

## Künstliche Intelligenz erobert die IT

von Dr. Simon Hoff

Künstliche Intelligenz (KI) ist inzwischen an vielen Stellen ein fester Bestandteil unseres Alltags und zu einem Grundbestandteil von einer Vielzahl von Diensten und Anwendungen geworden. Beispiele sind sprachbasierte Assistenzsysteme wie Amazon Echo (bzw. Alexa), Sprachübersetzungen z.B. mit dem Google Übersetzer und Chat Bots, die automatisiert Nutzeranfragen beantworten. Autonomes Fahren im Straßenverkehr ist ohne KI zur Erkennung der Umwelt undenkbar. Fehlentscheidungen einer KI könnten hier jedoch höchst gefährliche Konsequenzen haben.



KI ist daher ohne Zweifel in vielen Bereichen auch mit Risiken verbunden. Um diese Risiken einschätzen zu können, betrachten wir zunächst kurz die Techniken, die bei KI zum Einsatz kommen, und untersuchen dann Beispiele für aktuelle Anwendungsbereiche insbesondere in der Informationssicherheit genauer. Es wird sich dabei zwar zeigen, dass KI ausgesprochen erstaunliche Potentiale, jedoch auch höchst interessante Nebenwirkungen haben kann und neue Angriffsvektoren ermöglicht. Daher muss überlegt werden, welche Sicherheitsmaßnahmen hier erforderlich und nach dem aktuellen Stand der Entwicklung auch möglich sind.  
weiter ab Seite 8

## Verteilte, parallele Dateisysteme

Definition, Geschichte und aktueller Stand von Hochleistungs-Dateisystemen

von Dr. Markus Ermes

In den meisten Unternehmen haben Daten einen enormen Wert. Seien es Pläne für neue Produkte, die die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens sicherstellen sollen oder Daten, die aufgrund rechtlicher Vorgaben verfügbar sein müssen. Diese Daten befinden sich im Allgemeinen auf einem zentralen Speicher, der ausfallsicher und ausreichend performant dimensioniert ist. In manchen Bereichen, z.B. Medienbearbeitung oder

Big Data, kann die Skalierbarkeit eines zentralen Systems allerdings an seine Grenzen stoßen. Auch bei einem Zugriff vieler verschiedener Clients auf ein einzelnes Storage-System kann das Storage-Netzwerk einen Flaschenhals bilden. In diesem Fall bietet sich an, die Daten auf viele „kleinere“ Server zu verteilen, die dann ein großes Dateisystem bilden und zusammen die Anfragen von Clients beantworten und so eine bes-

sere Auslastung des Netzwerks erreichen. Dies kann mit verteilten, parallelen Dateisystemen erreicht werden.

In diesem Artikel sollen die Geschichte dieser Technologie sowie die technischen Grundlagen erläutert werden. Dabei werden sowohl Vor- als auch Nachteile beschrieben und aktuelle Beispiele für deren Einsatz aufgeführt.

weiter auf Seite 20

Geleit

## Das Netzwerk der Zukunft: warum es existiert und was anders als bisher ist

auf Seite 2

Standpunkt

## Security by Design: Leichter gesagt als getan

auf Seite 16

Aktuelle Kongresse

### IT-Infrastruktur für das Gebäude der Zukunft

Neues Seminar

### Sicherheit in IoT und Industrieller IT

## Netzwerk-Forum

ab Seite 3

auf Seite 17

Geleit

# Das Netzwerk der Zukunft: warum es existiert und was anders als bisher ist

Unser ComConsult Netzwerk Forum 2019 stellt das Thema "Das Netzwerk der Zukunft" in den Vordergrund. Anders formuliert: die Frage, wie sich der Bedarf entwickelt und was man von der Planung bis zum Betrieb machen muss, um diesen Bedarf abzudecken.

Wie immer bei unseren Foren erarbeiten im Moment unsere Research-Teams das Basis-Material für das Forum. Projekt-Erfahrungen des laufenden Jahres werden ausgewertet, wir sprechen mit den Produktverantwortlichen der Hersteller und wir entwickeln unsere eigene Analyse des zukünftigen Bedarfs. Schon jetzt ist klar: dies wird ein großes und wichtiges Forum, vielleicht das wichtigste der letzten 10 Jahre.

An dieser Stelle sollen zwei Beispiele dazu dienen, die Brisanz der aktuellen Entwicklungen aufzuzeigen:

- **Der mobile Mitarbeiter**  
Der Trend zum mobilen Mitarbeiter im Unternehmen, sei es im Rahmen von New Work Konzepten oder einfach nur im Rahmen einer Verschiebung der Endgeräteausrüstung wird von allen Analysten gesehen und mit einer gewissen Gelassenheit betrachtet. Wir wissen, dass die Verkaufszahlen weg gehen von Desktop-PCs und sich mehr und mehr einer Kombination aus Smartphone und Laptop zuwenden. Dies macht auch inhaltlich Sinn, auch wenn die Frage nach Wirtschaftlichkeit und Betrieb gestellt werden muss. Wir reden im Moment vielleicht im Durchschnitt über alle Unternehmen von 30% der Teilnehmer, bald werden es 50% sein. Die Frage muss hier gestellt werden: hat dies keine Konsequenzen für unsere IT-Infrastrukturen und dabei speziell für Netzwerke?

- **Das Gebäude der Zukunft oder auf Neudeutsch: Das Smart-Building**  
Wir erleben eine Riesenwelle durch den europäischen Markt im Bereich der Automatisierung neuer und auch bestehender Gebäude. Die Liste der Projekte erfasst die Mehrheit der deutschen und europäischen Top 500-Unternehmen und die Welle wird eigentlich nur durch einen Engpass an Ressourcen begrenzt. Die technische Basis der Gebäudeautomatisierung ist die zunehmende Installation von Sensoren in allen Technik-Bereichen eines Gebäudes: Beleuchtung, Stromversorgung, HKL, Aufzüge, Rolltreppen, Zugang, Überwachung ... Die Liste ist schier unendlich. Und die Hersteller von Sensortechnik überschlagen sich mit Neuentwicklungen. Die Zielsetzungen für die Investoren sind einfach: besse-



re und optimale Nutzung von Gebäuden mit hoher Effizienz bei gleichzeitig niedrigen Betriebskosten. Zwischen dem Sensor und diesen heren Zielen liegen nun unsere IT und TGA-Infrastrukturen. Sensordaten müssen zu einer Auswertung gebracht werden, diese muss die verschiedensten Bereiche eines Gebäudes integrieren und aus der Auswertung müssen Handlungen abgeleitet werden können. Handlungen in diesem Zusammenhang sind auch das Schalten von Aktoren. Für den Mitarbeiter im Gebäude soll dabei alles schöner und besser werden. Wir haben also Sensoren, Aktoren und ein intelligentes Schaltzentrum, das über alle Technologien im Gebäude hinweg auswertet, schaltet und optimiert. Dieses Schaltzentrum liegt zu 99% aller Fälle in einem sogenannten digitalen Zwilling des Gebäudes in der Cloud. Anders formuliert: alle Technologien eines Gebäudes werden mit der Cloud verschaltet und von dort gesteuert. Und was liegt zwischen dem Sensor und der Cloud: das Netzwerk.

## Wo sind jetzt in diesen Beispielen Herausforderungen für Netzwerke?

### 1. Wireless-Infrastrukturen

Der mobile Mitarbeiter arbeitet wireless. Prima, haben wir doch jetzt schon und alles funktioniert, oder? Nun zum einen funktioniert wireless nicht immer. Funkstörungen sind ein weites Feld. Und dann ist es so, dass zum Beispiel die bisherige WLAN-Technik ab einer bestimmten Menge an Teilnehmern in einer Zelle in der Performance schlicht kollabiert. Das fällt bei Email und Textverarbeiten oder beim Chatten nicht auf, aber wenn der Anspruch ist, dass der mobile Mitarbeiter zunehmend auch Video als Kommunikationsform einsetzt und dabei Funkti-

onen wie Proximity oder Präsentieren vom Smartphone aus benutzen soll, dann wird es interessant. Die bisherige WLAN-Zugangstechnik namens DCF ist dafür eindeutig nicht geeignet. Klarer formuliert: Mobilität mit DCF wird scheitern! Nun gibt es dafür hoffentlich eine Lösung in Form von 11ax, auch wenn hier erhebliche Herausforderungen im Detail des Verfahrens liegen (werden wir natürlich auf dem Forum besprechen). Aber das greift zu kurz. Wer die Zukunft von wireless auf DCF kontra ax reduziert, der übersieht Sensorik auf Basis ZigBee und EnOcean oder auch die schöne neue 5G-Welt.

Konsequenz: In den nächsten 5 Jahren wird eine komplett neu ausgerichtete Wireless-Welt entstehen. Diese müssen wir jetzt verstehen und das technische Fundament gestalten.

### 2. Netzwerke in Smart Buildings: der neue Horror

Sensoren und ihre Verbindung in die Cloud sind der planerische Horror, wenn gleichzeitig Sicherheit und Verfügbarkeit gewährleistet werden sollen. Das Smart Building wird definitiv angreifbar sein und mit einem erheblichen Bedrohungspotenzial verbunden sein. Wer glaubt, dass hier ein paar mehr VLANs schon ausreichen werden, der springt als Tiger ab und landet als Miezekatze. In Projekten sprechen wir zum Teil von mehreren Tausend VLANs, die in solchen Umgebungen benötigt werden. Zudem kommen hier Kabel und Wireless zusammen. Viele der etablierten Technologien wie NAC versagen schlicht bei den neuen Teilnehmern. Und noch schlimmer: wer ist eigentlich zuständig. Hier kommen die Welten der TGA und der IT zusammen und es ist glaube ich fair im Durchschnitt davon auszugehen, dass die TGA nicht genug über Netzwerke versteht und die IT kaum einen Schimmer von Gebäudeautomatisierung hat. Ein brauchbares Design entsteht aber nur, wenn wir beide Bereiche integrieren. Wir diskutieren auf dem Forum wie das gemacht werden kann.

Brauchen Sie mehr Beispiele oder ist es an dieser Stelle deutlich, dass das Netzwerk der Zukunft anders aussehen wird. Mehr und andere Teilnehmer im Rahmen neuer technischer Prozesse setzen einen neuen Rahmen.

Dies müssen wir jetzt angehen. Versäumen Sie nicht dabei zu sein. Dies wird ein wirklich wichtiges Netzwerk-Forum.

Ich freue mich auf die Diskussion mit Ihnen auf dem Forum.

Ihr Dr. Jürgen Suppan

## Künstliche Intelligenz erobert die IT

# Künstliche Intelligenz erobert die IT

Fortsetzung von Seite 1



Dr. Simon Hoff ist technischer Direktor der ComConsult Beratung und Planung GmbH und blickt auf jahrelange Projekterfahrung in Forschung, Standardisierung, Entwicklung, Planung und Betrieb in den Bereichen IT-Sicherheit, lokale Netze und mobile Kommunikationssysteme zurück.

## 1. Grundbegriffe der KI

Im Zusammenhang mit dem Begriff KI fallen immer wieder die Begriffe Maschinelles Lernen, Künstliche Neuronale Netze, Deep Learning und Big Data.

**Maschinelles Lernen (ML)** bedeutet, dass ein künstliches System aus Beispieldaten ähnlich wie aus Erfahrungen Wissen erlernt und dieses anschließend adaptiv auf andere Eingabedaten anwenden kann. In den Lerndaten werden Muster und Gesetzmäßigkeiten erkannt, die dann auch in unbekanntem Daten gefunden werden können. Es handelt sich also um einen selbstadaptiven Algorithmus.

**Künstliche Neuronale Netze (KNNs)** sind Netze aus künstlichen Neuronen als Modelle für die Informationsverarbeitung. Sie bilden ein Teilgebiet der KI. Die Neuronen sind in verschiedenen Schichten von der Eingabeschicht über verborgene interne Schichten bis zu Ausgabeschicht angeordnet und miteinander über gewichtete Kanten verbunden, so dass der Output eines Neurons als Input für das nächste Neuron dient. Durch eine Trainingsphase werden in Analogie zum menschlichen Nervensystem die Gewichtungen so angepasst (also verstärkt oder abgeschwächt), dass durch vorgegebene Eingaben ein Lernerfolg manifestiert wird.

**Deep Learning** bezeichnet einen Teilbereich des Maschinellen Lernens. Es werden komplexe KNNs mit mehreren Zwischenschichten (deswegen „deep“) genutzt und große Datenmengen verarbeitet. Im Gegensatz zum reinen Maschinellen Lernen geschieht die Identifikation der Muster und Gesetzmäßigkeiten der Lerndaten nicht durch den Menschen, sondern das KNN sucht durch „Try and Error“ selbstständig nach ihnen.

**Big Data** nennt man die Suche nach Mustern und Beziehungen in sehr großen komplexen Datenmengen mit den Mitteln KI aber auch der Statistik bzw. Stochastik. Hierbei bezieht sich das Wort „Big“ auf die drei Dimensionen Datenvolumen, Geschwindigkeit, mit der die Datenmengen generiert und transferiert werden sowie Bandbreite der Datentypen und -quellen.

## 2. Beispiele für Anwendungen von KI

Um die Bandbreite der Anwendungspalette von KI zu illustrieren, werden im Folgenden exemplarisch aus der Vielzahl der Anwendungsbereiche Beispiele herausgegriffen.

### Spracherkennung

Spracherkennung ist ein Klassiker der KI. Hier hatten wir ja schon Alexa erwähnt. Sprachanalyse benötigt jedoch Rechenleistung und die interessante Frage ist, wo

bei Alexa diese Rechenleistung liegt? Natürlich in der Cloud, wo sonst! Das bedeutet, dass zunächst die an Alexa gerichteten Sprachkommandos über das Internet an die Amazon Cloud geschickt und dort analysiert und ggf. nach einer weiteren Sprachinteraktion mit dem Nutzer auch dort ausgeführt werden (z.B. Bestellungen „Alexa: Bitte bestell meine Lieblingspizza“). Die Ergebnisse können aber auch an das initierende Gerät, z.B. Amazon Echo-Plus, zurück geschickt werden und als Kommando lokal ausgeführt werden („Alexa: Mach das Licht im Wohnzimmer an“), wie in Abbildung 1 gezeigt.

### Bildverarbeitung

In der Bildverarbeitung ist KI ebenfalls stark präsent. Eine Gesichtserkennung per KI kann zur Authentisierung genutzt werden, wie es z.B. mit Face ID am iPhone X geschieht. Autonome Fahrzeuge im Straßenverkehr wären ohne eine Auswertung von Videodaten undenkbar.

Die Augmented Reality basiert darauf, dass etwa auf einem Smartphone reale Bilder der Umgebung zielgerichtet mit Zusatzinformationen versehen werden. Dies ist nicht nur für den Consumer-Bereich (Pokémon GO ist hier ein sehr schönes Beispiel von Augmented Reality) interessant. In der Industrie 4.0 gibt es Anwendungen, in denen Pläne von noch im Bau befindlichen Anlagen in ein Bild einge-

Künstliche Intelligenz erobert die IT

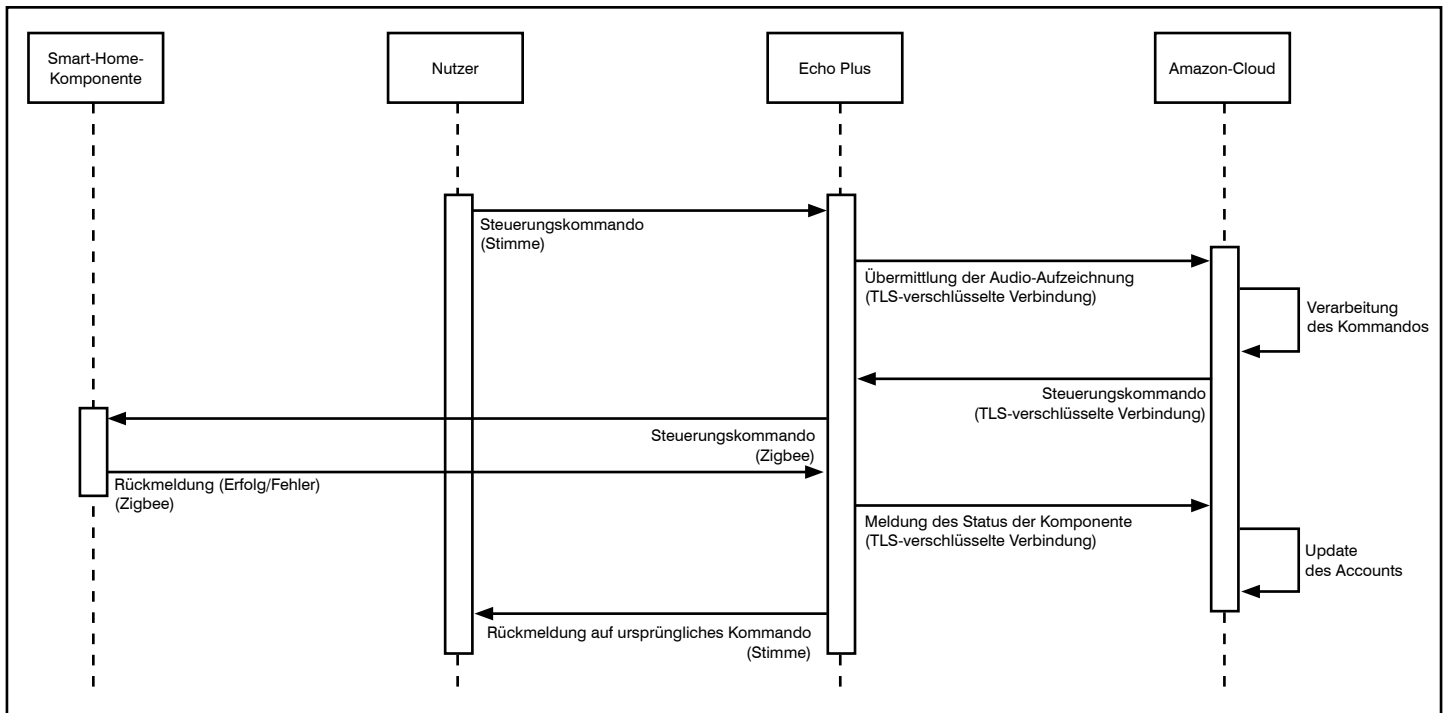


Abbildung 1: Steuerung von Smart-Home-Komponenten über Amazon Echo Plus

blendet werden oder das Bild einer bestehenden Anlage mit Konstruktionsplänen überlagert oder der vermutete Ort einer Fehlermeldung in den Eingeweiden einer Anlage eingeblendet wird.

Auch in der Medizin zeigt sich das Potential von KI etwa in der Telemedizin bei der Analyse von Patientenverhalten in einer Videokonferenz oder bei der Bildanalyse zur Hautkrebserkennung.

**Videokonferenzen / Meeting Solutions**  
 Auch in den Bereichen von Videokonferenzen und Meeting Solutions werden inzwischen KI-basierte Mehrwertdienste eingesetzt. Die Firma Cisco hat hier schon erste Schritte auf ihrem Weg der geplanten fünf Stufen von Sprachrobotern zur Nutzung in Videokonferenzen / Meeting Solutions umgesetzt (siehe <https://blogs.cisco.com/news/when-ai-joins-your-meeting>). Auch wenn die gesamte geplante Entwicklung noch Jahre benötigt und noch recht futuristisch klingt, so ist doch ein Anfang gemacht. Erste sogenannte Meeting Bots können nach ihrer Aktivierung durch Sprachaufforderungen wie „Join the meeting“ die Einwahl und Anmeldung in Konferenzen übernehmen und der Teilnehmer kann sich auf die eigentliche Konferenz konzentrieren.

Doch diese Bots sollen bald noch mehr können. In Stufe 2 sollen sie der Konferenz in ganz groben Zügen folgen können auf einem Niveau der Art „Wer nimmt an der Konferenz teil, welche Dateien werden

genutzt“. Außerdem sollen sie in der Lage sein, sprachliche Befehle wie „Erinnere den Teilnehmer xyz daran, die Präsentation an das Team zu senden“ umzusetzen.

Für Stufe 3 ist geplant, dass die Bots auch semantisch der Konferenz folgen können. Sie sollen einzelne Themen unterscheiden können und eine grobe Zusammenfassung und Analyse der Konferenz erstellen können. Hierfür sollen sie auch firmen- und branchenspezifische Wissensdatenbanken, Fachlexiken und FAQs nutzen können.

Level-4-Bots sollen dann bereits als intelligente Teilnehmer einer Konferenz in diese eingreifen können, indem sie z. B. Hintergrundmaterial wie Veröffentlichungen o. ä. zu einem behandelten Thema liefern. Außerdem sollen sie in einer Konferenz getroffene Vereinbarungen und Ziele erkennen und die Teilnehmer an ihre Einhaltung und Umsetzung erinnern. Besonders interessant ist, dass diese Bots auch nonverbale Kommunikation deuten können sollen.

Während die Bots von Level 4 noch einzelne Teams dabei unterstützen sollen, ihre Ziele umzusetzen, sollen die Bots von Level 5 die Verständigung zwischen diesen Teams verbessern. Ein solcher Bot soll in allen Konferenzen anwesend sein und dadurch Querverbindungen zwischen den einzelnen Teams finden. Dies können überlappende Themen, die Einbeziehung geeigneter Mitarbeiter anderer Teams und ähnliche Aspekte sein. Durch den Inhalt aller Konferenzen und weitere Informatio-

nen aus sozialen Firmennetzen wie Chat und Email-Daten sollen die Level-5-Bots in der Lage sein, die Umsetzung der Firmenziele zu verbessern.

Aber was für Firmen nach einer interessanten Effizienzsteigerung und Verbesserung aussieht, kann für den einzelnen Mitarbeiter auch angsteinflößend sein, wenn es zukünftig Instanzen geben soll, die alles aufzeichnen, korrelieren und protokollieren, was in irgendwelchen Konferenzen, E-Mails und Chats gesagt wird. Der Übergang zu einer totalen Überwachung ist fließen und wie solche Bots konform zur Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) gestaltet und genutzt werden können, ist noch recht unklar.

**Software-Entwicklung**

Die moderne Softwareentwicklung ist geprägt von immer kürzeren Zyklen der Auslieferung neuer Software Releases. Vor gar nicht allzu langer Zeit wurden Software Releases jährlich, halbjährlich oder quartalsweise ausgeliefert. Mit der agilen Softwareentwicklung hat sich aber inzwischen eine Zykluszeit von zwei Wochen oder sogar weniger etabliert. Natürlich muss die Software in jedem Zyklus getestet werden und bei Zyklen von zwei Wochen oder weniger ergibt sich in der Software-Entwicklung ein Zustand des Continuous Testing. Dies wiederum stellt sehr hohe Anforderungen an die Erzeugung, Auswahl und Parametrierung von Test Cases und erfordert eine kontinuierliche und automatisierte Durchführung der Test Cases.

# Verteilte, parallele Dateisysteme

## Definition, Geschichte und aktueller Stand von Hoch- leistungs-Dateisystemen

Fortsetzung von Seite 1



Dr. rer. nat. Markus Ermes hat im Bereich der optischen Simulationen promoviert und Artikel in verschiedenen Fachzeitschriften veröffentlicht. Teil seiner Promotion waren Planung, Aufbau und Nutzung von verteilten und Höchstleistungs-Rechenclustern (HPC). Bei der ComConsult Beratung und Planung GmbH berät er Kunden im Bereich Rechenzentren, wobei seine Hauptaufgaben bei Netzwerken, Storage und Cloud-basierten Diensten liegen. Seine Kenntnisse im HPC-Bereich geben zusätzlich Einblicke in modernste Hochleistungstechnologien (CPU, Storage, Netzwerke), die in Zukunft auch im Rechenzentrum Einzug erhalten können.

### 1. Motivation

Aktuelle, zentrale Storage-Lösungen bieten eine Vielzahl von Funktionen für die Datenhaltung. Diese umfassen Ausfallsicherheit auf vielen Ebenen, aber auch spezielle Techniken zur Reduktion der „real“ gespeicherten Daten. Darunter fallen Deduplizierung sowie Thin Provisioning für Virtualisierungslösungen.

Trotz all dieser sinnvollen Funktionen ergibt sich bei zentralen Storage-Systemen aber eine Herausforderung bei der Skalierung. Die Kosten für eine entsprechend skalierbare Lösung können sehr hoch ausfallen. Außerdem ist ein gleichzeitiger Zugriff vieler Systeme auf die Daten häufig durch die Bandbreite der Netzanbindung des zentralen Systems begrenzt. Hier hat sich auch gezeigt, dass Netzwerk-Technologien jenseits von Fibre Channel (FC), z.B. Ethernet und Infiniband, ihre Bandbreiten wesentlich schneller erhöht haben als FC, so dass auch die Nutzung einer anderen Netzwerktechnologie sinnvoll sein kann.

Speziell bei hochgradig parallelen Berechnungen – Beispiele sind hier Big Data und High Performance Computing (HPC) – bei denen Tausende bis zu Millionen von Prozessen gleichzeitig auf Daten zugrei-

fen müssen, wünscht man sich daher eine Storage-Technologie, die besser skaliert.

Zusätzlich gewinnen hyper-konvergente Systeme, die sogenannte Hyper-Converged Infrastructure (HCI), immer mehr an Bedeutung. Diese Systeme sollen per Design ein abgeschlossenes System bilden, das nicht auf zentrale Komponenten angewiesen ist, sondern „nur noch“ eine Netzwerk-Infrastruktur benötigt. Der Storage befindet sich dabei in den einzelnen Knoten einer HCI und muss auf irgendeine Art und Weise sowohl ausfallsicher als auch zusammengefasst und performant sein.

All diese Anforderungen können verteilte, parallele Dateisysteme (Distributed Parallel Filesystems – DPFS) erfüllen. Die beiden Hauptszenarien für den Einsatz sind dabei parallele Berechnungen und Virtualisierungsumgebungen. Die zugrundeliegende Technik ist aber in beiden Fällen nahezu identisch und lediglich die Details für den Zugriff unterschiedlich.

### 2. Definition

Schon der Name „verteilte, parallele Dateisysteme“ beinhaltet die wesentlichen Funktionen der Technologie:

Einerseits werden die auf einem DPFS gespeicherten Daten auf viele verschiedene Systeme verteilt. Diese Systeme sind in vielen Fällen, speziell im HPC-Umfeld, dedizierte DPFS-Server. Es ist aber auch möglich, den lokalen Speicher von Clients in das DPFS einzubinden. Dabei stellen sich sämtliche Speicherressourcen gegenüber den Clients – je nach Konfiguration – als ein oder mehrere Dateisysteme dar. Dies ist ein Ansatz, der besonders bei der Nutzung in Virtualisierungsumgebungen zu finden ist.

Andererseits sind diese Dateisysteme „parallel“, d.h. einzelne Dateien werden nicht nur auf einem einzelnen System vorgehalten, sondern parallel auf mehreren Systemen. So kann beispielsweise bei einer Datei mit einer Größe von 100GB bei einem DPFS mit 100 Servern jeweils 1GB auf jedem Server abgelegt werden. Dabei kommen in vielen Fällen auch RAID-ähnliche Mechanismen zum Einsatz, um eine Redundanz zu ermöglichen.

Diese beiden Mechanismen sind maßgeblich für ein DPFS. Sonstige Funktionen wie Kompression, Deduplikation oder Thin Provisioning werden in vielen Fällen unterstützt, sind aber keine Voraussetzung für ein DPFS.

Verteilte, parallele Dateisysteme

3. Geschichte

Die Entwicklung von parallelen Dateisystemen begann 1992 bei IBM. Hier wurde es unter dem Namen „Vesta“ zwischen 1992 und 1995 entwickelt. 1994 erfolgte die Vermarktung als „Parallel I/O File System“ (PIOFS).

Abgelöst wurde PIOFS von GPFS (General Parallel File System), welches 1998 in AIX Einzug erhielt. Ursprünglich wurde es konzipiert, um hohe Datenraten für Multimedia-Anwendungen (speziell Video-schnitt) zu erreichen.

Die Vorzüge eines solchen Dateisystems wurden auch im HPC-Umfeld schnell erkannt, und so wurden und werden DPFS in vielen Supercomputern der aktuellen Top500-Liste genutzt, um die Ergebnisse von aufwendigen Simulationen zu speichern. Speziell der parallele Zugriff vieler Tausende bis zu Millionen von Prozessen auf das Speichersystem ist bei einem DPFS deutlich performanter als die Nutzung eines einzelnen, zentralen Speichers.

In den folgenden Jahren wurden im HPC- aber auch im sonstigen Unix-Umfeld weitere DPFS entwickelt, die für unterschiedliche Nutzungsszenarien optimiert waren.

Jenseits dieser Nischen-Anwendungen sind parallele Dateisysteme bekannter geworden, als sie für Googles Infrastruktur und später für diverse Cloud-Dienste verwendet wurden. So nutzt Google bspw. das speziell für die Websuche optimierte „Google File System“.

Endgültigen Einzug in das Rechenzentrum fanden parallele Dateisysteme mit Nutanix (Nutanix Distributed File System – NDfs) und VMware vSAN (ehemals VMware Virtual SAN). Bei diesen Produkten wird der lokal verfügbare Speicher der genutzten Server zusammengefasst, Redundanzen aufgebaut und als Ganzes allen beteiligten Servern zur Verfügung gestellt. Dabei ist es sogar möglich, für einzelne Dateien oder Verzeichnisse unterschiedliche Redundanzen und sonstige Funktionen zu konfigurieren.

4. Funktionsweise

So einfach die Definition eines DPFS ist, so sind die technischen Grundlagen doch kompliziert im Vergleich zu klassischen Storage-Lösungen (SAN / NAS). Die große Herausforderung bei parallelen Dateisystemen ist das Verteilen von Dateifragmenten auf eine große Anzahl von beteiligten Servern. Während bei einem klassischen RAID Dateien gleichmäßig auf die Blöcke von Festplatten verteilt werden

und keine Informationen zu den eigentlichen Daten benötigt werden. Da diese Redundanz auf Blockebene funktioniert, ist dabei die effektive Größe eines RAIDs durch die Festplatte mit der geringsten Kapazität vorgegeben. Diese Beschränkungen gelten für ein DPFS nicht. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, dass ein DPFS einen Mechanismus zur Verfügung stellt, mit dem die genaue Aufteilung und Position einer jeden Datei im Dateisystem protokolliert wird.

Dieser Mechanismus wird von sog. „Meta-data-Servern“ (MDS) bereitgestellt. Diese werden sowohl beim Schreiben als auch beim Lesen von Dateien von den Clients genutzt, um die jeweiligen Dateien zu verteilen oder wieder zusammenzusetzen. Da bei einer großen Zahl von Clients auch hier schnell ein Flaschenhals entstehen kann, verfügen die allermeisten parallelen Dateisysteme über die Möglichkeit, mehrere MDS zu nutzen. Die Informationen zu den Speicherorten der Dateien können dabei entweder vollständig auf allen MDS vorhanden sein, oder diese Information wird ebenfalls aufgeteilt, beispielsweise auf Verzeichnis-Ebene.

Die eigentliche (verteilte, parallele) Speicherung der Dateien erfolgt auf dem sog. „Object Data Storage“ (ODS). Dabei können verschiedene Speicher-Bauelemente genutzt werden. So können, falls vorhanden, bestehende SAN-Komponenten genutzt werden, aber auch lokal angebundener Speicher oder (in einigen Fällen) Cloud-Speicher.

Die Verbindung von MDS und ODS ermöglicht dabei eine genaue Aufteilung von Dateien auf eine nahezu beliebige Anzahl von Servern. Dieses Zusammenspiel ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die genaue Positionierung von MDS und ODS kann sich unterscheiden. Manche Implementierungen trennen MDS und ODS, manche kombinieren sie.

Ein nicht zu unterschätzender Aspekt ist auch die Sicherheit eines solchen Systems. So muss stets sichergestellt sein, dass die Client-Anfragen auch erlaubt und korrekt sind. Die hierfür eingesetzten Mechanismen können bei jeder Implementierung variieren und werden daher an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

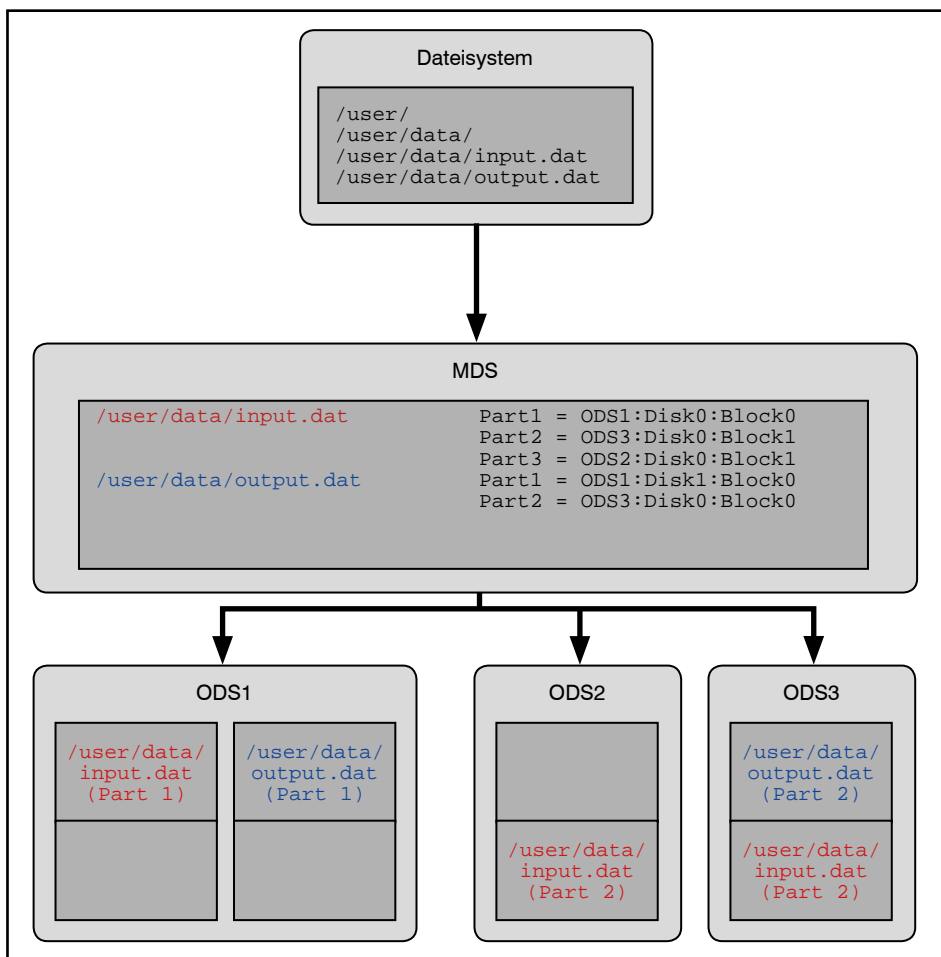


Abbildung 1: Aufteilung einer Datei in einem DPFS; Zusammenspiel zwischen MDS und ODS

# Anmeldung

## ComConsult Research Informationsservice

Verpassen Sie keine wichtigen Informationen mehr und tragen Sie sich in unserem ComConsult Research Informationsservice ein.

Unser Informationsservice informiert Sie regelmäßig per E-Mail und per Post über aktuelle Entwicklungen in der IT-Branche und über unsere Veranstaltungen und Neuerscheinungen. Der Service umfasst unser monatliches Magazin „Der Netzwerk Insider“, sowie regelmäßige E-Mails über unser aktuelles Produktangebot. Darüber hinaus senden wir Ihnen im Bedarfsfall unsere Technologie-Standpunkte und Technologie-Warnungen zu aktuellen Entwicklungen zu.

Anrede

Name

Firma

E-Mail-Adresse

oder online unter

<https://www.comconsult-research.de/insider/>