CO_2-EFFIZIENZ IM FINANZSEKTOR: ENTWICKLUNG EINES TESTVERFAHRENS UND ANALYSE VON CLOUD- UND ON-PREMISE-BETRIEB

MANUEL MAIER (BACHELORSTUDIUM WIRTSCHAFTSINFORMATIK)

Betreuer: Prof. Dr. Silke Lechner-Greite, Prof. Dr. Florian Kellner

Der Klimawandel zählt zu den drängendsten Herausforderungen unserer Zeit. Daher ist es umso wichtiger, die Rolle der IT- und Kommunikationsinfrastruktur als bedeutenden Verursacher von CO_2 -Emissionen in den Fokus zu rücken. Insbesondere rechenintensive Branchen sind hier in der Pflicht, Energieeffizienz als wichtigen Erfolgsfaktor zu betrachten. Die Bachelorarbeit untersucht, wie Unternehmen ihren ökologischen Fußabdruck reduzieren können und betrachtet dazu die Kalkulationssoftware MARZIPAN der msg for banking ag als exemplarisches Anwendungssystem. Da Kernanwendungen von Banken oft über viele Jahre hinweg produktiv bleiben, entscheidet sich hier, ob Effizienzpotenziale dauerhaft genutzt werden können. Ziel der Bachelorarbeit ist es, die Betriebsform von MARZIPAN zu ermitteln, die den geringsten Energie und CO_2-Bedarf pro fachlichem Nutzungsvorgang verursacht: On-Premise, containerisiert oder in der Cloud.

Um diese Frage beantworten zu können, wurde ein Benchmarking-Verfahren konzipiert, das auf drei wesentlichen Säulen beruht. Es bildet reale Nutzerabläufe deterministisch nach, liefert messbare Leistungsdaten mit hoher zeitlicher Auflösung und lässt sich mit vertretbarem Aufwand sowohl auf physischer Hardware als auch in virtuellen Umgebungen betreiben. Der eingesetzte Systemtest der MARZIPAN-Software erzeugt dazu automatisiert fünf Nutzungsszenarien, die alle relevanten Module der Software miteinander verzahnen – von der Produktschablone über die Bearbeitung des Eintrags bis hin zum webbasierten Fachclient. Bei On-Premise-Servern wird die elektrische Leistungsaufnahme sekundengenau über das Redfish-Interface der Hardware ausgelesen. In Kubernetes-Umgebungen schätzt dagegen ein eBPF-basiertes Monitoring-Tool den Energiebedarf je Knoten und aggregiert ihn über die Dauer des Durchlaufs. Sämtliche Messwerte werden in einer Zeitreihendatenbank persistiert und anschließend statistisch ausgewertet, sodass jeder Einzelschritt der Analyse reproduzierbar bleibt.

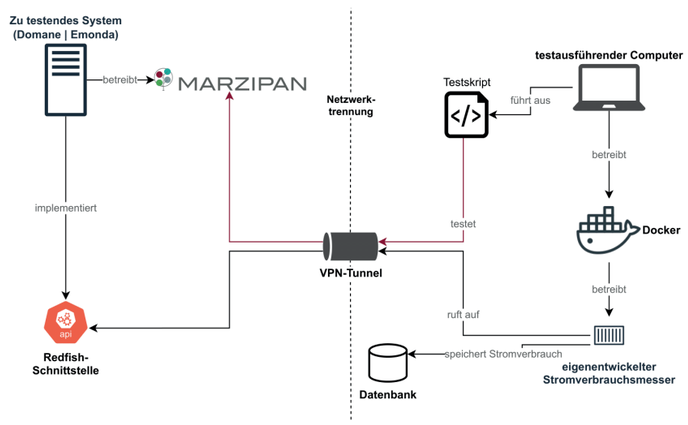

Abb. 1: Überblick über das Testsetup der On-Premise-Installation. Stromverbrauchsdaten werden über einen eigenentwickelten Redfish-Container direkt vom zu testenden System abgerufen und in einer Datenbank gespeichert. Das Testskript und der Redfish-Container greifen über einen VPN-Tunnel auf das zu testende System zu.

In dem darauffolgenden Benchmark werden zwei physische Server unterschiedlicher Leistungsklassen mit einem Azure-Kubernetes-Cluster verglichen. Die Server führen MARZIPAN einmal als klassische Applikationsserver-Installation und einmal in Docker-Containern aus. Das Cluster stellt die gleiche Software dagegen als Microservices bereit. Um Zufallseinflüsse wie etwa Hintergrundprozesse des Betriebssystems oder schwankende Netzwerklatenzen zu mitteln, wurden pro Variante mehrere vollständige Benchmark-Durchläufe aufgezeichnet.

Die Ergebnisse zeigen ein klares Effizienzgefälle zugunsten der Cloud: Im Vergleich zum energieeffizientesten Cloud-Durchlauf (4.200,9 J) verursachen die On-Premise-Installationen ein- bis zwei Mal so viel Energieumsatz (8.691,8 J / 12.548,8 J). Deutlicher wird dieser Trend in der CO_2-Bilanz pro Benchmark-Durchlauf: Der zugrunde gelegte Strommix der genutzten Rechenzentren weist einen geringeren Emissionsfaktor auf als der deutsche Strommix-Durchschnitt, der für den On-Premise-Betrieb

zugrunde gelegt wird. Bemerkenswert ist, dass die Cloud-Messungen trotz etwas längerer Ausführungszeit pro Durchlauf weniger Energie verbrauchen, was ein Indiz dafür ist, dass Lastkonsolidierung und Virtualisierung Leerlaufverluste drastisch reduzieren können.

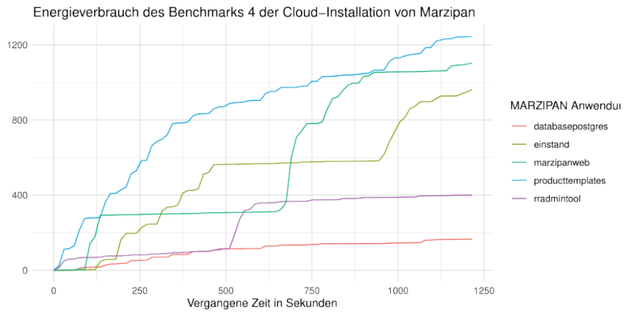

Abb. 2: Ein exemplarischer Benchmark-Durchlauf der Cloud-Installation zeigt den Energieverbrauch der verschiedenen MARZIPAN-Microservices im Zeitverlauf.

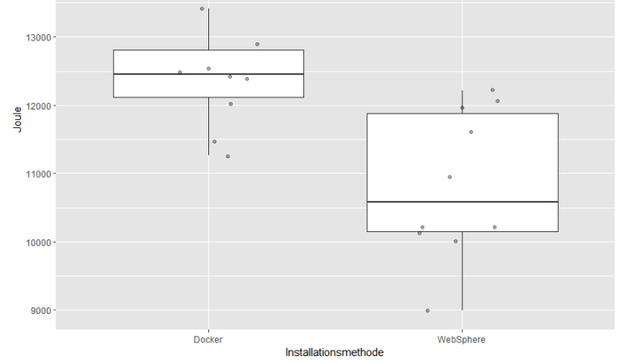

Abb. 3: Kumulierter Stromverbrauch per Benchmark des Servers “Emonda” über 10 Messungen hinweg. Containerdienste wie Docker können den Stromverbrauch messbar beeinflussen.

Ein zweiter Befund betrifft die Containerisierung: Während sich auf dem leistungsschwächeren On-Premise-Server kein signifikanter Mehrverbrauch gegenüber dem klassisch installierten Application-Server ergab, stieg der Medianwert der Container-Messungen auf dem stärkeren System merklich an. Dieses Verhalten unterstreicht, dass der Overhead von Containern eng an die konkrete Hardware und deren Auslastungsprofil gekoppelt ist und daher nicht pauschal bewertet werden kann.

In der Diskussion werden die beobachteten Differenzen technisch und betriebswirtschaftlich eingeordnet. Aus technischer Sicht profitiert die Cloud vor allem von dynamischem Ressourcen-Pooling, effizientem Thermal-Management und der hohen Packungsdichte der modernen Infrastruktur von Hyperscalern wie Microsoft oder AWS. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht können sich für Unternehmen weitere Vorteile ergeben. Neben der unmittelbaren CO_2-Reduktion sinken die Betriebskosten durch den Wegfall von On-Premise-Hardware und deren Support sowie durch eine exakt an die tatsächliche Nutzung gekoppelte Abrechnungslogik. Darüber hinaus lässt sich die hier vorgestellte Methodik problemlos auf andere Fachanwendungen übertragen, da weder proprietäre Hardware noch lizenzpflichtige Zusatzsoftware erforderlich ist.

Gleichzeitig weist die Arbeit darauf hin, dass zukünftige Einsparpotenziale nicht allein durch die Wahl des Betriebsmodells erzielt werden können. Weitere Verbesserungen versprechen energieeffiziente Serverprozessoren wie ARM, die intelligente Lastverteilung in Containernetzen sowie die CO2-bewusste Softwareentwicklung durch effiziente Algorithmen und die Minimierung der Laufzeit von Anwendungen. Das vorgestellte Benchmark-Verfahren bietet eine belastbare Messmethodik, mit der sich neue Betriebsformen, Software und Architekturentscheidungen objektiv vergleichen lassen.

Damit kann diese Arbeit allen Unternehmen als praxisorientierte Grundlage dienen, um ihre IT-Strategien systematisch an Nachhaltigkeitszielen auszurichten, und gleichzeitig einen konkreten Beitrag zur Dekarbonisierung des Softwarebetriebs leisten. Sie zeigt, dass sich die CO_2-Emissionen der Anwendung MARZIPAN durch den Umstieg auf containerisierte Cloud-Architekturen ohne Einbußen bei der fachlichen Funktionalität signifikant reduzieren lassen. Gleichzeitig eröffnet sie Möglichkeiten für weiterführende Forschung, beispielsweise zur Skalierung auf performantere Cloud-Leistungsstufen, zur Einbeziehung realer Ökostrom-Quoten einzelner Rechenzentren oder zur Integration energiebezogener Metriken direkt in das Application-Performance-Monitoring von Unternehmen.