

Das IBM-Großrechner-Betriebssystem z/OS

Christian Stangl

Die Komponenten des Betriebssystems

Im April 2004 hatte der Konzern IBM einen runden Geburtstag zu feiern: der universelle Großrechner wurde 40 Jahre alt. Am 7. April 1964 wurde das „System /360“ der Öffentlichkeit vorgestellt. Es war die erste Datenverarbeitungsanlage, die für alle Aufgabenstellungen, ob nun kaufmännischer oder mathematisch-wissenschaftlicher Art, gleichermaßen geeignet war. Wichtigster Leitgedanke war die strikte Aufwärts- und Abwärtskompatibilität der Systeme, um den Kunden einen Investitionsschutz zu bieten. Und tatsächlich sind Programme aus den 60er Jahren auch heute noch auf den modernsten Modellen der Systemfamilie lauffähig. – Auch das Bayerische Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, damals noch das Bayerische Statistische Landesamt, setzte ab 1968 auf die neue Systemarchitektur. Heute sind die jüngsten Nachkommen des „System /360“ im Einsatz: ein Großrechner vom Typ „IBM eServer zSeries“ und sein Betriebssystem „z/OS“. – Dieser Beitrag beschreibt die Basiselemente und optionalen Zusatzkomponenten von z/OS Version 1 Release 3, wie sie auf dem Mainframe des Landesamts derzeit im Einsatz sind. Nicht enthalten sind weitere systemnahe Softwareprodukte, wie zum Beispiel Datenbanksysteme. Einen Überblick über die historische Entwicklung der großrechnerbasierten Datenverarbeitung und die Systemarchitektur des im Landesamt eingesetzten Großrechners enthielt das Heft 12/2004 von „Bayern in Zahlen“.

Der Kern des Betriebssystems z/OS

Rückgrat des Systems ist das *MVS Base Control Program (BCP)*. Es stellt die wesentlichen Dienste zur Verfügung, die z/OS zu einem äußerst leistungsfähigen, zuverlässigen, sicheren und hochverfügbaren Betriebssystem machen. Das BCP beinhaltet den *UNIX System Services Kernel (USS)*, wodurch z/OS neben den klassischen Großrechnereigenschaften auch Open Systems-Funktionalität nach dem XPG4-Standard besitzt.

Die Verwaltung aller Arbeiten wird in z/OS von einem *Job Entry Subsystem (JES)* übernommen. Im Rechenzentrum des Landesamts ist das *Job Entry Subsystem 2 (JES2)* im Einsatz. JES2 registriert und verifiziert sämtliche Arbeitsaufträge, die vom Anwender mittels der *Job Control Language (JCL)* kodiert werden, kontrolliert deren Ausführung und steuert die Druckausgaben. Bestimmte Eingabe- und alle Druckausgabe-Datenbestände werden in einem Bereich zwischengespeichert, der als *Spool* bezeichnet wird.

Zentrale
Verwaltung
aller Arbeiten

Unterschiedliche
Leistungsklassen

Die Arbeitslast eines Großrechners setzt sich aus Anwendungen mit sehr unterschiedlichen Anforderungen bezüglich Antwortzeit und Ressourcenbelegung zusammen. Mit dem *Workload Manager (WLM)* werden diese Anwendungen in Serviceklassen mit unterschiedlichen Zielvorgaben eingeteilt, wodurch ein optimierter Systemdurchsatz erreicht wird.

Sowohl das Betriebssystem als auch der Mainframe-Prozessor benötigen genaue Angaben über die angeschlossenen Gerätschaften (z.B. Speicherperipherie, Drucker, Netzwerkadapter, Anschlusskabel). Die Beschreibung der gesamten Hardware-Infrastruktur erfolgt mit dem Produkt *Hardware Configuration Definition (HCD)* und seiner grafischen Client/Server-Schnittstelle, dem *Hardware Configuration Manager (HCM)*. Mit dem *I/O Configuration Program (IOCP)* werden aus den HCD-Definitionen die Hardware-Beschreibungen für den Mainframe-Prozessor erzeugt.

Hardware-
Konfiguration

System-
protokoll

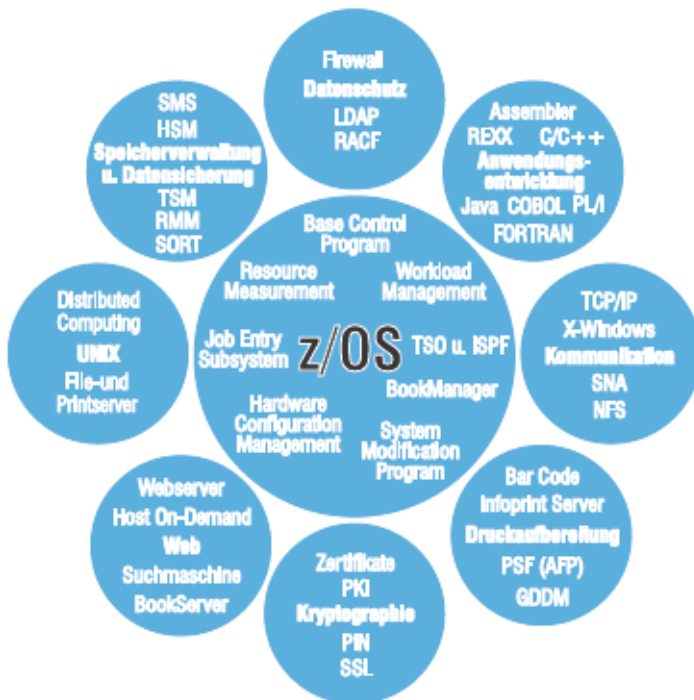
Umfangreiche Informationen zu System- und Anwendungsaktivitäten werden von den *System Management Facilities (SMF)* gesammelt. Diese Daten werden unter anderem zur Kostenrechnung, für Performance-Analysen und zur Überwachung des Datenschutzes verwendet.

Basisroutinen zur Kommunikation mit Datensichtgeräten (Terminals) stellt der *Terminal I/O Controller (TIOC)* zur Verfügung, und um ESCON-Direktoren verwenden zu können existiert der *ESCON Director Support*.

Unicode

Routinen zur Unterstützung von *Unicode* sind ebenfalls Bestandteil des BCP.

Das z/OS und seine Zusatzkomponenten auf einen Blick

Software-
Installation

Die Installation und Wartung von z/OS und seiner Komponenten erfolgt mit einem äußerst zuverlässigen und sicheren Verfahren. Sämtliche Bausteine des Betriebssystems, wie zum Beispiel ausführbare Programmmodule, Quellcode, Bildschirmmasken oder Nachrichtentexte, sind mit ihren individuellen Wartungszuständen in einer Datenbank, dem *Consolidated Software Inventory (CSI)* verzeichnet. Das *System Modification Program/Extended (SMP/E)* prüft bei jedem Installations- und Deinstallationsvorgang anhand der Einträge im *CSI*, ob alle Softwarevoraussetzungen und -abhängigkeiten erfüllt sind. Jeder Installationsvorgang kann rückgängig gemacht und der alte Softwarestand wiederhergestellt werden. Mit dem integrierten *Service Update Facility (SUF)* können innerhalb kürzester Zeit angepasste Softwarekorrekturen direkt vom IBM-Labor in den USA geladen werden. Das Produkt *Managed System Infrastructure for Setup (msys for Setup)* bietet mit seiner grafischen Benutzeroberfläche einen neuen Ansatz zur Systeminstallation und -konfiguration.

Systemliteratur

Die vollständige Systemliteratur, eine Bibliothek mit Hunderten von Fachbüchern, steht online zur Verfügung und kann mit *BookManager READ* gelesen, nach Fachbegriffen und Fehlermeldungen durchsucht und bei Bedarf ausgedruckt werden.

Fehleranalyse

Selbst bei hochentwickelten und gut gewarteten Betriebssystemen sind Softwarefehler leider nicht vollständig vermeidbar. Treten sol-

che Probleme auf, so hilft *First Failure Support Technology (FFST)* mit aufbereiteten Hauptspeicherausgüssen und weiteren Hilfsmitteln bei der schnellen Fehleranalyse und -behebung. Zusätzlich findet eine laufende Überwachung der Hardware auf eventuelle Unregelmäßigkeiten (z.B. Laufwerksfehler) statt. Die Ergebnisse dieser Überwachung werden mit dem *Environmental Record Editing and Printing Program (EREP)* ausgewertet.

Basis für interaktive Arbeiten, und zwar sowohl für Anwender als auch für System- und Anwendungsprogrammierer, ist *Time Sharing Option/Extensions (TSO/E)*. Darauf aufbauend bildet das *Interactive System Productivity Facility (ISPF)* die übliche Benutzeroberfläche des Mainframe. ISPF bietet zahlreiche Funktionen zur Bearbeitung von Dateien (Editor) und zur Dateiverwaltung und ist selbst wiederum Grundlage für eine große Vielzahl von Anwendungen.

Um die Ausfallsicherheit zu perfektionieren besteht die Möglichkeit, mehrere z/OS-Systeme, die in unterschiedlichen Prozessorkomplexen aktiv sind, in einem *Parallel Sysplex*-Verbund zu koppeln (*Clustering*). Um die Steuerung (*Operating*) eines solchen Systemverbundes zu vereinfachen, wurde das Produkt *Managed System Infrastructure for Operations (msys for Operations)* geschaffen.

Um rechtzeitig Kapazitätsengpässe zu erkennen, ist eine Langzeitbeobachtung der leistungsbeeinflussenden Faktoren, wie zum Beispiel Prozessorauslastung, Speicherbelegung und die Datenraten der Ein-/Ausgabegeräte erforderlich. Zur Analyse kurzfristig auftretender Performanceprobleme werden Schnappschusaufnahmen der Systemlast benötigt. All diese Möglichkeiten bietet das *Resource Measurement Facility (RMF)*.

Das *System Display and Search Facility (SDSF)* ist ein mächtiges Produkt mit einfachen und effizienten Funktionen zur Überwachung und Steuerung sämtlicher aktiver Anwendungen. Dazu gehören die Stapelverarbeitung (*Batch Jobs*), TSO-Sitzungen, UNIX-Prozesse und Systemfunktionen (*Started Tasks*). Außerdem können mit *SDSF JES2*-Ressourcen (z.B. Drucker) verwaltet werden und es besteht die Möglichkeit zur Ansicht des System-Logs, zur Anzeige von Druckdaten vor deren Ausdruck und zum Absetzen von Operator-Befehlen.

Zur automatischen Ablaufsteuerung und zur Ablaufverfolgung von Arbeitsaufträgen befindet sich *Tivoli Workload Scheduler (TWS)* im Einsatz.

Speicherverwaltung und Datensicherung

Die Komponenten des *Data Facility Storage Management Subsys-*

TSO und ISPF

Hochverfüg-
barkeitPerformance-
AnalyseProzess-
SteuerungAutomatische
Ablaufsteuerung

tem (DFSMS) sind die tragenden Säulen von Speicherverwaltung und Datensicherung.

SMS Die Basis der Produktfamilie ist das *Data Facility Product (DFSMSdftp)*. Bevor eine Magnetplattendatei auf einem z/OS-System verwendet werden kann, muss ihr der erforderliche Speicherbereich zugeordnet werden. Diese Speicherplatzzuordnung wird mit Routinen des *Direct Access Device Space Manager (DADSM)* durchgeführt. Dabei muss der Anwender im Voraus festlegen, wie groß die Datei in Zukunft maximal werden kann. Der *DADSM* erledigt auch die Eintragung der Datei in das Inhaltsverzeichnis der Magnetplatte, die *Volume Table Of Contents (VTOC)*. Dateien sind, abhängig von den Erfordernissen einer Anwendung, unterschiedlich organisiert. So gibt es zum Beispiel die sequentielle Verarbeitung, bei der alle Datensätze vom Anfang bis zum Ende einer Datei nacheinander verarbeitet werden. Im Gegensatz dazu werden beim Direktzugriff einzelne Datensätze gezielt, beispielsweise über einen Schlüsselbegriff, aufgerufen. Für all diese unterschiedlichen Zugriffsmethoden, bei denen auch noch Hardware-Eigenschaften eine wesentliche Rolle spielen, stellen die *Access Methods* eine Schnittstelle zwischen Anwendungsprogrammen und Ein-/Ausgabegeräten dar. Eine besondere Zugriffsmethode ist die *Object Access Method (OAM)*, die das Kassettenarchivsystem *IBM 3494* in den Systembetrieb einbindet. *DFSMSdftp* beinhaltet ein umfangreiches Paket an Dienstprogrammen für alle Bereiche der Dateiverwaltung, unter anderem die *Access Method Services (AMS)*. *DFSMSdftp* stellt auch die Dienste zum Betrieb des systemverwalteten Speichers, des *System Managed Storage (SMS)*, bereit. Das *Interactive Storage Management Facility (ISMF)* stellt die dazugehörige administrative Oberfläche dar. Ebenso sind die Funktionen zur Erstellung und Verwaltung ausführbarer Programme, der *Program Management Binder* und der *Program Management Loader*, im Bereich des *DFSMSdftp* angesiedelt.

Speicher-
verwaltung und
Datensicherung

Die Durchführung der Speicherverwaltung und Datensicherung ist Aufgabe des *Hierarchical Storage Manager (DFSMSHsm)*. Unter Speicherverwaltung wird im wesentlichen der automatische Transport von Dateien innerhalb der Speicherhierarchie verstanden. Dateien, die lange Zeit nicht verwendet wurden, werden komprimiert auf langsamere und billigere Speichermedien ausgelagert (*Migration*). Wird eine solche inaktive Datei wieder benötigt, so bedeutet das für den Anwender lediglich eine etwas längere Bereitstellungszeit, ansonsten erfolgt der Vorgang vom Benutzer unbemerkt. Nach einer gewissen Zeit der Inaktivität kann auch die automatische Löschung einer Datei veranlasst werden. Zusätzlich ist eine automatisierte Datei- und Datenträgerreorganisation möglich. Bei der Datensicherung werden drei unterschiedliche Methoden unterschieden: die inkre-

mentelle Sicherung auf Dateiebene (*Backup*), die Vollsicherung auf Datenträgerebene (*Dump*) und die Vollsicherung auf Anwendungsebene (*Aggregate Backup and Recovery Support, ABARS*).

Neben fest montierten Speichermedien wie Magnetplatten existieren in einem Rechenzentrum auch zahlreiche transportable Datenträger wie Magnetbandkassetten oder Magnetbandrollen. Diese werden mit dem *Removable Media Manager (DFSMSrmm)* verwaltet. Dabei führt *DFSMSrmm* nicht nur über den Inhalt der Datenträger Buch. Auch Standortverwaltung, Fehlerstatistiken, Einhaltung der Aufbewahrungsvorschriften und Datenschutzmaßnahmen gehören zu seinem Funktionsumfang. Außerdem lassen sich damit Gastdatenträger aus anderen Rechenzentren inklusive deren Rückversand verwalten.

Magnetband-
verwaltung

Ein Hochleistungsprogramm zum Kopieren, Verlagern, Sichern und Reorganisieren von Dateien sowie zur Reorganisation von Magnetplatten ist *Data Set Services (DFSMSdss)*. Für das Produkt existiert auch eine *Stand-alone-Version*, mit der eine zerstörte Systemplatte ohne laufendes Betriebssystem wiederhergestellt werden kann (*Stand-Alone Restore*).

Dienstpro-
gramm für
Dateien

Zum Sortieren und Zusammenmischen von Datenbeständen wird *Data Facility Sort (DFSORT)* verwendet. Mit seinem integrierten Dienstprogramm *ICETOOL* können typische Aufgabenstellungen der Datenverarbeitung auch von Anwendern ohne Programmierkenntnisse selbständig gelöst werden.

Sortierpro-
gramm

Die *Device Support Facilities (DSF)* stellen hardwarenahe Funktionen zur Magnetplattenadministration zur Verfügung. Sie beinhalten unter anderem Befehle zur Formatierung, Fehleranalyse und zur Magnetplattenspiegelung (*Peer-to-Peer Remote Copy, PPRC*).

Magnetplatten-
administration

Ein vielseitiges Hilfsmittel für Speicherverwalter ist das *Data Interfile Transfer, Testing, and Operations Utility (DITTO)*. Neben hardwarenahen Magnetband- und Magnetplattenfunktionen besitzt das Produkt unter anderem auch die Fähigkeit zur Bearbeitung von *VSAM*-Dateien, was ansonsten nur mit aufwändiger Programmierertechnik möglich ist.

Sicherungs-, Datenarchivierungs- und Speicherverwaltungsfunktionen für andere Computerplattformen (z.B. *Windows*- und *UNIX*-Systeme) stellt der *Tivoli Storage Manager (TSM)* zur Verfügung.

Sicherung
anderer Server

Datenschutz

Das ganze Spektrum des Datenschutzes wird unter z/OS von der Produktpalette des *Security Server* abgedeckt.

Zugriffs-
kontrolle

Die wichtigste Komponente ist hierbei das *Resource Access Control Facility (RACF)*. In seiner Datenbank sind die einzelnen Benutzerkennungen, die Benutzergruppen, die zu schützenden Ressourcen sowie globale Sicherheitseinstellungen gespeichert. Dabei kann mit *RACF* nicht nur der Zugriff auf Dateien geregelt werden. Neben einer Vielzahl weiterer Möglichkeiten ist auch der Schutz von Anwendungen und Programmen, von Zertifikaten und kryptographischen Funktionen, von Datensichtgeräten, kritischen Befehlen und von Druckausgaben möglich. Zugriffsverstöße werden über *SMF* zur nachfolgenden Kontrolle aufgezeichnet. Bei besonders definierten Verstößen ist auch eine sofortige Alarmierung möglich.

Firewall

Durch die Netzwerkanbindungen des Großrechners, speziell durch den Anschluss an *TCP/IP*-Netze, haben sich neue Gefährdungen aufgetan. Mit *Firewall Technologies* besitzt *z/OS* neben traditionellen Firewall-Funktionen, die als Blockade zwischen Betriebssystem und Netzwerk wirken, auch Unterstützung von *Virtual Private Network (VPN)*.

Verzeich-
nisdienst

Zum Aufbau eines Verzeichnisdienstes verfügt der *Security Server* über einen *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) Server*, in dessen Datenbank sich auch *RACF*-Informationen einbinden lassen.

Der *Network Authentication Service* bietet Authentifizierungsdienste auf Basis von *Kerberos Version 5*. Zusätzliche Sicherheit für diesen Bereich wird durch die Komponente *Network Authentication and Privacy Service Level 3* erreicht.

Programmiersprachen

Die Programmierung der frühen elektronischen Digitalrechner war außerordentlich kompliziert. So musste zum Beispiel beim *ENIAC* im Jahr 1946 jedes Programm auf einer Schalttafel mit zahllosen Leitungen und Drähten zusammengestellt werden.

Heutzutage stehen den Programmierern unterschiedliche, auf das jeweilige Anwendungsgebiet zugeschnittene Programmiersprachen zur Verfügung. Allen Programmiersprachen gemein ist, dass die eigentlichen Maschineninstruktionen, die der Computerprozessor letztlich versteht, nicht direkt eingegeben werden. Die Befehle der Programmiersprache werden entweder zur Ausführungszeit schrittweise in Maschineninstruktionen umgewandelt und sofort ausgeführt (*Interpreter*), oder im Vorfeld umgewandelt (*Compiler*) und zu einem späteren Zeitpunkt ausgeführt. Während bei der Maschinen-(*Assembler*-)Sprache ein Befehl genau einer Maschineninstruktion entspricht, werden bei Hochsprachen aus einem Befehl in der Regel mehrere Maschineninstruktionen erzeugt.

Das *z/OS*-System im Landesamt verfügt über folgende Programmiersprachen:

- *Assembler*
- *REXX (Restructured Extended Executor)*
- *C/C++*
- *PL/I (Programming Language / One)*
- *COBOL (Common Business Oriented Language)*
- *FORTAN (Formula Translation)*

Wichtigste Programmiersprache für Systemprogrammierer ist *Assembler*, bei der jeder Befehl exakt einer Maschineninstruktion entspricht. Dadurch lassen sich Programmroutinen entwickeln, die optimal auf den Computerprozessor zugeschnitten sind und maximale Geschwindigkeit bei minimalem Speicherbedarf bieten.

REXX ist eine äußerst vielseitige Hochsprache, für die sowohl ein *Interpreter* als auch ein *Compiler* existiert. Durch ein großes Angebot an Funktionspaketen lassen sich damit Auswertungsprogramme, *ISPF*-Dialoge und *Edit-Makros*, *UNIX Scripts* und vieles mehr programmieren.

Für das mathematisch-wissenschaftlich orientierte *FORTAN*, das auf kaufmännische Probleme zugeschnittene *COBOL* und für die universellen Sprachen *PL/I* und *C/C++* sind jeweils *Compiler* vorhanden.

C/C++, *COBOL*-, *FORTAN*- und *PL/I*-Programme verwenden für Standardfunktionen (z.B. Ein-/Ausgabe-Operationen) als gemeinsame Basis die Routinen des *Language Environment*.

Für die Programmiersprache *Java* steht unter *z/OS* eine Laufzeitumgebung zur Verfügung.

Kommunikationssoftware

Der *Communications Server* implementiert die Netzwerkarchitekturen *TCP/IP* und *SNA*. Er unterstützt eine Vielzahl von Netzwerkadaptern, die Kommunikationssteuereinheiten (*Communication Controller*) genannt werden. Der wichtigste Netzwerkadapter ist der *Open Systems Adapter (OSA)* zum Anschluss des Großrechners an ein *TCP/IP*-Netzwerk. *OSA* unterstützen die *Queued Direct I/O (QDIO)*-Architektur zur beschleunigten Übertragung von *TCP/IP*-Paketen. Und mit der Unterstützung von *HiperSockets* wird ein besonders schneller Datenaustausch innerhalb des Hauptspeichers mit anderen Systemen auf dem gleichen Großrechner ermöglicht. Die Verbindung zu *SNA*-Netzwerken wird über Kommunikationssteuereinheiten vom Typ *IBM 3174* und *IBM 3745* hergestellt.

TCP/IP *TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)* mit *Security Level 3* ist eine Sammlung von Protokollen und Standardprogrammen. Anwendungsgebiete sind zum Beispiel Online-Sitzungen (*Telnet*), Dateiübertragungen (*File Transfer Protocol, FTP*), elektronische Nachrichten (*eMail* mit Hilfe *Simple Mail Transfer Protocol, SMTP*) und Internet (*HyperText Transfer Protocol, HTTP*).

SNA *Systems Network Architecture (SNA)* verwendet ein ebenso sauber strukturiertes Schichtenmodell wie *TCP/IP*, nutzt jedoch ein hierarchisch strukturiertes Netz. Das Protokoll spielte in der Vergangenheit eine dominierende Rolle im Großrechnerbereich. Trotz der immer noch überlegenen Robustheit, Zuverlässigkeit und Sicherheit findet nach und nach eine Umstellung auf *TCP/IP* statt. *SNA* verwendet die Zugriffsmethode *Virtual Telecommunication Access Method (VTAM)*. Eine *SNA*-Kommunikation über ein *TCP/IP*-Netzwerk kann durch *AnyNet* ermöglicht werden.

Das *X11 R4 X-Windows System* ermöglicht die Entwicklung von Anwendungen mit grafischer Oberfläche, die auf anderen Rechnern im *TCP/IP*-Netzwerk mit Hilfe eines *X11*-Servers angezeigt werden können.

Network File System (NFS) Mit dem *Network File System (NFS) Server* kann das *z/OS*-System als Daten-(File-)Server in ein *TCP/IP*-Netzwerk eingebunden werden. Er ermöglicht anderen Plattformen (z.B. *UNIX*-Systemen) den Zugriff auf *MVS*-Dateien und das hierarchische Filesystem (*Hierarchical File System, HFS*) in Form von logischen Laufwerken. Der *NFS Client* ermöglicht *z/OS*-Anwendern den Zugriff auf freigegebene Datenbereiche anderer Rechner mit *NFS Server*.

Die Komponente *LAN Resource Extension and Services (LANRES)* dient der Integrierung eines *z/OS*-Systems in ein *Novell NetWare*-Netzwerk.

Datenübertragung Zur Datenübertragung zwischen *z/OS* und Arbeitsplatzrechner (PC) existiert, als Alternative zum *FTP*, das Systemprogramm *3270 PC File Transfer*. Basis dieser Datenübertragungsmethode ist eine Großrechnersitzung über eine *3270*-Terminal-Emulation (z.B. *Host On-Demand, Personal Communications*).

Die Betriebsarten und Anschlüsse der *OSA-Express*-Netzwerkkarten werden mit dem *Open Systems Adapter / Support Facility (OSA/SF)* administriert.

Encina Toolkit Executive bietet eine Reihe von Werkzeugen für die Entwicklung von Client-Komponenten für verteilte Anwendungen (*Distributed Applications*).

Web-Dienste

Der *HTTP Server* bietet sich als robuster und schneller Webserver für kritische Internetanwendungen an. Durch das *HTTP Server NA (North America) Secure Feature* wird ein besonders hohes Maß an Sicherheit erreicht. Eine ganze Reihe weiterer Systemkomponenten baut auf dem *HTTP Server* auf.

Webserver

Mit der Suchmaschine *Text Search* lässt sich das Angebot des Webserver nach bestimmten Inhalten durchsuchen.

BookManager BookServer ermöglicht die Anzeige elektronischer Systemliteratur (*BookManager*-Format) auf einem Webbrowser (z.B. *Microsoft Internet Explorer*).

Für die klassische Online-Sitzung am Großrechner benötigt der Benutzer entweder ein Datensichtgerät, das zum *IBM 3270 Terminal* kompatibel ist, oder ein *3270*-Emulationsprogramm für seinen Arbeitsplatzrechner. Ein solches Emulationsprogramm ist *IBM Personal Communications*, das jedoch den Nachteil hat, das es auf jedem PC installiert und konfiguriert werden muss, von dem aus Großrechnersitzungen durchgeführt werden. Mit dem Produkt *Host On-Demand* wird dieses Problem vermieden. Es bietet eine *3270*-Emulation, die über einen Webbrowser (z.B. *Microsoft Internet Explorer*) aufgerufen werden kann. Installation, Wartung und Konfiguration findet zentral auf dem Mainframe statt. Die individuellen Einstellungen der einzelnen Anwender sind zentral auf dem Großrechner gespeichert.

Terminal-Emulationen

Der *Screen Customizer* ist ein *Java*-Client für *Host On-Demand*, der für Großrechneranwendungen eine grafische Benutzeroberfläche als Alternative zu traditionellen *3270*-Anzeigen erzeugt.

Kryptographie

Die Identifizierung von Benutzern, die Verschlüsselung sensibler Datenbestände und Transaktionen, die gesicherte Feststellung der Herkunft von Nachrichten und die Überprüfung der Datenintegrität, d.h. der Schutz der Daten vor Verfälschung, sind Aufgaben der Kryptographie.

Um die Computerprozessoren nicht mit den umfangreichen Berechnungen zu belasten, verfügen die Großrechner der *IBM zSeries* über eigene kryptographische Co-Prozessoren, die diese Aufgaben übernehmen. Außerdem sind in besonders geschützten Bereichen dieser Spezialprozessoren die so genannten *Master Keys* gespeichert, mit denen wiederum alle anderen Schlüssel des Systems verschlüsselt sind.

Basis der kryptographischen Systemsoftware ist das *Integrated Cryptographic Service Facility (ICSF)*. Es stellt kryptographische Funktionen für andere Programme zur Verfügung und ist die Schnittstelle zum kryptographischen Co-Prozessor. Mit *ICSF* können Schlüssel (Zertifikate, digitale Signaturen) generiert und verteilt werden. *PINs (Personal Identification Numbers)* und *MACs (Message Authentication Codes)* können erzeugt und verifiziert werden. Datenintegritätsprüfungen über *Hash-Algorithmen*, Kreditkartenverifizierung, Schlüsselverwaltung nach dem *ANSI X9.17-Standard*, *Secure Electronic Transaction (SET)* und *Secure Sockets Layer (SSL)* sind weitere Anwendungsgebiete von *ICSF*.

Das *Open Cryptographic Service Facility (OCSF)* mit *Security Level 3* ist eine Erweiterung von *ICSF* für den Bereich der *z/OS UNIX System Services*.

Die Komponente *System Secure Sockets Layer (SSL)* mit *Security Level 3* bietet Funktionen zur sicheren Kommunikation über ein *TCP/IP-Netzwerk*.

Die *Open Cryptographic Enhanced Plug-ins* stellen zusätzliche Funktionen für Anwendungen, die die Kryptographie- und Zertifikatdienste der *Common Data Security Architecture (CDSA)* nutzen, bereit.

UNIX-basierte Dienste

Eine Reihe von Systemkomponenten erweitert die Funktionalität des im *BCP* implementierten *UNIX System Services Kernel*.

Die Verwaltung von Netzwerkverbindungen und Prozessen wird vom *UNIX System Services Connection Manager and Process Manager* durchgeführt. Die *UNIX Shell* und zahlreiche Dienstprogramme sind Inhalt von *UNIX System Services Application Services and Integrated Call Level Interface*.

Die *Distributed Computing Environment (DCE) Base Services* bieten Dienste für die Entwicklung und Ausführung von Client/Server-Anwendungen einschließlich *Remote Procedure Call*, Verzeichnis-, Sicherheits- und Zeitdienst. Durch den *DCE Application Support* wird die Kommunikation zwischen *DCE-Clients* und *IMS*- oder *CICS*-Datenbankanwendungen ermöglicht.

Daten- und
Druckserver

Der *Distributed File Service (DFS)* kann als Daten- und Druckserver für alle Plattformen verwendet werden, die über einen *DFS-Client* verfügen (z.B. für *Microsoft Windows* und *Linux* erhältlich). *Windows*-Clients verwenden das *Server Message Block (SMB)*-Protokoll (auch bekannt als *Common Internet File System, CIFS*) zum Zugriff auf Daten- und Druckserver. Mit dem *Distributed File Ser-*

vice / Server Message Block (DFS/SMB) support kann der Großrechner als Daten- und Druckserver für *Windows* verwendet werden, ohne dass Zusatzsoftware auf den PCs erforderlich ist. Der Zugriff von *Linux* aus ist mittels *Samba* möglich.

Drucksteuerung

Die Druckerlandschaft, in die der Großrechner eingebunden ist, ist äußerst heterogen. Im Rechenzentrum existieren Laser- und Zeilen-drucker, die gängigen Druckdatenströme sind *Advanced Function Presentation (AFP)* und Zeilendaten mit Vorschubsteuerzeichen. Über die Netzwerkbindung des Mainframe ist eine Vielzahl von Arbeitsplatzdruckern erreichbar, die mit den Druckdatenströmen *PCL*, *PostScript* und *AFP* arbeiten. Anwender sollen von ihrem PC aus große Dokumente auf den Hochleistungsdruckern des Rechen-zentrums drucken können, auf der anderen Seite sollen kleinere Ausdrucke von Großrechneranwendungen auch an Arbeitsplatz-druckern möglich sein.

Die zentrale Schaltstelle für sämtliche Druckaufgaben ist der *Infoprint Server*. In seinem Verzeichnis, dem *Printer Inventory*, werden alle beteiligten Drucker, und zwar nicht nur Großrechnerdrucker, sondern auch Arbeitsplatzdrucker, die vom Großrechner aus erreichbar sein sollen, eingetragen. Das *Print Interface* des *Infoprint Servers* hat die Funktionalität eines *Line Printer Daemon (LPD)*. Es unterstützt unter anderem die *Windows*-Druckprotokolle *Server Message Block (SMB)* und *Internet Printing Protocol (IPP)*. Für die *z/OS UNIX System Services* existieren mit den *Shell Printing Commands* eine Reihe von Befehlen für alle Druckangelegenheiten in diesem Bereich. Mit *NetSpool* können die Daten von *VTAM*-Anwendungen ohne Änderung im Anwendungsprogramm in die *JES2 Spool* geleitet werden. Mit *IP PrintWay* können *JES2*-Druckdaten an Netzwerk-drucker geschickt werden. Für den umgekehrten Weg, also den Ausdruck von (*Windows*-)PC-Daten auf Großrechnerdruckern wird der *Windows Workstation Support* mit seinem *Printer Port Monitor* und dem *AFP-Druckertreiber* angeboten. Das *AFP Viewer plug-in* ermöglicht die Ansicht von *AFP*-Dokumenten am PC, ähnlich dem *Adobe Acrobat Reader* für *PDF*-Dateien. Der *Simple Network Management Protocol (SNMP) subagent* ermöglicht die Überwachung von Druckern, die über keinen eigenen *SNMP-Subagent* verfügen.

Zentrale
Druckersteuerung

Die Druckaufbereitung findet in überwiegendem Maße unter Verwendung der *AFP*-Architektur statt. Das von IBM 1984 eingeführte *AFP* ist ein System aus Hard- und Software zur Erstellung, Formatierung, Anzeige und zum Druck von elektronischen Informationen. Als Hardwarekomponenten verfügt das Landesamt über mehrere Laserdrucker im Rechenzentrum sowie über zahlreiche *AFP*-fähige Arbeitsplatzdrucker. Auf der Softwareseite wird als *AFP*-Drucker-

AFP

treiber das *Print Services Facility (PSF)* verwendet. PSF kombiniert die Druckdaten aus der *JES2 Spool* mit den benötigten *AFP-Resources* (z.B. Schriftarten der *AFP Font Collection* oder der *PSF Compatibility Fonts*, Formulare) und bildet daraus den *Intelligent Printer Data Stream (IPDS)*. Der Druckdatenstrom wird zum gewünschten Drucker geschickt und der Druckvorgang bis ins Papierausgabefach überwacht. Alternativ zum Ausdruck kann der Druckdatenstrom mit dem *AFP Conversion and Indexing Facility (ACIF)* in eine Datei umgeleitet werden. Diese kann zum Beispiel zur Erstellung von *PDF*-Dokumenten für den *Adobe Acrobat Reader* verwendet werden.

Der Ausdruck von Strichcodemarkierungen wird durch das Zusatzprodukt *Bar Code Optical Character Recognition (Bar Code OCR)* ermöglicht.

Druckdienste für
Windows-PCs

Natürlich sollen die Hochleistungsdrucker des Rechenzentrums auch von anderen Plattformen (z.B. *Windows-PCs*) für größere Ausdrücke genutzt werden. Diese verwenden jedoch üblicherweise nicht *AFP*-, sondern *PCL*- oder *PostScript*-Druckertreiber. Mit der Software *Transforms to AFP* werden eingehende *PCL*- und *PostScript*-Druckdaten erkannt und automatisch in den erforderlichen *AFP*-Druckdatenstrom umgewandelt.

Grafische
Datenverarbeitung

Der *Graphical Data Display Manager (GDDM)* ist eine Programmierschnittstelle, mit der dynamisch Grafiken für Druckerzeugnisse (und auch für Bildschirmanzeigen) generiert werden können. Das *GDDM Presentation Graphics Feature (GDDM-PGF)* ergänzt das Produkt im Bereich der Präsentationsgrafik.

Maschinenlesbare Schriften werden durch die Komponente *Magnetic Ink Character Recognition/Optical Character Recognition (MICR/OCR)* unterstützt.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit Komponenten wie *Java*, *XML* und *C++* unterstützt *z/OS* gängige Industriestandards für das sogenannte *eBusiness*. Viele Technologien der „offenen“ Systemwelt sind mittlerweile in das Betriebssystem integriert und ergänzen die klassischen Großrechner-eigenschaften. Durch die Möglichkeit, auf der Mainframe-Plattform zusätzlich virtualisierte *Linux*-Server zu betreiben, ergibt sich ein eleganter Weg, neue *eBusiness*- bzw. *eGovernment*-Aufgaben in bestehende *z/OS*-Applikationen zu integrieren und Serverkonsolidierung zu betreiben. *HiperSockets* ermöglichen extrem schnelle Netzwerkverbindungen zwischen den verschiedenen Systemen innerhalb der Großrechner-Hardware: ein „Network in a box“. *LDAP*,

SSL, *Kerberos* und *PKI* bieten Software-Lösungen für Aufgaben aus dem Bereich der Kryptographie. Weitere Stärken von *z/OS* sind der Datenschutz und die professionellen Protokollierungs- und Abrechnungsmechanismen. Seine *Workload Manager*-Technologie erlaubt es, eine hohe heterogene Arbeitslast unter Performance-Aspekten optimal zu verwalten. *Parallel Sysplex* ist ein bislang einzigartiges *Clustering*-Verfahren, das hohe Verfügbarkeit und Skalierbarkeit sicherstellt.

Schwerpunkte der weiteren Entwicklung von *z/OS* werden unter anderem die Höchstverfügbarkeit und die Implementierung neuer IT-Trends sein. Das Landesamt plant die Migration auf das neueste *z/OS Version 1 Release 6* für das Frühjahr 2005.

Literatur

z/OS-Systemliteratur:

<http://www-1.ibm.com/servers/eserver/zseries/zos/bkserv/>

Zum Thema Großrechner und Rechenzentrum im Landesamt sind folgende Publikationen erschienen:

Giehl, Rudolf [1968]: „Die Entwicklung der statistischen Aufbereitungstechnik“, Zeitschrift des Bayerischen Statistischen Landesamts, 100. Jahrgang, Heft I

Giehl, Rudolf [1970]: „Das Rechenzentrum des Bayerischen Statistischen Landesamts – 25 Jahre praktische Erfahrung in der maschinellen Datenverarbeitung“, Zeitschrift des Bayerischen Statistischen Landesamts, 102. Jahrgang, Heft I

Giehl, Rudolf [1983]: „Abteilung Maschinelle Datenverarbeitung (Statistik) und mathematisch-statistische Methoden“, 150 Jahre Amtliche Statistik in Bayern von 1833 bis 1983, Sonderveröffentlichung des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung

Stangl, Christian [2001]: „Datensicherung im Rechenzentrum“, Zeitschrift des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung, 132. Jahrgang, Heft 9

[2002]: „Informationsverarbeitung (Statistik), Rechenzentrum“, Zeitschrift des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung, 133. Jahrgang, Heft 3

Stangl, Christian [2004]: „Das IBM-Großrechner-Betriebssystem *z/OS* – Historische Entwicklung und Systemarchitektur“, Bayern in Zahlen, 135. Jahrgang, Heft 12

Glossar

ANSI	American National Standards Institute; US-amerikanisches Nationales Standardisierungsinstitut	Linux	Freies, UNIX-ähnliches Betriebssystem
CICS	Customer Information Control System; Transaktionsmonitor	LPD	Line Printer Daemon; Druckserver
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor; komplementärer Metalloxid-Halbleiter	LPAR	Logical Partition; dient der Aufteilung eines Großrechners in mehrere virtuelle Großrechner
CP	Central Processor; zentrale Verarbeitungseinheit (auch Central Processing Unit, CPU)	Mainframe	Großrechner
CPC	Central Processor Complex; Großrechner (ohne periphere Geräte)	MB	Megabyte; $2^{20} = 1\,048\,576$ Byte
DASD	Direct Access Storage Device; Magnetplatte	Microcode	Mikroprogramme zur Steuerung von Computerprozessoren
ENIAC	Electronical Numerical Integrator and Computer; erster elektronischer Digitalrechner aus dem Jahr 1946	MVS	Multiple Virtual Storage
ESCON	Enterprise System Connection; Geräteanschluss typ auf Glasfaserbasis	POSIX	Portable Operating System Interface; Schnittstellenstandard des IEEE für UNIX-Systeme
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers; US-amerikanisches Institut der Elektro- und Elektronik-Ingenieure	SMF	System Management Facilities
IMS	Information Management System; Datenbanksystem	Unicode	Zeichencode, bei dem jedem Schriftzeichen aller Schriftkulturen ein eindeutiger Schlüssel zugewiesen wird. Dadurch soll der Konvertierungsaufwand beim Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Computerplattformen vermieden werden.
ISO	International Standards Organization; Internationale Standardisierungsorganisation	UNIX	Ein ursprünglich von den Bell Laboratories entwickeltes Betriebssystem, das hauptsächlich in der Programmiersprache C geschrieben ist und mittlerweile auf fast alle Prozessortypen portiert wurde
Java	Eine von der Firma Sun Microsystems entwickelte Programmiersprache	VPN	Virtual Private Network (virtuelles privates Netzwerk); Computernetz, das zum Transport privater Daten ein öffentliches Netzwerk nutzt
JES2	Job Entry Subsystem 2	VSAM	Virtual Storage Access Method
KB	Kilobyte; $2^{10} = 1\,024$ Byte	VTAM	Virtual Telecommunication Access Method
Kerberos	Name des vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelten Authentifizierungsdienst und dem von diesem Dienst verwendeten Netzwerkprotokoll. Der Name stammt aus der griechischen Mythologie. Kerberos war ein dreiköpfiger Hund, der den Hades bewachte.	XML	Extensible Markup Language
		XPG4	X/Open Portability Guide Issue 4; Regelwerk des von 13 führenden Computerherstellern gegründeten X/Open-Konsortiums zur Standardisierung von UNIX-Systemen