



**Peter Pagel**  
Chefredakteur



**Stefan Schulte**  
Technische Universität Wien

## Fog Computing

Im Gegensatz zu Cloud Computing ist der Begriff Fog Computing nicht allgemein bekannt. Der Chefredakteur des Informatik-Spektrums, Peter Pagel, sprach dazu mit Stefan Schulte, Associate Professor in der Distributed Systems Group der Technischen Universität Wien, einem der Autoren der Artikel zum Thema Fog Computing in dieser Ausgabe.

1. Fog Computing ist keines der ganz großen Buzzwords heute, wie Cloud Computing oder Big Data. Können Sie kurz beschreiben, was damit gemeint ist?

Fog Computing basiert auf der Idee, Methoden und Prinzipien des Cloud Computings (insbesondere die Virtualisierung physikalischer Ressourcen) auf Geräte, die sich am Rande des Netzwerks sowie im Netzwerk selbst befinden, anzuwenden. Bekanntermaßen besteht die Cloud aus zentralen (privaten oder öffentlichen) Rechenzentren, welche dem Nutzer IT-Ressourcen physikalischer Server in Form von Virtuellen Maschinen (VMs) zur Verfügung stellen.

Analog besteht „der Fog“ aus virtualisierten IT-Ressourcen, die sich über das gesamte Netzwerk erstrecken können. Dabei kann es sich sowohl um ein Firmen-internes Netzwerk als auch um das Internet handeln. Zu diesen IT-Ressourcen gehören neben Cloud-basierten VMs eine Vielzahl anderer Entitäten, welche Kapazitäten in Form von Rechenleistung oder Speicher zur Verfügung stellen können, beispielsweise Router, Sensorknoten oder Basisstationen in Mobilfunknetzen. Mittlerweile werden auch dedizierte Fog-Hardwareplattformen von Anbietern wie Nebbiolo Technologies oder TTech angeboten, welche selbst bereits kleine Datenzentren am Rande des Netzwerks darstellen. Gerade in der Forschung werden außerdem gerne Einplatinencomputer wie der Raspberry Pi zum Aufbau von Fog-Netzwerken genutzt.

Die Grundidee des Fog Computing ist, die virtualisierten IT-Ressourcen vieler Geräte – von der Cloud bis zum Rande des Netzwerks – miteinander zu kombinieren, um darauf beliebige Applikationen ausführen zu können. Dabei ergänzt Fog Computing die Cloud dadurch, dass IT-Ressourcen, welche sich näher am Nutzer oder an den Datenquellen befinden, genutzt werden können.

2. Welche Vorteile bietet Fog Computing in der Datenverarbeitung?

Fog Computing kann insbesondere bei Applikationen hilfreich sein, bei denen Latenz eine große Rolle spielt. Beispielsweise kann die Zeit vom Senden von Daten in eine Cloud bis zum Empfang der verarbeiteten Daten durch den Sender bereits zu Verzögerungen führen, welche in Mobilitäts- oder Industrieszenarien unerwünscht sind. Dies gilt selbst dann, wenn sich die zusätzliche Verzögerung vielleicht nur im Bereich von 100 bis 200 Millisekunden bewegt. Dadurch, dass Fog Computing IT-Ressourcen am Rande des Netzwerks mit der Cloud kombiniert, könnten z. B. zeitkritische Applikationen nah an den Datenquellen gehostet werden, während für weniger zeitkritische Applikationen VMs in einer Cloud verwendet werden können.

Weiterhin reduziert Fog Computing die Menge an Daten, die über öffentliche Netzwerke gesendet werden müssen, da die Daten bereits „vor Ort“ (vor-)verarbeitet werden.

### 3. Kann Fog Computing auch eine Rolle beim Thema Datenschutz spielen?

Im Hinblick auf Datenschutz gibt es beim Fog Computing unterschiedliche Wahrnehmungen. Auf der einen Seite wird argumentiert, dass Fog Computing im Hinblick auf Datenschutz hilfreich sein kann, da eben nicht alle Daten in die Cloud gesendet werden müssen, wie es heute z. B. im „Internet of Things“ (IoT) ein gängiger Ansatz ist. Die Verwendung von Cloud-Ressourcen ist insbesondere dann kritisch zu beurteilen, wenn personenbezogene Daten, z. B. von Körpersensoren, durch Cloud-basierte Applikationen ausgewertet werden sollen.

Verfügt der Nutzer jedoch auch über IT-Ressourcen am Rande des Netzwerks, z. B. auf dem lokalen Internetrouter, können die entsprechenden Rohdaten lokal in der Fog verarbeitet werden. Nur im Notfall oder auf ausdrücklichen Wunsch des Nutzers werden verarbeitete Daten über die Cloud beispielsweise mit dem behandelnden Arzt geteilt.

Auf der anderen Seite wird es in Zukunft jedoch auch öffentliche Fog-Netze geben, so wie heute bereits öffentliche WLAN-Netze existieren. Verwendet ein Nutzer die IT-Ressourcen eines solchen öffentlichen Netzes, so ist nicht zweifelsfrei nachvollziehbar, wo Daten gespeichert oder verarbeitet werden, und wer darauf zugreifen kann. Dies ist mit ähnlichen Problemen im Cloud Computing vergleichbar und stellt einen zentralen Forschungsbedarf im Bereich Fog Computing dar.

### 4. Inwieweit kann Fog Computing helfen, die Herausforderungen beim Thema IoT zu meistern?

Tatsächlich ist die Anwendung von Fog Computing insbesondere dann vielversprechend, wenn Daten dezentral erhoben und verwendet werden, wie es im IoT der Fall ist.

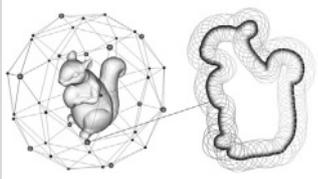
Die vorhin genannte Überlegung, dass IoT-Daten vor allem in der Cloud verarbeitet werden sollen, stellt ja nicht nur aus Geheimhaltungs- und Datenschutzgründen eine Herausforderung dar, sondern auch im Hinblick auf die sehr großen Datenmengen, die von den bereits heute vorhandenen sieben Milliarden IoT-Geräten generiert werden. Diese Zahl soll bis 2025 auf geschätzte 21,5 Milliarden steigen. Auch Latenz ist in vielen IoT-Szenarien ein kritischer Faktor.

Selbst mit 5G und den anscheinend unlimitierten IT-Kapazitäten der öffentlichen Cloud ist es daher notwendig, Möglichkeiten zu finden, um die Datenmengen im IoT zu reduzieren. Fog Computing ist hierfür ein wichtiger Lösungsansatz, damit Daten lokal und dezentral verarbeitet werden können, jedoch auch über die Cloud veröffentlicht und geteilt werden können. Ich möchte jedoch noch einmal hervorheben, dass Fog Computing die Cloud nicht ersetzen, sondern nur ergänzen kann.

*Dr.-Ing. Stefan Schulte*

*ist Associate Professor in der Distributed Systems Group der Technischen Universität Wien. Seine Forschung beschäftigt sich mit Fragestellungen im Bereich Verteilte Systeme, insbesondere mit dem Internet of Things sowie Blockchain-Technologien. Ergebnisse seiner Forschung wurden in über 100 begutachteten Veröffentlichungen präsentiert. Er ist Mitglied und Betreuer im Horizon 2020 European Training Network „Fog Computing for Robotics and Industrial Automation“ (FORA).*

**Peter Pagel**  
**Chefredakteur**



### Deskriptor zur Lageerkennung

Das Bild veranschaulicht einen, an der Hochschule RheinMain in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Ulrich Schwanecke (siehe auch <http://cvmr.info>) zusammen mit Dr. Henning Tjaden entwickelten Ansatz für einen konturbasierten Deskriptor zur Template Matching-basierten La-

geerkennung von Objekten. Dieser erlaubt es die relative Lage eines Objekts (im vorliegenden Fall der dargestellten Eichhörnchenfigur) zu einer Kamera die dieses Objekt sieht, effizient zu bestimmen. Die Eckpunkte des in der Darstellung einmal unterteilten Icosaeders entsprechen dabei Positionen zu denen diese Deskriptoren berechnet und abgespeichert werden. Jeder Deskriptor kodiert dabei aktuelle lokale Farbverteilungen (zeitlich konsistente lokale Farbhistogramme) entlang der Kontur des Objekts. Der Ansatz ist hierarchisch, d.h. um die relative Lage eines Objekts zu einem Kamerabild

zu finden, wird zunächst überprüft, ob eine Ansicht, die mit den roten Kugeln verknüpft ist, grob passt. Ist dies der Fall, wird noch einmal für die fünf benachbarten blauen Ansichten genauer geprüft. Die Details des Verfahrens werden in <https://ieeexplore.ieee.org/document/8237285> beschrieben und können unter <https://youtu.be/BWijumoG88s> betrachtet werden. Die Arbeiten sind Teil der Dissertation von Dr. Henning Tjaden welcher inzwischen in der Industrie an der Weiterentwicklung dieser Technologie für zukünftige Augmented Reality Anwendungen arbeitet.