

WDR setzt auf Application Performance Management

Erfolgreiche Generalprobe bei der Fußball-Europameisterschaft

Der Westdeutsche Rundfunk will mit Hilfe eines Datenreduktionsverfahrens die Übertragungskapazitäten in seinem WAN (Wide Area Network) erhöhen. Ein erster Test dieser Technologie unter realistischen Bedingungen fand bei der Fußball-Europameisterschaft in Portugal statt. Mit Hilfe des Kölner IT-Lösungsanbieters NK Networks & Services wurden mehrere „Sequence Reducer“ des amerikanischen Herstellers Peribit Networks installiert, die beim WDR eine durchschnittliche Datenreduktion zwischen 50 und 60 Prozent ermöglichten.

Deutschlands TV-Zuschauer waren an den ersten Tagen der Fußball-Europameisterschaft 2004 in Portugal besser dran, als die meisten Fans des runden Leders im Gastgeberland. Denn zu Beginn des Großereignisses gab es dort Tonausfälle und andere Probleme, während in Deutschland die Übertragungen in gewohnter technischer Qualität abliefen. Der Westdeutsche Rundfunk (WDR) in Köln, der im Auftrag der ARD für die gesamte Infrastruktur verantwortlich war, hatte dafür die optimalen Voraussetzungen geschaffen.

Die knapp 150 Techniker, die vor Ort in Portugal für den reibungslosen Ablauf der insgesamt 75 Stunden Fußball-Übertragungen der ARD-TV-Sender sorgten, verlegten dazu in Stadien, Studios und im deutschen Mannschafts-Quartier in Almancil über 50 Kilometer Kamerakabel, 54 Kilometer Videokabel und 26 Kilometer Audiokabel. Herzstück aber war das Sende- und Redaktionszentrum im Pavilhao Atlantico von Lissabon, mitten im ehemaligen Expo-Gelände. Auf 1.200 Quadratmeter im International Broadcasting Center (IBC) – davon entfielen alleine rund 250 auf ARD und ZDF – liefen alle Fäden zusammen.

54 mobile Räume entstanden dort, die wiederum durch 18 Kilometer Kabel jeglicher Art mit einander verbunden waren – für Computer, Telefone und weitere technische Geräte. An 24 Schnittplätzen konnten die Reporter ihre Beiträge erstellen und dabei auf eine mobile Produktionseinheit (MPE) zurückgreifen, die für derartige Großveranstaltungen extra angeschafft wurde. Insgesamt erforderte der Transport des Equipments sieben Sattelschlepper.

ATM-Strecke mit hoher Bandbreite

Die Übertragung der Sendungen nach Deutschland fand über eine angemietete ATM-Strecke (Asynchronous Transfer Mode) mit einer Bandbreite von 45 Mbit/s statt. „Davon hatten wir jeweils eine Bandbreite von 2 Mbit/s für die Datenkommunikation und die Telefonie sowie die Übertragung von Rundfunkbeiträgen ausgekoppelt“, berichtet Heiko Gentzsch, der beim WDR in Köln für den Netzwerkbereich verantwortlich ist.

Während der Live-Übertragungen konnten die Redakteure so von Lissabon aus auf den Rechercheserver in der Domstadt zugreifen, um in Datenbanken Statistiken abzufragen oder bestimmte vorbereitete Sequenzen oder „Konserven“ aus dem Archiv in der Zentrale ohne Zeitverzug einzuspielen. Auch der Zugriff auf Agenturmeldungen, Recherchen im Internet, Groupware-, Office- und SAP-Anwendungen sowie der gesamte E-Mail-Verkehr liefen über diese Datenleitungen.

Zwischen den Spielorten in Faro und Lissabon, zwischen Porto und Braga, in Coimbra, Guimaraes, Leiria und Aveiro waren vier eigene Ü-Wagen der ARD unterwegs, im deutschen Lager stand ein weiterer. Erstmals wurde bei diesem Großereignis kein zentrales Studio verwendet, sondern die Techniker bauten in den jeweiligen Spielorten jeweils ein Studio auf- und wieder ab. Da in der Vorrunde mehrfach zwei Spiele am gleichen Tag stattfanden, eine logistische Meisterleistung – wie der gesamte Ablauf bei diesem Mega-Event. Denn nicht nur für die umfassende TV-Berichterstattung mussten die Voraussetzungen geschaffen werden, sondern auch für die Arbeit der Radio-Reporter und Internet-Redakteure vor Ort.

So sendete der ARD-Hörfunk alleine am Tage des Rücktritts von Deutschlands Nationaltrainer Rudi Völler und dem Viertelfinalspiel zwischen Gastgeber Portugal und England mehr als 100 Beiträge. Möglich wurde dieser neue Rekord durch den Einsatz von acht mobilen Satelliten-Anlagen und einer im Auto fest installierten Übertragungseinheit. Im IBC standen für die Radio-Berichterstattung zwei Studios bereit, ebenso in der „Außenstelle Faro“ beim deutschen Team. Insgesamt 6 Tonnen Ausrüstung, die per LKW auf die Reise nach Portugal ging, war dafür notwendig.

Testinstallation unter realen Bedingungen

Eine weitere Premiere fand dagegen mehr im Verborgenen statt: Erstmals wurden während der Fußball-Europameisterschaft mehrere „Sequence Reducer“ im WDR-Weitverkehrsnetz getestet. Mit Hilfe dieser Geräte des amerikanischen Herstellers Peribit Networks kann die Übertragungskapazität in einem Wide Area Network (WAN) deutlich erhöht werden, ohne die Infrastruktur entsprechend ausbauen zu müssen. Auch wenn es auf Grund der hohen Bandbreite, die dem WDR während der EM zwischen Lissabon und Köln zur Verfügung stand, keine wirklichen Kapazitätsprobleme bei der Übertragung gab, wollte Heiko Gentzsch die Gelegenheit zur Erprobung der Datenreduktionstechnologie unter realen Bedingungen nicht ungenutzt lassen.

Denn das Thema Bandbreitenoptimierung ist für den Fernseh- und Rundfunksender hochaktuell. Seine Auslandsstudios sind meist nur mit einer Leitung von maximal 2 Mbit/s, über die sämtliche Aufgaben abgewickelt werden müssen, an die Sendezentrale in der Kölner Innenstadt angebunden. „Da kommt es zu bestimmten Spitzen schon einmal zu längeren Antwortzeiten“, weiß der Netzwerkverantwortliche. Und eine Erhöhung der Bandbreiten geht meist richtig ins Geld. Denn zusätzliche Übertragungskapazitäten müssen dauerhaft eingekauft und bezahlt werden, während sie eigentlich nur für relativ kurze Peaks nötig sind. Häufig ist eine Erweiterung der Bandbreiten auch technisch gar nicht durchführbar, z.B. bei Standorten in Entwicklungsländern in Süd-Amerika, Afrika oder Asien. Heiko Gentzsch: „Hier ist die Datenreduktion der einzig machbare Weg, um die Informationen im heute angemessenem Umfang austauschen zu können“.

Bei WDR-Studios, die über schmalbandigere Satellitenverbindungen angebunden sind, ist dieses Problem ebenfalls gravierend. Insbesondere wenn – wie etwa mit Moskau oder Nairobi – zusätzlich die Sprachkommunikation über das Datennetz per Voice over IP abgewickelt werden soll. Aber auch an einigen anderen Auslandsstandorten – wie etwa Paris und Brüssel – bringt der rasante Zuwachs des Datenverkehrs in den letzten Jahren die vorhandene Infrastruktur zu bestimmten Zeiten an ihre Leistungsgrenzen. Die Folge: Die Redakteure müssen z.B. bei Internet- oder Datenbankenrecherchen relativ lange Antwortzeiten in Kauf nehmen und können nicht so zügig arbeiten, wie sie es gerne möchten.

„Deshalb haben wir nach einer Möglichkeit gesucht, um die Übertragungsbandbreiten zwischen einigen Studios im Ausland und unserem Rechenzentrum in Köln möglichst kostengünstig zu erweitern“, sagt Heiko Gentzsch. Unterstützung fanden die WDR-Verantwortlichen beim Kölner Systemintegrator NK Networks & Services. „Wir beschäftigen uns schon seit einiger Zeit mit dem Thema Application Performance Management und arbeiten dabei mit führenden Hard- und Softwareanbietern zusammen“, erläutert Torsten Stolzmann, Senior Account Manager in der Geschäftsstelle Köln von NK Networks & Services.

In diesem Fall habe man die Peribit-Lösung empfohlen, da die vom WDR formulierte Zielstellung in erster Linie eine Datenreduktion erforderte und Peribit Networks dafür die weltweit führende Technologie anbiete. Andere Produkte wurden dafür nicht evaluiert und die einzige – allerdings erheblich teurere – Alternative zum Abfangen von Lastspitzen im Netz hätte in der Bereitstellung zusätzlicher Bandbreite bestanden. „Peribit bietet eine optimale Lösung für die drei großen Bottlenecks in einem WAN – Bandbreite, Quality of Service und Latenzzeit“, ist Torsten Stolzmann überzeugt. Auch eine von den Verantwortlichen beim WDR durchgeführte Analyse des Return-on-Investment der vorgeschlagenen Lösung, bei der auch mögliche andere Wege zur Lösung der Bandbreitenprobleme betrachtet wurden, fiel zu Gunsten dieser Variante aus.

Einbindung in komplexe Netzwerkinfrastruktur

Nach einem ersten Pilotversuch mit dem Auslandsstudio in Moskau und einem Vorabtest in Köln konnte eine durchschnittliche Datenreduktion von rund 60 Prozent nachgewiesen werden. „Wir wollten aber sehen, ob diese Laborwerte auch unter realen Bedingungen erreicht werden“, nennt Heiko Gentsch einen weiteren Grund für die „Generalprobe“ bei der Fußball-EM. Angesichts der vorhandenen Übertragungsbandbreite konnte er den Feldtest entspannt und ohne Risiko angehen. Gleichzeitig wollte der Netzwerkverantwortliche, der selbst für einige Zeit in Lissabon vor Ort war, aber auch den praktischen Umgang mit den Geräten erproben, Erfahrungen mit dem Feintuning sammeln und die Benutzerfreundlichkeit beurteilen.

Insgesamt sechs „Sequence Reducer“ von Peribit Networks – zwei SR 55 und zwei SR 20 im Kölner WDR-Rechenzentrum sowie zwei SR 20 in Lissabon – wurden installiert. „Wir haben sie vorkonfiguriert, so dass sie nur noch ausgepackt und in das Weitverkehrsnetz eingebunden werden mussten“, berichtet Torsten Stolzmann. Was so einfach klingt, war allerdings mit einigem Aufwand verbunden. Denn die Netzwerkinfrastruktur des WDR ist sehr komplex und die neuen Geräte sollten darin keinesfalls als Störfaktor in Erscheinung treten. Außerdem musste eine redundante Schaltung gewählt werden, um die im Netzwerk des Fernseh- und Rundfunksenders prinzipiell vorgesehene Doppelung der Hardware-Komponenten zu realisieren. „Gemeinsam mit den Technikern von NK Networks & Services und dem schnellen Support durch Peribit haben wir aber schließlich alle Anfangsprobleme gelöst“, unterstreicht Heiko Gentsch.

Insgesamt ist er mit dem Praxiseinsatz der Geräte mehr als zufrieden. Im Durchschnitt haben sie eine Datenreduktion zwischen 50 und 60 Prozent gebracht, jeweils in Abhängigkeit von den gerade genutzten Applikationen. Auch die Latenzzeiten auf der immerhin 2500 Kilometer langen Strecke zwischen Lissabon und der WDR-Zentrale am Kölner Dom konnten spürbar reduziert werden, was zu einer Qualitätsverbesserung bei der Übertragung führte. „Wenn man diese Ergebnisse auf die Datenkommunikation zwischen den Auslandsstudios und unserem Rechenzentrum überträgt und die Kosten für zusätzliche Bandbreite in Rechnung stellt, macht sich die Anschaffung schon ziemlich schnell bezahlt“, ist der Netzwerkverantwortliche nach den Erfahrungen bei der Fußball-EM sicher.

Konkret in Euro und Cent lässt sich die Ersparnis noch nicht ausdrücken, doch das Abfangen von Lastspitzen im Netz und die mit den kürzeren Antwortzeiten verbundene höhere Arbeitszufriedenheit der WDR-Mitarbeiter lohnen in seinen Augen den Aufwand auf jeden Fall. Denn mit Hilfe der Datenreduktion kann das WAN des Westdeutschen Rundfunks – zumindest in Teilbereichen – auch noch in den nächsten Jahren den rasanten Anstieg des Datenaufkommens verkraften, ohne dass an eine grundlegende Veränderung der vorhandenen Infrastruktur herangegangen werden muss.

Verfahren aus der DNA-Analyse

Das von Peribit Networks entwickelte und mittlerweile patentierte Verfahren basiert auf Kerntechnologien aus den Bereichen der computergestützten Molekularbiologie und Bioinformatik. Peribit-Gründer Amit Singh entwickelte Ende der 90-er Jahre an der Stanford University einen Algorithmus, mit dem sich wiederkehrende Muster innerhalb des menschlichen Erbguts (DNA) erkennen lassen. Dieses Verfahren modifizierte er in einem zweiten Schritt so, dass es in der Datenübertragung auf Byte-Ebene angewendet werden kann. Im Ergebnis seiner Forschungsarbeit stellte sich heraus, dass bis zu 90 Prozent des Datenverkehrs in einem Netz redundant sind.

Die „Sequence Reducer“, die an beide Enden einer WAN-Verbindung angeschlossen werden, untersuchen den Datenstrom auf wiederholt auftretende Muster verschiedener Größe und erfassen sowie speichern diese kontinuierlich in einer Bibliothek. Dies geschieht über alle Datenpakete, Anwendungen und Sitzungen hinweg und betrifft beispielsweise Enterprise-Applikationen wie SAP und Oracle sowie E-Mail-Nachrichten, Datenbanktransaktionen, gemeinsam genutzte Kalkulationstabellen und HTTP-Sessions. Die mit Hilfe der MSR-Technologie (Molecular Sequence Reduction) von Peribit erkannten sich

wiederholenden Datenmuster werden anschließend durch ein eindeutiges Label, dessen Größe im Bit-Bereich liegt, ersetzt. Dieser Prozess erfolgt in Echtzeit mit hoher Geschwindigkeit, niedriger Latenz und bei beliebig großem Datenvolumen.

„Der MSR-Prozess läuft für das Netzwerk, die Router, Anwendungen, Server und Clients vollständig transparent ab. Auf der Empfängerseite wird dieser Prozess wieder umgekehrt. Die Sequence Reducer arbeiten bidirektional und können die Daten somit in jedem Device filtern und in die ursprüngliche Form zurückwandeln,“ erläutert Thomas Weiß, General Manager Central Europe von Peribit Networks, die Funktionsweise der Appliances.

Zusätzlich können IT-Verantwortliche im Rahmen von Quality of Service (QoS) bis zu acht Prioritätsstufen vergeben und so umfangreiches Bandbreitenmanagement realisieren. Damit kann über den „Sequence Reducer“ festgelegt werden, welche Anwendungen vorrangig behandelt werden sollen und welche Bandbreite diesen zugewiesen werden soll. QoS bietet allerdings keine Lösung zur Gewinnung von mehr Bandbreite, sondern hilft lediglich, bestehende Kapazitäten effektiver zu nutzen. Die Kombination von Bandbreitenreduktions- und QoS-Verfahren trägt aber wesentlich zu einer Performancesteigerung bei.

Mit Hilfe der in den SR-Geräten ebenfalls eingesetzten Packet-Flow-Acceleration-Technologie (PFA) lässt sich die Zeitspanne zwischen Aktion und korrelierender Reaktion in einem WAN nochmals bis um den Faktor 5,5 verkürzen. Die Datenübertragung in Weitverkehrsnetzen wird demzufolge in nahezu der selben Zeit abgewickelt, wie es sonst nur im LAN möglich ist. Da diese Technologie nur bei Flows greift, die Einschränkungen durch Latenzzeit unterliegen, bedarf es hier keiner zusätzlichen Überlastkontrollen und Zuverlässigkeitsmechanismen.

Das Centralised Management System (CMS) von Peribit vereinfacht und koordiniert die zentrale Verwaltung aller in einem WAN installierten Geräte, deren Zahl bis zu 2000 Stück betragen kann. Dazu gehört die Suche und automatische Anzeige aller Konfigurationen, Lizenzinformationen und Einstellungen der installierten Devices, zentrale Software-Updates, sowie die aktuelle Status-Anzeige aller Geräte im Netzwerk. Über ein Web-Interface kann mit Hilfe des CMS auch auf jeden einzelnen „Sequence Reducer“ zugegriffen werden.

NK Networks & Services mit umfassendem Beratungsansatz

„Application Performance Management umfasst aber mehr als nur die Installation von ein paar Boxen“, macht Torsten Stolzmann deutlich. Deshalb stehe am Anfang immer eine umfangreiche Analyse. Dort wird zum Beispiel untersucht, welche Applikationen von wie vielen Usern gleichzeitig genutzt werden. Dabei spielt auch eine wichtige Rolle, ob es sich um geschäftskritische Anwendungen handelt und wer den meisten Traffic im Netz erzeugt. Auch welche Applikationen unter einem besonders hohen Verkehrsaufkommen leiden und wie zum Beispiel das Antwortzeitverhalten in den Außenstellen aussieht, ist entscheidend. Wenn klar ist, welche Anwendungen wie viel Bandbreite – sowohl im Durchschnitt als auch zu bestimmten Spitzen – benötigen, ist die Frage zu beantworten, ob die Übertragungskapazitäten ausgebaut werden müssen oder andere Wege zur Performancesteigerung ausreichen.

„Bei der Beurteilung dieser Fragen gibt es verschiedene Sichtweisen“, erläutert Torsten Stolzmann. So sind aus User-Sicht wichtige Faktoren beispielsweise die Auslastung der CPU, vorhandene Festplattenspeicher und deren Nutzung, weitere Netzwerkaktivitäten und die Zugriffswege auf die Daten – etwa aus dem WAN oder aus dem LAN. Bei der Netzwerk-Sicht steht dagegen die Beeinflussung der Applikationen durch das Netzwerk im Mittelpunkt, die aber nur schwer zu ermitteln ist. „Hier muss man feststellen, wie viel Netzwerkverkehr von einzelnen Anwendungen erzeugt wird und welche Workstations und Server diesen in erster Linie generieren“, erläutert der Experte. Bei der Server- und Datenbanksicht werden vor allem unzureichende Antwortzeiten von Servern, Anwendungen und Datenbanken betrachtet. Ebenso der Applikationsfluss.

Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass viele Anwendungen ursprünglich nur für den Einsatz in lokalen Netzwerken entwickelt worden sind und beim Betrieb auf WAN-Strecken mitunter erhebliche Probleme mit sich bringen – etwa in Form von häufigem Session-Aufbau oder einem Datenaustausch mit kleinsten Paketgrößen. Die praktische Folge: Die Anwendungen laufen extrem langsam und die Nutzer beklagen sich über zu lange Antwortzeiten. „Mit Hilfe der Peribit-Technologie können diese Schwächen sehr gut ausgeglichen werden“, unterstreicht Torsten Stolzmann.

Die Experten von NK Networks & Services fassen in ihren Analysen die unterschiedlichen Sichtweisen zusammen und leiten daraus Vorschläge für eine WAN-Optimierung ab. Das Application Performance Management (APM) – so die praktische Erfahrung aus etlichen Projekten – führt dabei zu einer erheblichen Reduzierung der Datenlast auf den Leitungen, die im Mittel zwischen 50 und 85 Prozent betragen kann. Dadurch findet in der Regel eine spürbare Applikationsbeschleunigung statt, die sich beispielsweise in kürzeren Antwortzeiten von Anwendungen und schnelleren Backups bemerkbar macht.

Oft ist auch eine Kostenreduzierung im WAN damit verbunden, weil vorhandene Leitungen reduziert werden können oder bei wachsendem Kapazitätsbedarf keine Bandbreitenerhöhung erforderlich ist. Und schließlich wird das Monitoring und Netzwerkmanagement vereinfacht – etwa durch Sniffer-Funktionen in den Endeinrichtungen oder die übersichtliche Darstellung des Datenverkehrs.

Einsatzmöglichkeiten für Application Performance Management

Nachdem die von NK Networks & Services geplante und realisierte Lösung beim WDR ihre Feuertaufe bestanden hat, sollen die in Lissabon eingesetzten Geräte künftig in den Studios in Brüssel und Paris zur Standard-Ausrüstung gehören und dort für eine optimalere Auslastung der vorhandenen Netzwerk-Verbindungen sorgen. „Unsere Generalprobe während der Fußball-EM hat gezeigt, dass wir mit dieser Technik ohne größere Probleme umgehen können und die Geräte störungsfrei in unserem Netz funktionieren“, bilanziert Heiko Gentzsch die heißen Wochen in Portugal.

Deshalb können nun die nächsten Schritte in Angriff genommen werden. Dazu zählt auch der Einsatz der „Sequence Reducer“ auf den Satellitenstrecken zwischen Köln und den Auslandsstudios in Moskau und Nairobi. Mit den neuen SR-100-Geräten hat Peribit Networks hierfür kürzlich eine optimierte Lösung vorgestellt, die beim WDR demnächst ebenfalls getestet werden soll. Ein weiteres Einsatzfeld sieht Heiko Gentzsch im Produktionsgelände des Senders in Köln-Bocklemünd. Dort müssen die Mitarbeiter in der Ü-Wagen-Disposition mit einer Applikation relativ oft kurzzeitig auf eine SQL-Datenbank im Rechenzentrum in der Innenstadt zugreifen und klagen über eine zu langsame Reaktion.

„Hier könnten mit dem Einsatz der Peribit-Geräte die Anfragen gebündelt werden, um so bessere Antwortzeiten zu erreichen“, hat der Netzwerkverantwortliche schon einen Lösungsvorschlag parat. Für ihn ist APM ein wichtiges Mittel, um kurz- und mittelfristig auf die weiter wachsenden Anforderungen an das WAN zu reagieren und die Wünsche der Anwender besser erfüllen zu können. Heiko Gentzsch: „Und das ohne aufwändige Investitionen in die Infrastruktur“.

((Kasten))

Peribit Networks: Lösungen zur Steigerung der WAN-Performance

Der im Mai 2000 gegründete US-amerikanische Netzwerkspezialist Peribit Networks bietet Lösungen für die Freisetzung von Bandbreite und die Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Anwendungen in Wide Area Networks (WAN) an. Mit der patentierten MSR-Technologie (Molecular Sequence Reduction) sowie der PFA-Technologie (Packet Flow Acceleration) lassen sich in den Bereichen Datenreduktion, Quality of Service (QoS) und Latenzzeitverringerung deutliche Vorteile erzielen. Dadurch kann sich die Leistungsfähigkeit von Verbindungen und Anwendungen in einer bestehenden WAN-Infrastruktur um bis zu das Zehnfache erhöhen. Der Return-on-Investment liegt durchschnittlich bei unter sechs Monaten. Zu Peribits Kunden zählen unter anderen Lufthansa, Linde, MTU, TÜV, Hugo Boss, Gothaer Versicherung, Liebherr, Käser Kompressoren, Juvena, Benteler, HypoVereinsbank, Network Appliance, Broadvision,



Nortel Networks, Chevron/Texaco, EMC², Altera, British American Tobacco, Fairchild Semiconductor und JT International. Das Unternehmen befindet sich in Privatbesitz und wird von den Investoren Accel Partners, Foundation Capital und Mayfield finanziert. Peribits Unternehmenszentrale befindet sich in Santa Clara, Kalifornien, USA. Weitere Informationen unter www.peribit.com.

((Kasten))

NK Networks & Services: IT-Lösungsanbieter mit Komplettangebot

NK Networks & Services ist der IT-Lösungsanbieter für Dienstleistungen rund um Netzwerke, die einen sicheren und reibungslosen Geschäftsablauf ermöglichen: Von der Beratung über die Konzeption bzw. das Redesign und die Realisierung von Netzen und Netzwerkkomponenten bis hin zu Wartung, Schulung und Betrieb. Mit Hauptsitz in Köln und Geschäftsstellen in Berlin, Dortmund, Frankfurt, Hamburg, Hannover, München, Nürnberg und Stuttgart hat NK Networks & Services mehr als 130 Mitarbeiter und ein bundesweites Servicenetz. Seit 1984 realisiert das Unternehmen lokale Netzwerke und Weitverkehrsnetze und hat die Entwicklung der modernen Datenkommunikation entscheidend mitgestaltet. Der Deutsche Bundestag und der Rhein-Main-Flughafen in Frankfurt am Main gehören neben Banken, Versicherungen, Energieversorgern, Städtetzbetreibern, Verkehrsunternehmen, öffentlichen Verwaltungen und Universitäten zu den Kunden. In den Unternehmensverbund der internationalen Draka Holding in den Niederlanden eingebettet, kann NK Networks & Services die Flexibilität eines mittelständischen Unternehmens bieten und dabei alle Vorteile nutzen, die sich aus der Finanzkraft eines Großkonzerns ergeben. Weitere Informationen unter www.nknetworks.com.