

Josef Ressel Zentrum für angewandtes wissenschaftliches Rechnen in Energie, Finanzwirtschaft und Logistik an der Fachhochschule Vorarlberg

Steffen Finck¹ und Thomas Feilhauer¹ und Peter Kepplinger¹

¹ Josef Ressel Zentrum für angewandtes wissenschaftliches Rechnen, Fachhochschule Vorarlberg, Hochschulstrasse 1, 6850 Dornbirn, Österreich
{[steffen.finck](mailto:steffen.finck@fhv.at),[thomas.feilhauer](mailto:thomas.feilhauer@fhv.at),[peter.kepplinger](mailto:peter.kepplinger@fhv.at)}@fhv.at

Abstract. Die Forschungsziele des Josef Ressel Zentrum für angewandtes wissenschaftliches Rechnen in den drei Anwendungsbereichen werden beschrieben. Der gemeinsame Nenner dieser Ziele ist die Behandlung von komplexen Problemstellungen, welche rechenintensive Methoden zur Lösung benötigen. Als zentrales Thema, unabhängig vom Anwendungsgebiet, wird das Distributed Execution Framework beschrieben, einer Umgebung für paralleles Rechnen, die unabhängig von Programmiersprache und Computer-Plattform ist.

Keywords: distributed computing, energy, logistics, finance

1 Das Josef Ressel Zentrum für angewandtes wissenschaftliches Rechnen

Das Josef Ressel Zentrum (JRZ) für angewandtes wissenschaftliches Rechnen in Energie, Finanzwirtschaft und Logistik ist ein kooperatives Forschungsprojekt zweier Forschungszentren der Fachhochschule Vorarlberg (Prozess- und Produkt-Engineering¹ und Energie²) in Zusammenarbeit mit den Unternehmenspartnern Hypo Vorarlberg Bank AG, myPEX, Vorarlberger Landesversicherung und Vorarlberger Kraftwerke AG. Ziele der Forschung des JRZ sind die Entwicklung einer Infrastruktur für rechenintensive Problemstellungen und von Methoden zur Simulation und Optimierung für die Lösung spezifischer Anwendungsfälle aus den Bereichen Energie, Finanzwirtschaft und Logistik.

Das JRZ hat eine Laufzeit von 5 Jahren (01.01.2015 bis 31.12.2019) und beschäftigt aktuell 12 Mitarbeiter, darunter 3 Dissertanten. Seit dem 01.01.2017 wird das JRZ von Dr.-Ing. Steffen Finck geleitet. Die Förderung des JRZ erfolgt durch ein Public Private Partnership-Modell der Unternehmenspartner, des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und der Nationalstiftung für Forschung,

¹ <https://www.fhv.at/forschung/prozess-und-produkt-engineering/>

² <https://www.fhv.at/forschung/energie/>

Technologie und Entwicklung. Als Fördereinrichtung agiert die Christian Doppler Gesellschaft.

2 Forschungsziele

Auf einen ersten Blick scheinen die drei Anwendungsbereiche Energie, Finanzwirtschaft und Logistik keine Gemeinsamkeiten zu haben, betrachtet man jedoch Modellierungen diverser Problemstellungen zeigen sich Überschneidungen. Trotz der unterschiedlichen Domänen werden gleiche Strukturen (z.B. Graphen) benutzt und Vorhersagen und Entscheidungen auf Basis komplex interagierender Variablen sollen bestimmt werden. Bei der Bestimmung von Lösungen für diese Problemstellungen werden dementsprechend ähnliche Verfahren benutzt, wobei unser Interesse auf Verfahren zur Optimierung und Simulation liegt. Zusätzlich treten in allen Anwendungsbereichen Problemstellungen mit einer Vielzahl von Variablen auf, d.h. die Erzeugung von Lösungen ist rechenintensiv und zeitaufwendig. Um Lösungen in akzeptabler Zeit zu erhalten benötigt man eine entsprechende Infrastruktur, welche eine effiziente parallele/verteilte Berechnung ermöglicht. Zur Bearbeitung der Forschungsziele werden sowohl Experten aus den Anwendungsbereichen als auch der Optimierung und Simulation sowie der Informatik benötigt. Durch die Kooperation der beiden Forschungszentren und der Unternehmenspartner wird dies ermöglicht.

2.1 Energie

Im Energiebereich liegt der Schwerpunkt auf Methoden für eine verbraucherseitige Lastverschiebung, dem Demand Side Management (DSM). DSM bezeichnet das Konzept den elektrischen Energiebedarf von Verbrauchern an die Stromerzeugung anzupassen [1] [2]. Um die Integration volatiler erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung zu unterstützen, sind solche Anpassungen von besonderer Bedeutung. Ziel ist die Entwicklung autonomer Algorithmen für die verbraucherseitige Laststeuerung [3]. Basierend auf einer vom Betreiber des DSM Programms (Netzbetreiber, Energieversorgungsunternehmen, etc.) übermittelten Anreizfunktion, z.B. EPEX Day-Ahead Preis oder der erwarteten Netzlast, sollen die Energiekosten eines einzelnen Verbrauchers (z.B. Warmwasserspeicher) minimiert werden. Die Algorithmen benutzen für die Minimierung neben der Anreizfunktion nur lokal verfügbare Informationen und darauf parametrisierte physikalische Modelle. Mittels dieser Modelle können Auswirkungen von Störgrößen, wie Nutzung und Umwelteinflüsse, mitberücksichtigt werden. Im Fokus unserer Forschung stehen bestehende Geräte, die über große elektrochemische und thermische Speicherkapazitäten und ausreichend Leistung verfügen, wie z.B. Warmwasserspeicher [4], stationäre Batteriespeicher [5] [6] und Kälteanlagen. Um die Auswirkungen des vorgeschlagenen dezentralen Lastmanagements auf Verteilnetze zu evaluieren, wurde eine Lastflusssimulation [7] mit realen Verteilnetzabschnitten und Lastverläufen implementiert, die es erlaubt, autonome Lasten einzubinden und verschiedene Anreizfunktionen zu analysieren [8].

2.2 Finanzwirtschaft

In der Finanzwirtschaft basieren Entscheidungen oftmals auf der Auswertung stochastischer Modelle zur Vorhersage der Entwicklung relevanter Größen, z. B. Preismodelle für Assets in der Portfoliooptimierung [9]. Ergebnisse sind dann Aussagen über das Risiko des Portfolios [10] [11] [12]. Zusätzlich können Nebenbedingungen, wie Transaktionskosten und Diversifikationsanforderungen, modelliert werden. Berücksichtigung solcher Nebenbedingungen führt häufig zu nichtlinearen oder simulationsbasierten Problemstellungen, welche mittels dynamischer Programmierung [13] oder speziellen Algorithmen [14] [15] gelöst werden können. Die Schwerpunkte der Forschung im JRZ liegen auf Analysen von Portfolios mit verschiedenen und neuartigen Finanzinstrumenten, Umsetzung von Worst-Case Suchen unter der Annahme plausibler Szenarien [16] und die Betrachtung mehrstufiger Entscheidungsprozesse [17]. Neben der Betrachtung von klassischen Asset Portfolios soll diese Verfahren auch für Stresstests von Banken eingesetzt werden³.

2.3 Logistik

Obwohl Tourenplanungsprobleme in der Logistik eine lange Historie haben [18], erfordern neue Anforderungen auch neue Lösungen. Analog zum Finanzbereich ergeben sich durch die Einbeziehung weiterer Nebenbedingungen [19] [20] komplexere Problemstellungen, welche neue oder angepasste Methoden zur Lösung benötigen. Im JRZ betrachtete Nebenbedingungen sind Zeitfenster für Abholung und Anlieferung, heterogene Fahrzeugflotten, technische Beschränkungen wie Fahrzeugkapazitäten und Unsicherheiten bezüglich Reisezeiten [21] [22] und Nachfragen [23] [24]. Ein verfolgter Ansatz ist die Weiterentwicklung von Lösungsverfahren, welche auf der Adaptive Large Neighborhood Suche [25] basieren. Im speziellen sind Operationen zur (zeitlich) schnellen Modifikation von Routen gesucht, um dynamisch auf Änderungen der Anforderungen reagieren zu können [26] [27].

3 Beitrag des JRZ zu Transfer, Innovation und Vorsprung am Beispiel des DEF

Für alle beschriebenen Problemstellungen gilt, dass eine Vielzahl von flexiblen akademischen Lösungsansätzen existiert, diese aber selten in die Industrie transferiert werden. Neben speziellen Softwareanforderungen, sind vor allem unterschiedliche Anforderungen, im Speziellen an Verfahren für Optimierung, Modellierung und Simulation, in Industrie und Wissenschaft, ein Hindernis. In der Wissenschaft sollen Verfahren möglichst genau sein, z.B. Bestimmung globaler Optima, und Lösungen für Problemstellungen mit hoher Komplexität liefern. Benötigte Ressourcen stehen eher selten im Vordergrund, Vergleiche von Verfahren basieren oft auf empirischen

³ Bilanzpositionen werden dabei als die Assets des Portfolios betrachtet.

Auswertungen an bekannten und wohldefinierten Problemstellungen^{4,5} und die Verfahren benötigen oft eine Vielzahl an spezifischen Parametern, die eine signifikante Auswirkung auf die Performance haben. In der Industrie sollen dagegen Lösungen für unbekannte Probleme unter Ressourcenbeschränkungen bestimmt werden, und Verfahren sollen robust und anwenderfreundlich sein, d.h. kein Expertenwissen für Verfahrensparameter notwendig. Um hierfür einen Transfer zwischen Wissenschaft und Industrie zu erleichtern, entwickeln wir das Distributed Execution Framework (DEF) [28].

Die wichtigste Funktionalität des DEF ist die anwendungsübergreifende Zurverfügungstellung effizienter Bibliotheksroutinen für Auswertungen aus unterschiedlichen Domänen. Es erlaubt Entwicklern von Bibliotheksroutinen, ihre Verfahren anderen Nutzern des DEF zugänglich zu machen, damit diese die Routinen in ihre Anwendungen einbinden und auf dem DEF ausführen können. Um für eine bestimmte Problemstellung geeignete Routinen aus der Bibliothek zu finden, stellt das DEF eine Taxonomie über die Eigenschaften der den Routinen zugrunde liegenden Algorithmen zur Verfügung. Ein wesentlicher Punkt, der für die Akzeptanz des DEF bei Nutzern und Entwicklern wichtig ist, ist die Unabhängigkeit von der Programmiersprache und der Computer-Plattform. Entwickler können ihre Routinen in einer beliebigen Programmiersprache implementieren und DEF-Nutzer können ihre Anwendungen ebenfalls in einer beliebigen, von den darin verwendeten Bibliotheksroutinen unabhängigen, Programmiersprache schreiben. Die Aufrufe der Routinen erfolgt aus der Applikation heraus über eine für das DEF entwickelte API. Das DEF, das über eine Webservice-Schnittstelle an die Client-Applikation angebunden ist, kümmert sich um die Abarbeitung der Bibliotheksroutinenaufrufe. Die zweite wichtige Eigenschaft des DEF ist die Unterstützung einer parallelisierten Abarbeitung der DEF-Anwendungen zur Skalierung wissenschaftlicher Verfahren auf industrielle Problemstellungen. Dies erfolgt über einfache Anweisungen im Anwendungsprogramm des Nutzers, wodurch z.B. Daten bereitgestellt werden können und Tasks für eine parallelisierte Verarbeitung definiert werden können. Das DEF erlaubt das Erzeugen von Clustern mit einer beliebigen Anzahl an Worker-Knoten. Dazu setzt das DEF auf Cloud-Technologien, die es ermöglichen, die Cluster sowohl innerhalb als auch außerhalb einer Institution zu betreiben.

Durch den Einsatz des DEF versprechen wir uns a) einfacheren Zugang zu innovativen Verfahren für industrielle Anwender und b) Informationen über das Verhalten der Algorithmen bei komplexen, öffentlich nicht zugänglichen Problemen, welche zur Verbesserung benutzt werden können. Im Rahmen des JRZ, wird dabei das DEF den beteiligten Unternehmenspartnern zur Verfügung gestellt.

Danksagung. Diese Arbeit wird finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und die Nationalstiftung für Forschung, Technologie und Entwicklung.

⁴ Comparing continuous optimisers, <http://coco.gforge.inria.fr/doku.php>

⁵ A constrained and unconstrained testing environment, revisted, <http://www.cuter.rl.ac.uk/>

Literaturverzeichnis

- [R. Sharifi, S. H. Fathi und V. Vahidinasab, „A review on Demand-side tools
1] in electricity market,“ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd. 72, pp. 565-572, 2017.
- [P. Siano, „Demand response and smart grids - A survey,“ *Renewable and
2] Sustainable Energy Reviews*, Bd. 30, pp. 461-478, 2014.
- [P. Kepplinger, G. Huber und J. Petrasch, „Demand Side Management via
3] Autonomous Control-Optimization and Unidirectional Communication with Application to Resistive Hot Water Heaters,“ in *e-nova 2014*, 2014.
- [P. Kepplinger, G. Huber und J. Petrasch, „Autonomous optimal control for
4] demand side management with resistive domestic hot water heaters using linear optimization,“ *Energy and Buildings*, Bd. 100, pp. 50-55, 2015.
- [B. Fäßler, P. Kepplinger, M. L. Kolhe und J. Petrasch, „Decentralized on-site
5] optimization of a battery storage system using one-way communication,“ in *International Conference on Renewable Power Generation (RPG 2015)*, 2015.
- [B. Fäßler, P. Kepplinger und J. Petrasch, „Decentralized price-driven grid
6] balancing via repurposed electric vehicle batteries,“ *Energy*, Bd. 118, pp. 446-455, 2017.
- [U. Ghatak und V. Mukherjee, „A fast and efficient load flow technique for
7] unbalanced distribution system,“ *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Bd. 84, pp. 99-110, 2017.
- [B. Fäßler, M. Schuler und P. Kepplinger, *Autonomous, Decentralized Battery
8] Storage Systems for Load Balancing in Low Voltage Distribution Grids*, 7th International Symposium on Energy, Manchester, England, 2017.
- [M. Jandačka und D. Ševčovič, „On the risk-adjusted pricing-methodology-
9] based valuation of vanilla options and explanation of the volatility smile,“ *Journal of Applied Mathematics*, Bd. 3, pp. 235-258, 2005.
- [P. Artzner, F. Delbaen, J.-M. Eber und D. Heath, „Coherent Measures of
10] Risk,“ *Mathematical Finance*, Bd. 9, Nr. 3, pp. 203-228, 1999.
- [R. T. Rockafellar und S. Uryasev, „Optimization of Conditional Value-at-
11] Risk,“ *Journal of Risk*, Bd. 2, Nr. 3, pp. 21-41, 2000.
- [H. Föllmer und A. Schied, „Convex measures of risk and trading constraints,“
12] *Finance and Stochastics*, Bd. 6, Nr. 4, pp. 429-447, 2002.
- [R. Bellman, „Dynamic Programming and Lagrange Multipliers,“
13] *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Bd. 42, Nr. 10, pp. 767-769, 1956.
- [H. G. Beyer und S. Finck, „On the Design of Constraint Covariance Matrix
14] Self-Adaptation Evolution Strategies Including a Cardinality Constraint,“ *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Bd. 16, Nr. 4, pp. 578-596, 2012.

- [H.-G. Beyer, S. Finck und T. Breuer, „Evolution on trees: On the design of an
15] evolution strategy for scenario-based multi-period portfolio optimization under
transaction costs,“ *Swarm and Evolutionary Computation*, Bd. 17, pp. 74-87,
2014.
- [T. Breuer und I. Csiszár, „Systematic stress tests with entropic plausibility
16] constraints,“ *Journal of Banking & Finance*, Bd. 37, Nr. 5, pp. 1552-1559, 2013.
- [T. Breuer, M. Jandačka, J. Mencia und M. Summer, „A systematic approach
17] to multi-period stress testing of portfolio credit risk,“ *Journal of Banking &
Finance*, Bd. 36, Nr. 2, pp. 332-340, 2012.
- [G. B. Dantzig und J. H. Ramser, „The Truck Dispatching Problem,“
18] *Management Science*, Bd. 6, Nr. 1, pp. 80-91, 1959.
- [T. Vidal, T. G. Crainic, M. Gendreau und C. Prins, „Heuristics for multi-
19] attribute vehicle routing problems: A survey and synthesis,“ *European Journal
of Operational Research*, Bd. 231, Nr. 1, pp. 1-21, 2013.
- [R. Hartl, G. Hasle und G. Janssens, „Special issue on Rich Vehicle Routing
20] Problems,“ *Central European Journal of Operations Research*, Bd. 14, Nr. 2, pp.
103-104, 2006.
- [G. Laporte, F. Louveaux und H. Mercure, „The Vehicle Routing Problem
21] with Stochastic Travel Times,“ *Transportation Science*, Bd. 26, Nr. 3, pp. 161-
170, 1992.
- [D. Taş, N. Dellaert, T. v. Woensel und T. d. Kok, „Vehicle routing problem
22] with stochastic travel times including soft time windows and service costs,“
Computers & Operations Research, Bd. 40, Nr. 1, pp. 214-224, 2013.
- [M. Gendreau, G. Laporte und R. Séguin, „Stochastic vehicle routing,“
23] *European Journal of Operational Research*, Bd. 88, Nr. 1, pp. 3-12, 1996.
- [A. L. Erera, J. C. Morales und M. Savelsbergh, „The Vehicle Routing
24] Problem with Stochastic Demand and Duration Constraints,“ *Transportation
Science*, Bd. 44, Nr. 4, pp. 474-492, 2010.
- [S. Ropke und D. Pisinger, „An adaptive large neighborhood search heuristic
25] for the pickup and delivery problem with time windows,“ *Transportation
Science*, Bd. 40, Nr. 4, pp. 455-472, 2006.
- [G. Berbeglia, J.-F. Cordeau und G. Laporte, „Dynamic pickup and delivery
26] problems,“ *European Journal of Operational Research*, Bd. 202, Nr. 1, pp. 8-15,
2010.
- [V. Pillac, M. Gendreau, C. Guéret und A. L. Medaglia, „A review of dynamic
27] vehicle routing problems,“ *European Journal of Operational Research*, Bd. 225,
Nr. 1, pp. 1-11, 2013.
- [T. Feilhauer und M. Sobotka, „DEF-a programming language agnostic
28] framework and execution environment for the parallel execution of library
routines,“ *Journal of Cloud Computing*, Bd. 5, Nr. 1, p. 20, 2016.

