Verwendung von DELPHIN 6

Andreas Nicolai

18. November 2019

Zusammenfassung

Die Berechnungsgeschwindigkeit von DELPHIN Simulation variiert stark mit der jeweiligen Hardwarekonfiguration und Betriebssystem/Compiler. Außerdem ist die Effizienz der Parallelisierung auf verschiedenen Systemen unterschiedlich. In diesem Artikel wird zunächst die Methodik für einen systematischen Vergleich beschrieben und dann anhand ausgewählter Rechner ein Vergleich durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	2
1.1	Vergleichsfälle	2
1.2	Einflussgrößen	2
1.3	Zeitmess- und Vergleichsaspekte	2
1.4	Verwendete Hardware	3
2	Laufzeitmessungen und Auswertungen	3
2.1	Gesamtvergleich	3
2.2	Gleiches Betriebssystem und gleicher Compiler	6
2.3	Einfluss des Compilers	8
2.4	Einfluss der Parallelisierung	9

1 Überblick

1.1 Vergleichsfälle

DELPHIN wird primär für 3 Kategorien von Simulationen eingesetzt:

- mehrjährige (6-10 Jahre) hygrothermische 1D-Konstruktionsberechnungen
- Wärmebrückenberechnungen (thermisch, 2D, stationär)
- hygrothermische 2D Detailanalysen, und (seltener) für thermische und hygrothermischen 3D Probleme.

Für jedes Anwendungsgebiet wurde ein entsprechender Testfall konzipiert:

- `1D_Hygrothermal_8years` - 8 Jahre 1D Simulation, 200 Unbekannte, stündliche Ausgaben im ersten und letzten Jahr (Band)
- `2D_Thermal_large_grid_ThermalBridge_EN10211_Case2` - Wärmebrückenberechnung (stationär), 40560 Unbekannte (KLU)
- `2D_Hygrothermal_medium_grid_corner` - Konstruktionsdetail, 16134 Unbekannte (GMRES + ILU)
- `3D_Holzbalken` - 3D Konstruktionsdetail, 56750 Unbekannte (BiCGStab + ILU)

1.2 Einflussgrößen

Die Laufzeit der Simulation wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

- CPU - sowohl Taktfrequenz (Turbo-Stufen), Kühlung als auch CPU-Cache Größe spielen eine Hauptrolle, auch die CPU-Architektur ist elementar wichtig (eine 4 Jahre alte High-End-CPU kann inzwischen langsamer sein als eine aktuelle Mittelklasse CPU); auch die Kühlung ist wichtig (schlechte Kühlung führt zum Heruntertakten der CPU)
- SSD/Festplatte - für alle ausgabelastigen Simulationen ist eine schnelle SSD und ein schneller Datenbus zur SSD wichtig; Festplatten sind naturgemäß langsamer, welches sich bei größeren Problemen mit weniger Ausgaben aber nicht so stark auswirkt
- Hauptspeicher - die Größe ist eher unwichtig, da DELPHIN selbst bei 3D Berechnungen sehr genügsam ist. Die Geschwindigkeit der Speicheranbindung (auch Qualität des Mainboards) ist wichtiger. Auch hier ist das Rechneralter nicht zu vernachlässigen
- Compilergeneration - die Effizienz wird maßgeblich vom Compiler generierten Maschinencode und damit von der Art und Qualität des Compilers beeinflusst. Bereits 2 Jahre Entwicklungszeit eines Compilers können einen großen Einfluss haben

1.3 Zeitmess- und Vergleichsaspekte

Unterschiedliche Compiler und Betriebssysteme führen zu leichten Abweichungen bei der Gleitkommazahlenberechnung. Dieses wirkt sich auf den Fehlerschätzer des Integrators und die Anpassung der Zeitschritte aus. Somit ist der Aufwand für die Berechnung auf verschiedenen Systemen unterschiedlich, welches eine Abweichung in der gemessenen Laufzeit bewirkt. Da die Ergebnisse jedoch im Rahmen der gewählten Toleranzen gleich sind, ist dennoch ein Vergleich des Aufwandes möglich. Bei längeren Simulationen gleichen sich Unterschiede aus unterschiedlicher Zeitschrittadaptation zudem aus.

Während eine Simulation läuft, kann das Betriebssystem andere Aufgaben abarbeiten und somit kurzzeitig Rechenzeit/Resourcen abzwacken. Auch kann eine anlaufende CPU Kühlung bzw. Heruntertakten durch temporäres Überhitzen zu Veränderungen der Laufzeiten führen. Daher werden alle Simulationen mehrfach nacheinander ausgeführt und der jeweils schnellste Lauf ausgewertet. Bei einer entsprechend hohen Anzahl von Wiederholungen ist in der Regel eine Gleichverteilung der Simulationszeiten zu beobachten.

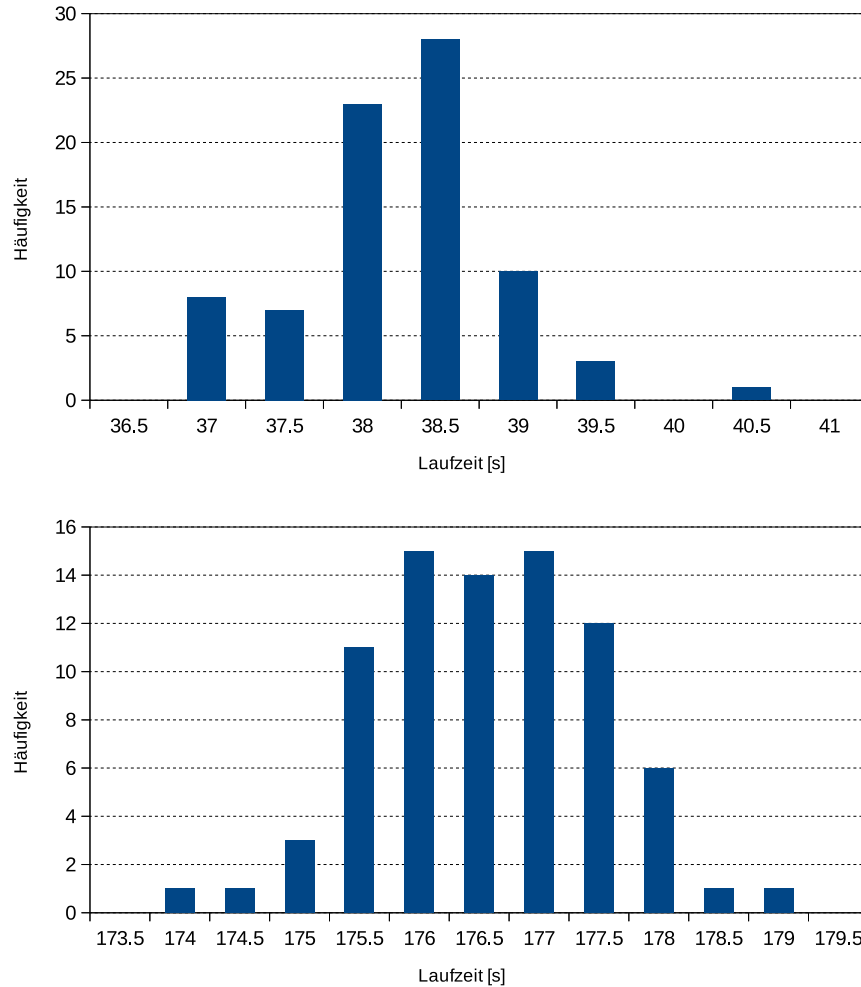


Abbildung 1: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen für Laufzeitmessungen beim 2D und 3D hydrothermischen Testfall (MiniTurbine, 4 Kerne, 80 Durchläufe)

Die dafür notwendige Anzahl Simulationsausführungen ist jedoch für einen sinnvollen Hardwarevergleich nicht zielführend, weswegen für die nachfolgenden Vergleiche wiederum der jeweils optimale Lauf verwendet wird.

1.4 Verwendete Hardware

Zwei Serversysteme (Turbine: Xeon 3,4 GHz und MiniTurbine: AMD ThreadRipper 1950x), dazu Desktopsysteme (Phoenix und Waldorf) und verschiedene Laptopgenerationen. Ein MacBookPro (alt, von 2009), welches sich dennoch ganz gut bei der Simulation mit nur einer CPU schlägt.

2 Laufzeitmessungen und Auswertungen

2.1 Gesamtvergleich

Zunächst werden die Testfälle auf ausgewählten Rechnern mit unterschiedlichen Betriebssystemen und Compilern getestet. Die Ergebnisse sind in allen Diagrammen nach der Laufzeit im `2D_Hydrothermal_medium_grid_corner` Testfall bei Verwendung einer CPU sortiert.

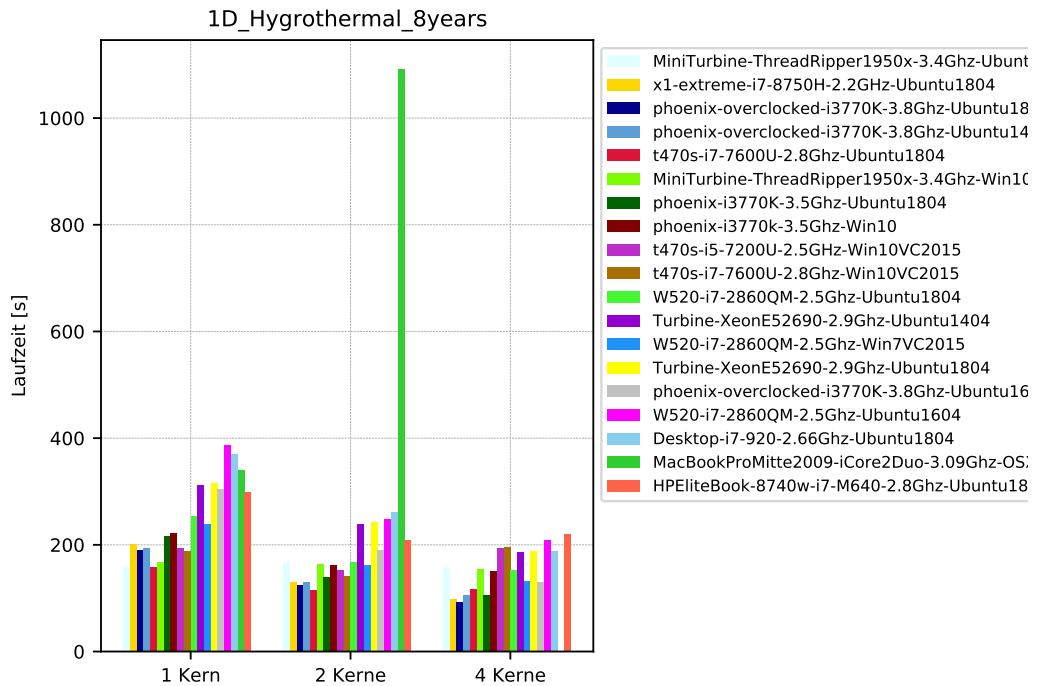
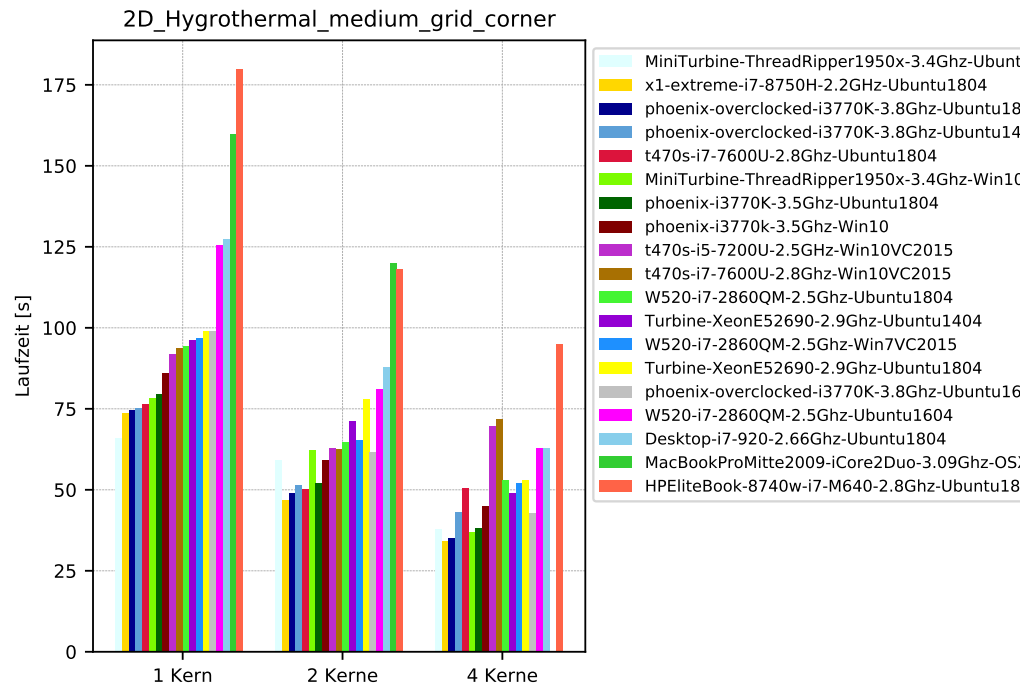


Abbildung 2: Vergleich der Laufzeiten aller Messungen, Fälle 1 und 2

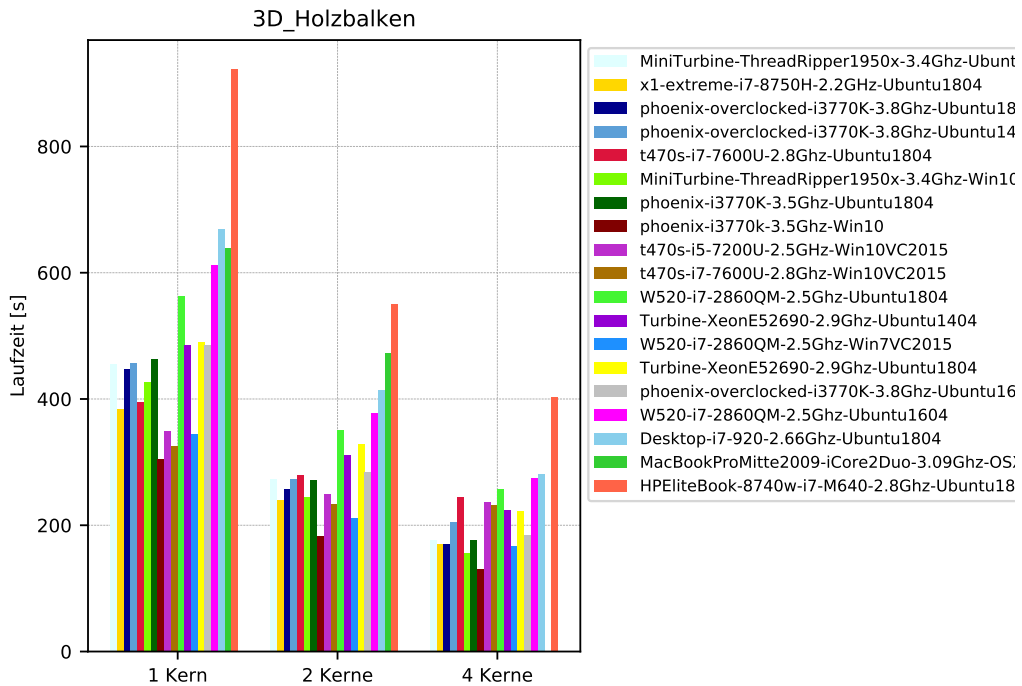
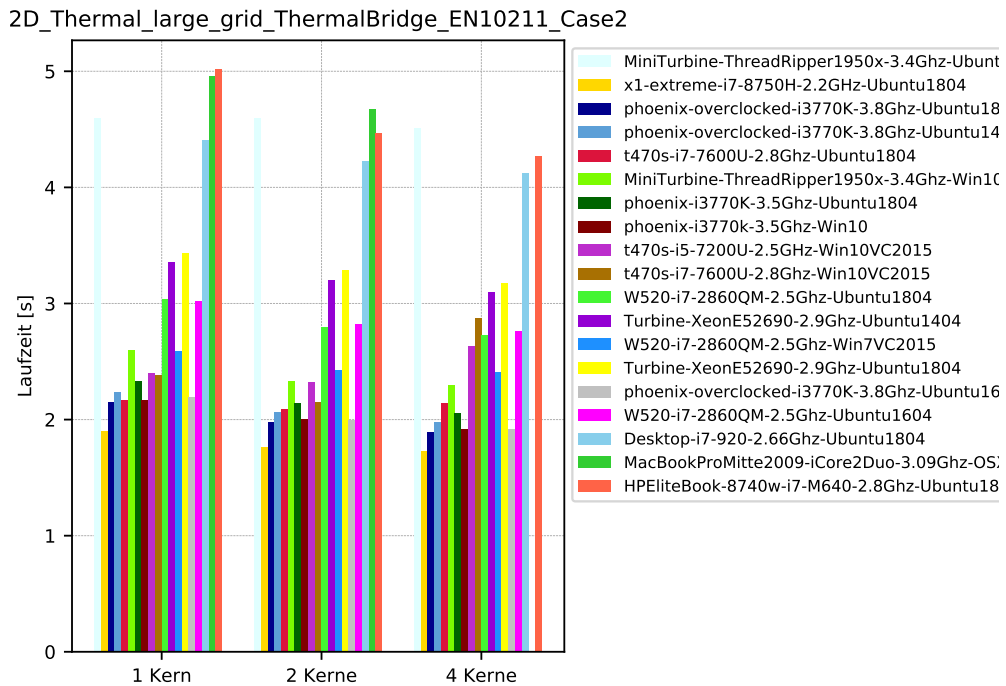


Abbildung 3: Vergleich der Laufzeiten aller Messungen, Fälle 3 und 4

Beim MacBookPro fällt auf, dass bei Ausnutzung aller 2 Kerne die Leistung beim ausgabelastigen Testfall 1D_Hygrothermal_8years deutlich (reproduzierbar) abfällt.

Beim sehr schnellen 2D Wärmebrückentest bringen die auf parallele Ausführung getrimmten Prozessoren nicht viel - der Messzeitraum ist auch zu klein, um verlässliche Vergleichsgrößen zu erhalten (entsprechend sind die Unterschiede

zwischen den Systemen in der Praxis irrelevant).

2.2 Gleiches Betriebssystem und gleicher Compiler

Vergleicht man die Laufzeiten unter dem gleichen Betriebssystem und der gleichen Compilerversion, so ist der Vergleich zumindest dahingehend fair, dass alle seriellen Berechnungen exakt gleich ablaufen (gleiche Solverschrittweiten und gleiche Anzahl von Konvergenzfehlern, Integrationsschritten etc.). Bei der parallelen Ausführung ist das naturgemäß nicht mehr gleich, jedoch hinreichend *ähnlich*.

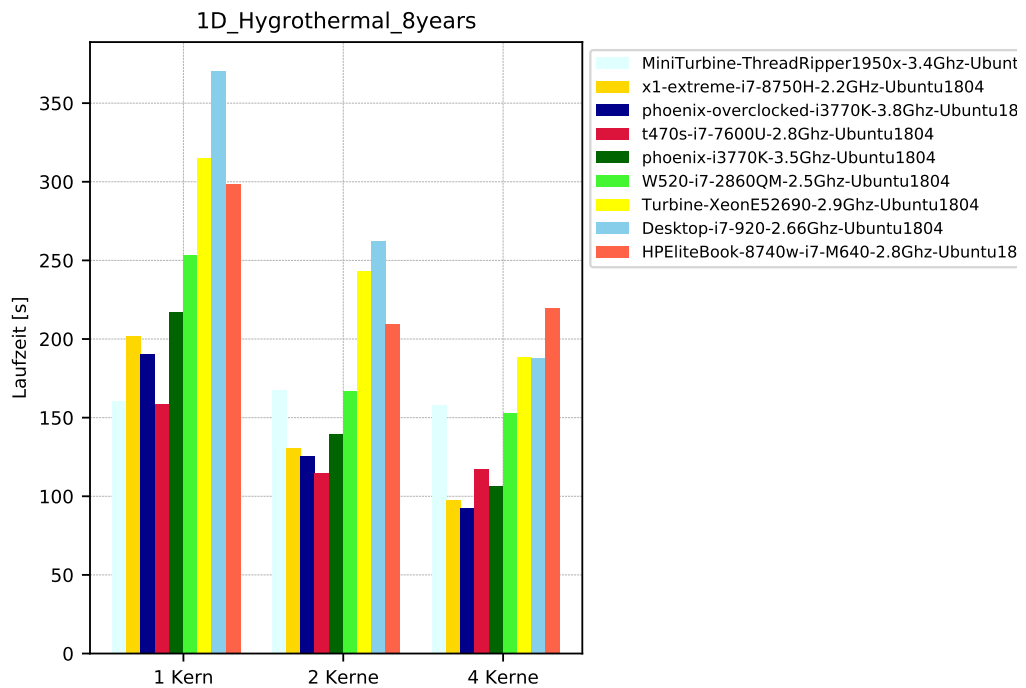
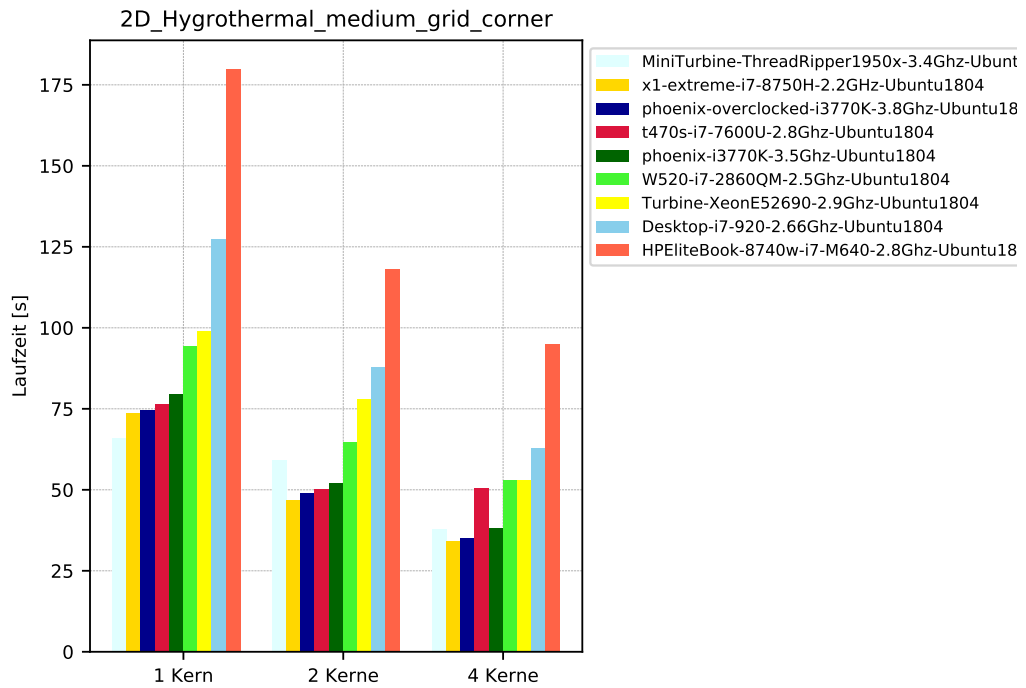


Abbildung 4: Vergleich der Laufzeiten unter Ubuntu 18.04, Fälle 1 und 2

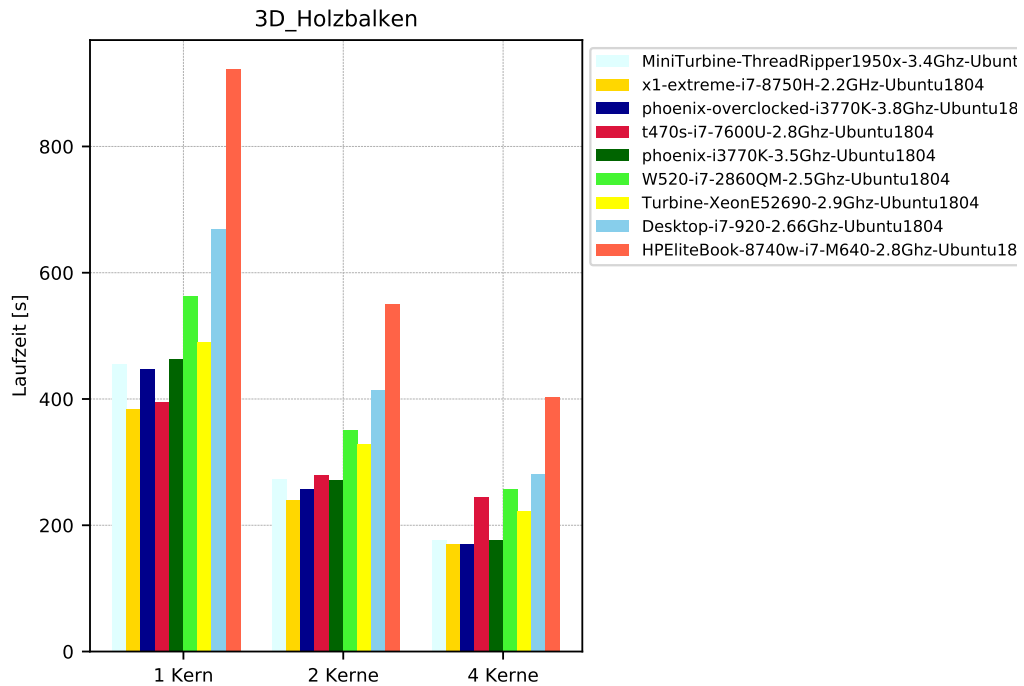
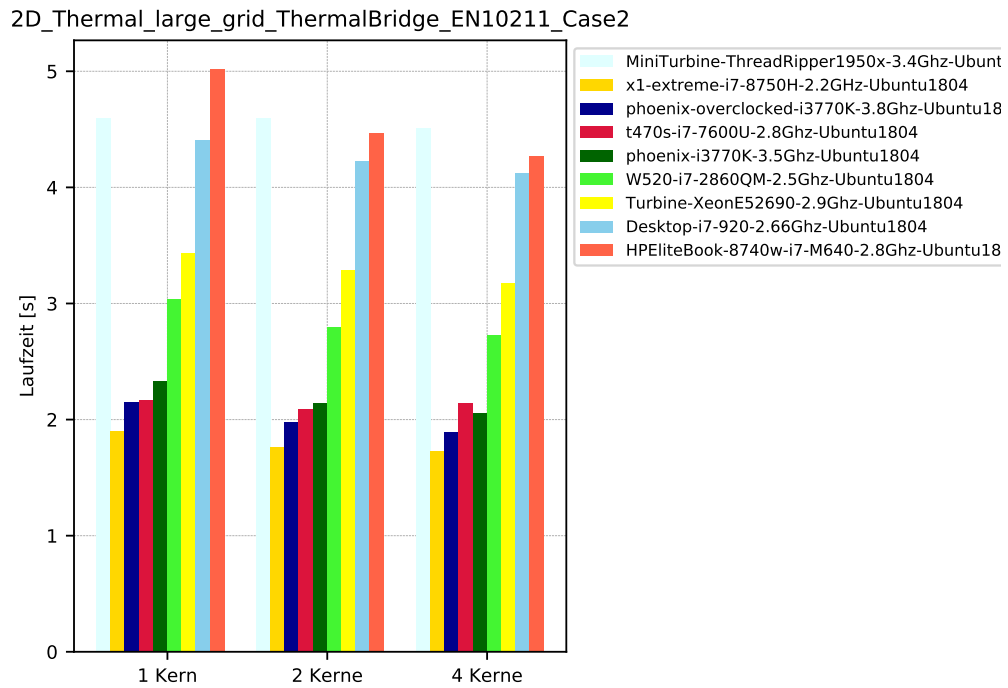


Abbildung 5: Vergleich der Laufzeiten unter Ubuntu 18.04, Fälle 3 und 4

2.3 Einfluss des Compilers

Der vom Compiler erstellte Maschinencode und die jeweilige Optimierung auf eine Hardware kann zum Teil einen erheblichen Einfluss auf die Simulationsgeschwindigkeit haben. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, war beim GCC 5.4 (Ubuntu

16.04) die Simulation systematisch langsamer, als unter Ubuntu 14.04 oder 18.04.

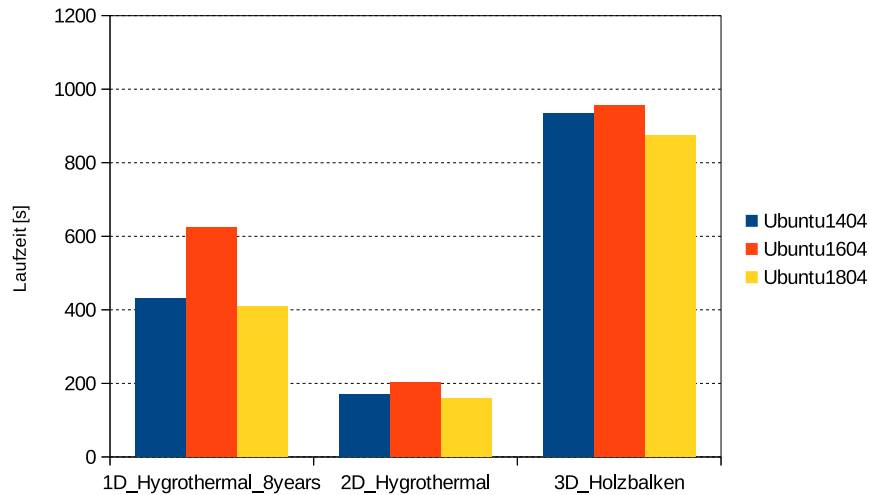


Abbildung 6: Vergleich der Ausführungszeiten auf der gleichen Hardware (Phoenix) mit verschiedenen Compiler-/Betriebssystemversionen.

2.4 Einfluss der Parallelisierung

Wie aus den Performanceergebnissen zu sehen ist, sinkt die Laufzeit bei steigender Anzahl der Kerne. Werden mehr Threads verwendet, als physische Kerne vorhanden sind, kann die Laufzeit dennoch geringer ausfallen, siehe Laufzeiten des 2-Kerners HP (i7-M640) in Abbildung 4. Bei anderen Systemen nimmt die Leistung bei mehr Kernen nicht mehr zu, siehe Laufzeiten für t470s (i7-7600U) in der gleichen Abbildung.

Bei den Serversystemen profitiert die Simulation von vielen Rechenkernen, allerdings nur am Anfang entsprechend stark (siehe Abbildung 7).

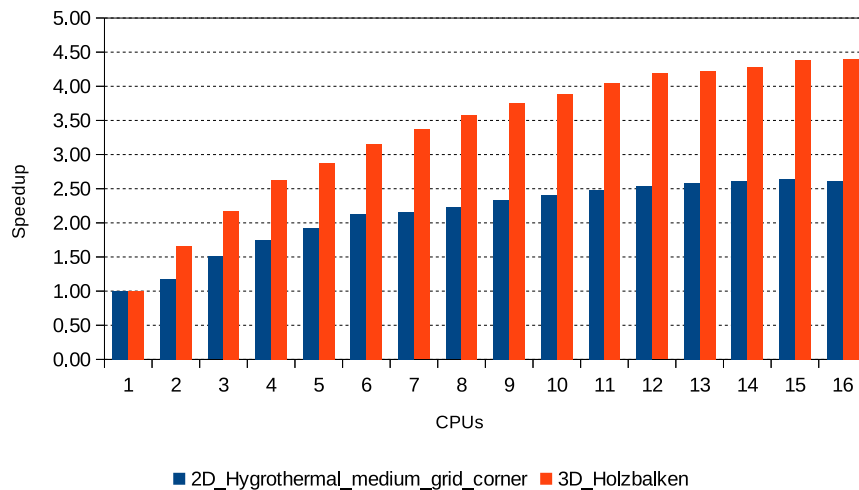


Abbildung 7: Speedup (Verhältnis Laufzeit serielle Ausführung durch parallele Ausführung) für die beiden relevanten Testfälle auf der MiniTurbine