

## Kurzfassung

Das anhaltende, immense Wachstum verteilter Rechnersysteme und Supercomputer führt zu einer kontinuierlich abnehmenden mittleren Betriebsdauer zwischen Ausfällen einzelner Komponenten, wodurch sie auch für Anwendungen mit durchschnittlicher Ausführungszeit relevant werden. Dadurch werden Fehlertoleranz Mechanismen zunehmend erforderlich, um einen Verlust des Zwischenstands der Anwendung im Fehlerfall zu vermeiden. Checkpoint/Restart ist ein häufig verwendeter Fehlertoleranzmechanismus, der es erlaubt, den internen Zustand einer Anwendung auf persistenten Speichern abzuspeichern und im Fehlerfall wieder von dem gespeicherten Zustand aufzusetzen.

Des Weiteren motiviert das anhaltende Wachstum verteilter Rechenanlagen den Einsatz von Lastverteilungsmechanismen in Hochleistungsrechnern. Diese Mechanismen setzen für gewöhnlich Virtualisierungstechniken ein, welche aufgrund der damit einhergehenden Leistungseinbußen im Widerspruch zu den Leistungsansprüchen von Hochleistungsrechnern stehen. Container-basierte Virtualisierung stellt eine vielversprechende Virtualisierungstechnik dar, welche die Leistungseinbußen Hypervisor-basierter Virtualisierungstechniken minimiert. Diese Arbeit stellt einen anwendungstransparenten Checkpoint-Mechanismus vor, der die Vorteile von Containern ausnutzt. Der entwickelte Mechanismus basiert auf einem koordinierten Checkpoint-Protokoll und sichert nicht nur den internen Zustand einzelner Prozesse, sondern gesamten Zustand aller an der Ausführung einer MPI-Anwendung beteiligten Containern auf persistentem Speicher. Dadurch wird unter anderem das Problem residualer Abhängigkeiten gelöst, welche auftreten können, wenn ein Prozess auf einem anderen Rechenknoten fortgesetzt würde. Der vorgestellte Checkpoint-Mechanismus wurde in ParaStation-MPI integriert, eine quelloffene Implementierung des MPI Standards. Als Container-Virtualisierungstechnik kommt Linux Containers (LXC) zum Einsatz, während zur Checkpoint-Generierung CRIU genutzt wird. Die Synchronisation aller Prozesse und das Erstellen der Container-Checkpoints wurde im Rahmen dieser Arbeit zu einem vollständigen Checkpoint-System für Containerumgebungen vereint.