

# Verfügbarkeit von Netzwerken

BGNW

25.09.1996

Arbeitsgruppe Verfügbarkeit

## Verfügbarkeit von Netzen

Das Thema Verfügbarkeit von Lokalen Netzen rückt zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses bei Planern, Nutzern und Betreibern. Der Grund liegt offensichtlich in der zunehmenden Komplexität der Netze und der gleichzeitig steigenden Abhängigkeit der Unternehmen von diesen Infrastrukturen. Hinzu kommt die heute immer häufiger genutzte Möglichkeit, Netze oder Teile von Netzen durch externe oder auch interne Dienstleister betreiben zu lassen.

Damit stellt sich sofort die Frage nach der Beurteilung der Qualität und Preiswürdigkeit der angebotenen Dienstleistung sowie geeigneten Abrechnungsmöglichkeiten. Ein Maß für die Beurteilung der Qualität der Dienstleistung ist natürlich das angebotene Dienstleistungsspektrum selbst und, damit eng verknüpft, die Verfügbarkeit der angebotenen Dienste.

Befragt man Anbieter von Netzdiensten, so zeigt sich, daß es keine einheitliche Auffassung darüber gibt, wie die Verfügbarkeit von Netzen zu definieren ist. Dies liegt an der Begriffsdefinition und an nicht exakt festgelegten Schnittstellen, die zur Definition der Verfügbarkeit zwingend erforderlich sind. Gleichzeitig wird deutlich, daß nur in sehr geringem Umfang effektive Methoden zur Erfassung der Ist-Verfügbarkeit oder zur Abschätzung einer zu erwartenden Verfügbarkeit aufgrund von Änderungen im Netz genutzt werden.

Damit ist es heute in vielen Unternehmen nicht üblich, die Qualität einer lebenswichtigen Anlage zu messen. Es ist für Nutzer und Betreiber eines Netzwerkes ebenfalls nicht eindeutig klar, welche Wirksamkeit geplante technische oder organisatorischen Maßnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Netzwerkes haben werden. Objektive Maßstäbe hierfür liegen nicht vor bzw. werden nicht genutzt. Der wirtschaftliche Nutzen von Maßnahmen kann somit partiell in Frage gestellt werden. Speziell bei externen Betreibern stellt sich damit zwingend die Frage nach der Bewertung der erbrachten Leistung.

Was macht es schwierig, die Verfügbarkeit zu definieren und zu messen? Man könnte z.B. die Erreichbarkeit der am Netz angeschlossenen Rechner zur Ermittlung heranziehen. Die Erreichbarkeit wäre durch ein geeignetes Testverfahren in regelmäßigen Zeitabständen festzustellen und aufzeichnen um daraus das notwendige Zahlenmaterial gewinnen. Es zeigen sich aber schnell die Grenzen dieser Betrachtungsweise:

- Der PC ist absichtlich ausgeschaltet oder das Gerät ist defekt und niemand kann daran arbeiten.
- Der Rechner ist erreichbar, aber mit schlechtem Antwortzeitverhalten.
- Der Rechner ist erreichbar, es laufen aber nur Teile des sonst verfügbaren Applikationsangebotes.
- Die Rechner A und B sind zwar im Test einzeln erreichbar, können aber untereinander nicht kommunizieren.

Zudem gibt das so ermittelte Zahlenmaterial noch keinen direkten Aufschluß über die Verfügbarkeit. Es muß eine Wertung der Zahlen bezüglich gewünschter Funktion, Arbeitszeit, Umgebungsbedingungen, Leistungsumfang, Wertigkeit von Rechnern und Anwendungen etc. erfolgen.

Gleichfalls liefert die Aufzeichnung von Help-Desk-Information nur einen sehr subjektiven Eindruck der Nutzer von der Verfügbarkeit des Netzwerks. Typische Informationen sind:

- Mein Bildschirm zeigt die gewünschten Daten nicht an.
- Auf die Applikation xy kann nicht zugegriffen werden.
- Die Datensicherung läuft heute besonders langsam und bricht zwischenzeitlich ab.
- Das ganze Jahr lang lief alles. Nur als die Kunden zu Besuch kamen, da ging was nicht. Aber da wäre es ganz wichtig gewesen ...

Aus diesen Angaben objektive Verfügbarkeitsdaten zu gewinnen ist in der Regel problematisch.

Liegen Verfügbarkeitsdaten vor, ist zu regeln, welche Konsequenzen sich daraus ergeben. Ziel ist es, dem Nutzer bzw. einer Benutzergruppe eine Verfügbarkeit für eine bestimmte Systemleistung zuzusichern, die Verfügbarkeit zu halten und zu kontrollieren. Hierfür müssen Meß- und Kontrollinstrumente bereitstehen. Darüber hinaus ist es von Interesse vor einer Maßnahme im Netz (die in der Regel finanzielle Aufwendungen erforderlich macht) die Verbesserung der Verfügbarkeit abschätzen zu können. Hierfür ist die Entwicklung von objektiven Maßstäben zur Beurteilung der Verfügbarkeit erforderlich.

Ein Arbeitskreis der **Benutzergruppe Netzwerke BGNW** hat sich zum Ziel gesetzt, die notwendigen Grundlagen zum Thema Verfügbarkeit in Netzen zusammenzutragen und, bezogen auf Netze, aufzubereiten. Über geeignete Schnittstellendefinitionen sollen Verfügbarkeitskennzahlen gefunden werden, die es erlauben, den Betriebserfolg von Netzen sowie die Wirkung von technischen oder organisatorischen Maßnahmen am Netzwerk objektiv zu bewerten. Als Rahmenbedingung wird definiert, daß der Meßaufwand möglichst gering bleiben soll. Die wesentlichen bisher erarbeiteten Ergebnisse werden in diesem Artikel vorgestellt.

Die Benutzergruppe Netzwerke BGNW dient dem Erfahrungsaustausch zwischen Nutzern, Planern, Installateuren und Betreibern von Netzwerken und der gemeinsamen Erarbeitung von Empfehlungen. Die Mitwirkung aller Mitglieder in der Benutzergruppe erfolgt freiwillig und unentgeltlich. Die Mitglieder der BGNW zahlen lediglich eine Kostenpauschale für Porto und Kopien von derzeit DM 100.- pro Jahr.

Die BGNW gründet zur Bearbeitung festgelegter Themen Arbeitsgruppen. Derzeit existieren folgende Arbeitsgruppen:

- Netzwerk-Infrastrukturen
- Netzwerkmanagement
- Highspeed-Networking
- Sicherheit und Verfügbarkeit in Netzwerken

Die Arbeitsgruppen tagen an 4 3-tägigen Terminen im Jahr, die im Sekretariat der BGNW zu erfragen sind. Neue Mitglieder und Gäste sind bei den Arbeitsgruppensitzungen herzlich willkommen!

Anfragen an die BGNW richten Sie bitte an das

Sekretariat der Benutzergruppe Netzwerke  
c/o ComConsult Beratung und Planung GmbH  
Frau Vandenbussche  
Pascalstraße 25  
52076 Aachen

Tel: 02408 / 149-09

Nach Durchsicht der einschlägigen Literatur zeigt sich, daß das Thema Verfügbarkeit für den Bereich Anlagentechnik aus dem konventionellen Maschinenbau sehr wohl definiert ist, aber bei der Übertragung auf das Thema Netz einer Anpassung bedarf.

Um sich dem Thema zu nähern, werden zunächst die in der Literatur zum Thema Verfügbarkeit üblichen Fachbegriff erläutert. Daraus werden dann in einem ersten Ansatz Kennzahlen für die Verfügbarkeit von Netzwerken abgeleitet.

Die Definitionen sind als Lesestoff zwar etwas trocken, jedoch ist es unumgänglich, sich klar zu machen, was unter den häufig verwendeten Fachbegriffen zu verstehen ist: Dabei wird deutlich, daß viele Begriffe in der täglichen Praxis nicht definitionsgemäß verwendet werden. Das Resultat sind häufig Mißverständnisse über getroffene Vereinbarungen und zu erbringende Leistungen zwischen Nutzern und Dienstleistern.

### **Zuverlässigkeit**

Basis der meisten Definitionen ist die Zuverlässigkeit. Die Zuverlässigkeit ist ein Maß für die Fähigkeit einer Betrachtungseinheit (Netz, Teilkomponenten eines Netzes), funktionstüchtig zu bleiben. Sie wird mit  $R$  bezeichnet und durch die Wahrscheinlichkeit ausgedrückt, daß die geforderte Funktion unter vorgegebenen Arbeitsbedingungen während einer festgelegten Zeitdauer  $T$  ausfallfrei ausgeführt wird. Geforderte Funktionen und Arbeitsbedingungen können auch zeitabhängig sein. In solchen Fällen ist ein Anforderungsprofil zu definieren, auf welches dann alle Zuverlässigkeitsangaben bezogen werden. Grundsätzlich wird zwischen geschätzter (experimentell) und vorausgesagter (berechneter) Zuverlässigkeit unterschieden.

### **Ausfall**

Ein Ausfall tritt auf, wenn eine Betrachtungseinheit, z.B. ein Netzwerk, aufhört, ihre geforderte Funktion bzw. das festgelegte Anforderungsprofil zu erfüllen. Man unterscheidet bei der Art des Ausfall:

- Sprungausfall,
- Driftausfall,
- intermittierender Ausfall.

Alle diese Ausfallarten sind bei Netzen zu beobachten. Hinsichtlich der Ursache des Ausfalls unterscheidet man:

- Bedienungsfehler,

- inhärenter Ausfall,
- Verschleißausfall,
- Primärausfall,
- Folgeausfall.

Folgende Auswirkungen können sich ergeben:

- Teilausfall,
- Vollausfall,
- überkritischer Ausfall (sicherheitsrelevant).

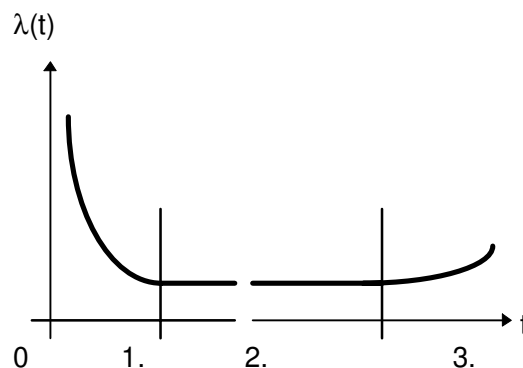
### Ausfallrate

Zwischen Ausfallrate  $\lambda(t)$  und Zuverlässigkeit  $R(t)$  besteht bei näherungsweise konstanter Ausfallrate der Zusammenhang  $R(t) = e^{-\lambda t}$ .

Der Mittelwert der ausfallfreien Arbeitszeit wird mit MTTF (Mean Time To Failure) bezeichnet. Es gilt  $MTTF = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} = MTBF$  (Mean Time Between Failure) für konstante Ausfallrate.

Die praktische Erfahrung aus dem Anlagenbereich des Maschinenbaus zeigt, daß die Ausfallrate nicht konstant ist, sondern einen wannenförmigen Verlauf in Abhängigkeit von der Zeit nimmt:

- am linken Rand die Phase der Frühausfälle (1.) bedingt durch Anwendungsfehler (Dimensionierung, Prüfung, Bedienung),
- am Boden der Wanne die Phase mit konstanter Ausfallrate (2.),
- am rechten Rand der Wanne die Phase der Verschleißausfälle (3.) bedingt durch Alterung, Abnutzung und Ermüdung,



Interessant ist die Frage, ob die Ausfallrate für Netzwerke ebenfalls einen solchen wannenförmigen Verlauf zeigt. Dies darf bezweifelt werden, da der wannenförmige Verlauf mit (1.) den Eintritt in eine stabile Situation (Hardware und Software) voraussetzt. Netzwerke sind aber ausgesprochen dynamisch. Sie unterliegen laufenden Veränderungen. Erfahrungen aus der

Praxis bestätigen, daß damit eher ein wellenförmigen Verlauf der Ausfallrate im Bereich des „Bodens“ der Wanne zu erwarten ist. Damit wird deutlich, daß Netze in kaum einer Phase ihres Lebenszyklus eine konstante Ausfallrate aufweisen.

### **Instandhaltbarkeit**

Instandhaltbarkeit ist ein Maß für die Fähigkeit einer Betrachtungseinheit, funktionstüchtig gehalten zu werden. Unter Instandhaltung versteht man alle Aktivitäten zur Erhaltung oder Wiederherstellung des Sollzustandes einer Betrachtungseinheit. Man unterscheidet Wartung und Inspektion zur Kontrolle des Funktionszustandes und zur Entdeckung von verborgenen Ausfällen sowie zur Vermeidung von Drift- und Verschleißausfällen. Instandsetzung oder auch Reparatur sind alle Maßnahmen zur Lokalisierung und Behebung eines Ausfalls.

Instandhaltbarkeit wird ausgedrückt durch die Wahrscheinlichkeit, daß eine Reparaturzeit oder Wartungszeit unter vorgegebenen Rahmenbedingungen (Personal, Material) kleiner als eine vorgegebene Zeitspanne ist. MTTR (Mean Time To Repair) und MTTPM (Mean Time To Preventive Maintenance) sind die Mittelwerte für Reparatur- und Wartungszeiten.

Um die notwendigen Aufwendungen (Rahmenbedingungen) möglichst gering und die MTTR bzw. MTTPM möglichst klein zu halten ist in eine Anlage ein Instandhaltungskonzept „hineinzuentwickeln“. Damit wird die Instandhaltbarkeit des Systems bereits durch die Konstruktion erhöht. Bei Netzen bleiben solche Überlegungen häufig unberücksichtigt. Dies zeigt sich z.B. in geringem Verteilerplatz, unhandlichen Rangiermöglichkeiten, aktiven Komponenten, die bei Vollbestückung den Austausch eines defekten Board oder Netzteils nicht erlauben, oder Servern, die zum Tausch von Boards grundsätzlich vollständig abgeschaltet werden müssen. Diese Punkte sind in zunehmendem Maße bei zukünftigen Planungen oder Erweiterungen von Netzen zu berücksichtigen und zu realisieren um die Instandhaltbarkeit zu verbessern.

Zusätzlich hängt die Instandhaltbarkeit von der Organisation, der Ausrüstung und Ausbildung des Instandhaltungspersonals, d.h. ganz allgemein von der logistischen Unterstützung ab. Diese Überlegung hat besonderen Einfluß auf die Definition der Verfügbarkeit.

### **Verfügbarkeit**

Die Verfügbarkeit (Punkt-Verfügbarkeit) ist ein Maß (Wahrscheinlichkeit) für die Fähigkeit einer Betrachtungseinheit, zu einem gegebenen Zeitpunkt funktionstüchtig zu sein, bzw. ein vorgegebenes Anforderungsprofil zu erfüllen. Unter Vernachlässigung der logistischen Unterstützung geht man in der Literatur zunächst davon aus, daß die Verfügbarkeit eine Funktion der Zuverlässigkeit und Instandhaltbarkeit ist. Im Falle eines Dauerbetriebs konvergiert die Punkt-Verfügbarkeit gegen den Ausdruck  $MTTF/(MTTF+MTTR)$ . Dieser Wert gleicht dem stationären Wert der durchschnittlichen Verfügbarkeit.

Dies kann für Netzwerke nicht gelten. Stets einzubeziehen ist hier noch logistische Unterstützung als wesentliche Komponente sowie der „menschliche Faktor“: dies betrifft den Ausbildungsstand und die Reife der Benutzer. (In der Realität muß leider auch der Murphy-Faktor in die Berechnung der Verfügbarkeit mit einbezogen werden.☺).

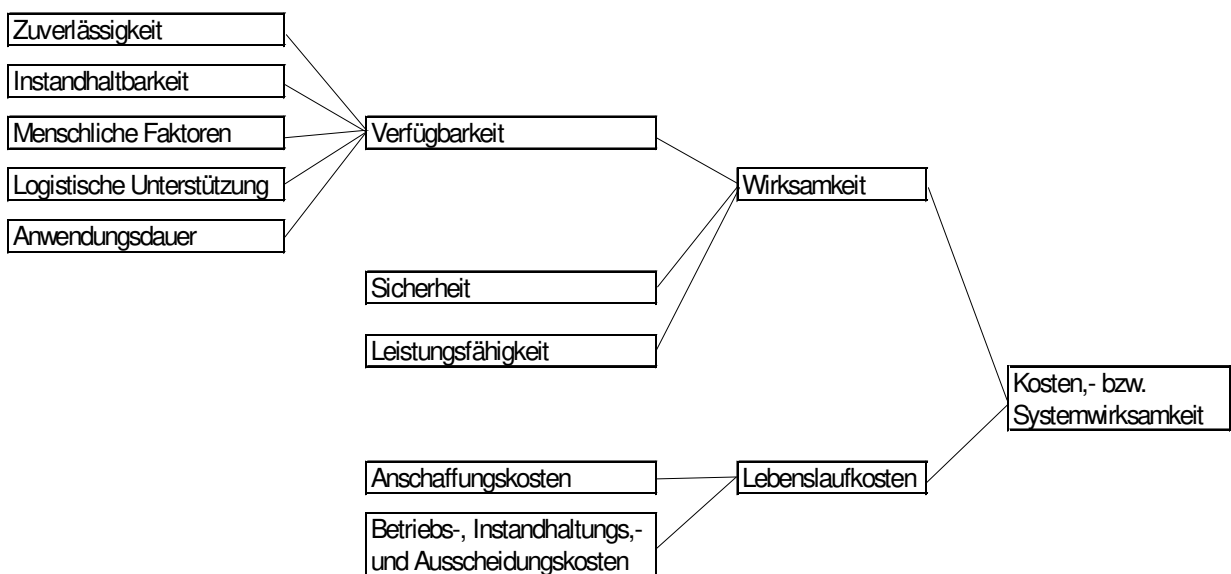
Damit wird deutlich, daß die Angabe der Verfügbarkeit von Netzen in Verträgen mit externen Dienstleistern nicht ohne die Festlegung der Personalqualifikation des Betriebs- und Wartungs-

personals erfolgen kann. Zusätzlich ist der Ausbildungsstand der Nutzer zu definieren. (Die Autoren bezweifeln, ob solche Überlegungen in viele Outsourcing-Verträge im notwendigen Umfang eingeflossen sind).

### Kosten- und Systemwirksamkeit

Alle bisher genannten Begriffe sind miteinander verbunden und führen letztlich zu dem Begriff der Kosten- bzw. Systemwirksamkeit. Unter Kostenwirksamkeit versteht man ein Maß für die Fähigkeit einer Betrachtungseinheit, die geforderten Funktionen mit dem bestmöglichen Verhältnis von Nutzen zu Lebenslaufkosten zu erfüllen. Diese beiden Begriffe werden bisher im Bereich des Netzwerk-Betriebs und des Redesigns viel zu wenig beachtet.

Den Zusammenhang zwischen den obengenannten Begriffen kann man wie folgt darstellen:



### Vom Funktionsprofil zur Service-Vereinbarung

Für das Verhältnis Nutzer/Dienstleister müssen die zuvor definierten Begriffe in einen praktikablen und vor allem meßbaren Zusammenhang gestellt werden. Hierzu bedient man sich der Definition eines Funktionsprofils. Das Funktionsprofil spezifiziert die Schnittstellen der Betrachtungseinheit, ihren Leistungsumfang, zeitliche Abhängigkeiten sowie Leistungsdaten. Aus geforderter Funktion und Umweltbedingungen ergibt sich ein zeitabhängiges Anforderungsprofil des Nutzers der Funktion. Solange dieses Anforderungsprofil erfüllt wird, ist die Betrachtungseinheit verfügbar.

Wie ein Anforderungsprofil für Netzwerke definiert werden kann, wird im folgenden erläutert.

- **Funktion**

Aus dieser Beschreibung muß erkennbar sein, wodurch die Funktion bzw. Nichtfunktion gekennzeichnet ist. Als Funktion kann z.B. definiert werden:

- \* eine Gruppe von Applikationen, Bürokommunikation mit MS-Produkten,

- \* eine spezielle Applikation, z.B. Finanzbuchhaltung,
- \* TCP/IP Protokoll,
- \* CSMA/CD Zugang,
- \* Verkabelungssystem mit technischen Eigenschaften gemäß EN50173.

Damit wird deutlich, daß durch die geforderte Funktion unterschiedliche Abstraktionsebenen innerhalb eines Netzwerkes und unterschiedliche Nutzerpopulationen angesprochen werden können.

- Leistung

Eng verknüpft mit der Funktion ist die Leistung. So kann z.B. eine Applikation funktionell ordnungsgemäß und fehlerfrei ablaufen, die Antwortzeiten sind aber aufgrund von Fehlern im Netz zu lang. Ein sinnvolles Arbeiten ist nicht möglich. An Leistungsparametern können je nach Abstraktionsgrad z.B. definiert werden:

- \* Antwort einer Applikation nach drücken der Return-Taste,
- \* Antwortzeit für ein PING zwischen zwei lokalen Teilnetzen,
- \* Antwortzeit für ein PING zwischen zwei Teilnetzen, die über eine WAN-Strecke verbunden sind,
- \* Zahl der Versuche > 1 Zugang zum Übertragungsmedium zu bekommen,
- \* Zahl der Kollisionen.

Alle Angaben beziehen sich auf die definierte Population an den vorgegebenen Zugangspunkten.

- Population

Hier ist die Beschreibung der Benutzerpopulation gefordert, die eine Funktion mit bestimmten Leistungsparametern nutzt. Als Population kann z.B. festgelegt werden:

- \* alle PC-Benutzer,
- \* Nutzer der Abteilung Finanzbuchhaltung,
- \* alle Router,
- \* alle Netzkomponenten in einem Subnetz,
- \* alle Endgeräteanschlußdosen.

- Zugangspunkt

Der Zugangspunkt gibt an, an welchem Punkt die vereinbarte Funktion bereitgestellt wird. Dieser Punkt kann den Grenzen von Verantwortungsbereichen entsprechen. Denkbare Festlegungen von Zugangspunkten sind:

- \* PC-Karte,
- \* Routerkarte,
- \* Endgeräteanschlußdose.

- Zeitbereich



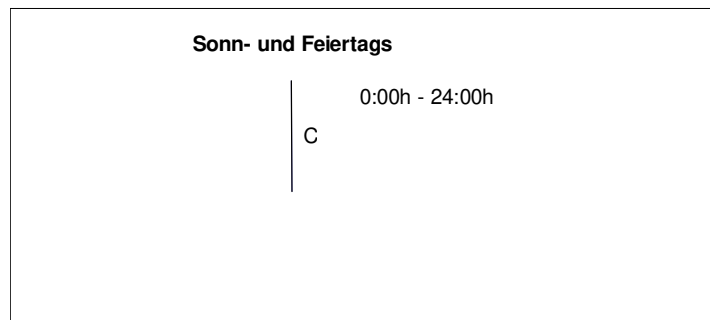
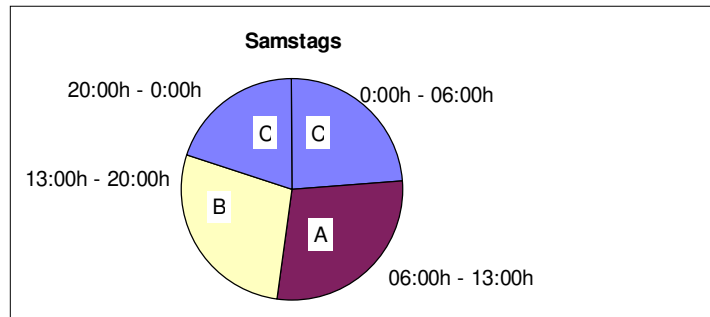
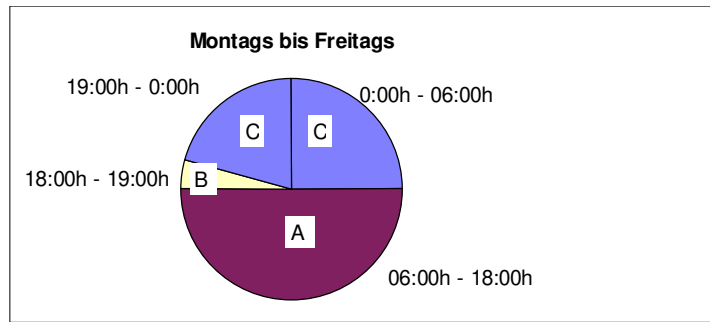
Der Zeitbereich gibt an, über welchen Zeitraum eine Funktion mit den angegebenen Leistungsdaten für die definierte Population verfügbar sein muß. Für unterschiedliche Zeitbereiche können somit z.B. unterschiedliche Leistungen definiert werden. Typische Zeitbereiche sind:

- \* werktags von 9:00 - 17:00h,
- \* werktags 24 Stunden,
- \* Sonnen- und Feiertags.

Üblicherweise werden über den Zeitbereich Zeiten mit schwächerem Dienstleistungsangebot sowie Servicezeiten festgelegt. So kann z.B. für die Zeit werktags nach 17.00 eine schlechtere Antwortzeit für alle Applikationen vereinbart werden. In dieser Zeit werden dann z.B. die notwendigen Datensicherungen durchgeführt.

Das folgende Beispiel soll die Zusammenhänge noch einmal verdeutlichen. Es zeigt ein zeitabhängiges Anforderungsprofil:

Geforderte Funktion: Antwortzeit für Anwendung X. Es gibt die 3 Zeitbereiche A, B und C. Die geforderte Antwortzeit ist in Zeitraum A am schärfsten aufgrund der Aktivitäten der Benutzer. Zeitraum B ist ein Servicezeit. Zeitraum C ist für Dateitransfers genutzte Nacht- und Wochenendzeit.



- **Umgebungsbedingungen**

Abschließend sind noch die Umgebungsbedingungen zu definieren. Hierzu gehören:

- \* Ausbildungsgrad der Nutzer einer Applikation, vorgeschriebene Schulungen,
- \* Temperatur im Technikraum,
- \* Durchgangsfrequenz des Reinigungspersonals.

Für viele der oben aufgeführten Punkte erfolgt die Angabe von Werten durch Minimal- bzw. Maximalwerte und durch Normalwerte, so daß hiermit die entsprechenden Toleranzbereiche festgelegt sind. Werden die festgelegten Toleranzbereiche verlassen, gilt die Betrachtungseinheit als nicht verfügbar.

### **Vom Profil zum Service Level Agreement (SLA)**

Auf der Basis der Anforderungsprofile lassen sich nun Vereinbarungen mit den Nutzern einer Dienstleistung oder einer Funktion treffen. Eine solche Vereinbarung wird Service Level Ag-

reement (SLA) genannt. Service Level Agreements sind ein Hilfsmittel, ein gemeinsames Verständnis über Dienste und Dienstgüte zwischen einem Dienstleister und seinen Kunden herzustellen. Es ist ein Kommunikationswerkzeug, das hilft, Erwartungen zu klären, Verantwortlichkeiten transparent zu machen und eine Basis zu schaffen, um die Effektivität des Dienstes zu bewerten. Ein SLA dient nicht dazu, Schuldzuweisungen zu generieren sondern soll die Ursachen von Problemen klären und helfen, sie zu beseitigen. Er wird gemeinsam von Kunde und Dienstleister erarbeitet.

Bei dieser Betrachtung ist es völlig unerheblich, ob es sich bei dem Dienstleister um einen externen oder internen Anbieter handelt.

Für die Erstellung eines SLAs sind zusätzlich zum Anforderungsprofil die folgend erläuterten Punkte zu definieren.

- Gewicht einer Population oder Nutzergruppe

Bei mehreren Benutzern, die einer Population angehören, die aber unterschiedlich zu bewerten sind, wird eine Gewichtung durchgeführt. Die Gewichtung leitet sich aus der Bedeutung einer Population für die betrieblichen Abläufe ab. Die Gewichtung gibt gleichfalls die Möglichkeit, Auswirkungen von Verfügbarkeitsverbesserungen entsprechend dem Gewicht zu beurteilen und damit einen ersten Schritt in Richtung Kostenwirksamkeit zu tun.

Die Erarbeitung der Gewichtung einer Nutzergruppe ist i.d.R. eine Aufgabe der Geschäftsleitung eines Unternehmens bzw. einer Unternehmenseinheit, da hier eine qualitative Einstufung von Geschäftsprozessen und der zugeordneten Netzunterstützung geschaffen wird. Je wichtiger ein Geschäftsprozeß, desto höher auch die Gewichtung einer Nutzergruppe. Diese selbstverständliche Erkenntnis ist konsequent in SLAs umzusetzen.

- Abhängigkeiten zwischen Populationen/Nutzergruppen

Werden SLAs mit mehreren Benutzern eines Netzwerkes abgeschlossen, ist grundsätzlich darauf zu achten, daß sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Dies ist für Netze nicht unter allen Umständen möglich. Bei Netzwerken ergibt sich systembedingt das Problem der Verfügbarkeitsreduktion durch das Verhalten anderer. Die Gewichtung einer Nutzergruppe klärt hier den Vorrang. Das bedeutet, daß ein SLA Hinweise darauf zu enthalten hat, daß bei Inanspruchnahme von speziellen Funktionen durch eine bestimmte Nutzergruppe Funktionseinbußen für eine andere Gruppe keine Reduktion der Verfügbarkeit bedeutet.

- Prüfmechanismen

Um beurteilen zu können, ob eine Funktion erfüllt ist oder nicht, sind geeignete Prüfmechanismen zwischen Nutzer und Dienstleister zu vereinbaren. Solche Prüfmechanismen müssen für Nutzer und Dienstleister in gleicher Weise einfach nachvollziehbar sein. Denkbare Prüfmechanismen sind die Messung von Antwortzeiten, möglichst automatisch durch Monitore und Fehlerstatistiken. Solche Prüfprogramme wird man in der Regel bei großen Populationen nur stichprobenartig einsetzen. Die Festlegung des Stichprobenumfangs sowie der Meßpunkte gehören dann mit zur Definition des SLAs.

- Reports und Reviewmechanismen

Um den Nutzern Aufschluß über die Verfügbarkeit (Einhaltung des definierten Anforderungsprofils) zu geben, sind neben den Prüfmechanismen Reports und Reportformen zu de-

finieren, die für den Nutzer die Verfügbarkeit in übersichtlicher Weise transparent machen. Anhand dieser Reports sind regelmäßig Reviews durchzuführen. Gegebenenfalls sind Anforderungen und Toleranzbereiche kontinuierlich neu zu definieren. Aus dieser Sicht handelt es sich um einen iterativen Prozeß, der u.U. erst nach mehreren Schritten das gewünschte Resultat zeigt.

- Regeln für die Lösung von Konflikten
  - Werden die vereinbarten Verfügbarkeiten nicht erreicht, müssen Eskalationsmechanismen
    - \* mit festgelegten Verantwortlichkeiten,
    - \* zu treffenden Maßnahmen,
    - \* Kontrollmechanismen für Verbesserungen und
    - \* Vertragsstrafen

eingrichtet sein. Notwendig sind z.B. entsprechende Gesprächskreise mit vordefinierten Teilnehmern und Entscheidungsbefugnissen und eine "Feuerwehr-Gruppe" für die Durchführung dringlichster Arbeiten mit vorgegebener Qualifikation je Mitarbeiter.

### **Vorhersage der Verfügbarkeit**

Für den Planungsprozeß und vorgesehene Redesignmaßnahmen ist es wünschenswert, vorab eine Aussage über die erzielbare Verfügbarkeit machen zu können und damit die Kostenwirksamkeit abschätzen. Die Analyse von gewünschten Anforderungsprofilen eines SLAs erfolgt z.B. durch den Einsatz eines Blockdiagramms. Diese Methode wird im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus regelmäßig eingesetzt.

Die Ermittlung der vorausgesagten Zuverlässigkeit mit Hilfe dieser Diagramme erfolgt in folgenden Schritten:

- Definition der geforderten Funktion und des Anforderungsprofils,
- Aufstellen des Zuverlässigkeitsblockdiagramms (ZBD),
- Bestimmung der Arbeitsbedingungen für jedes Element im ZBD,
- Bestimmung der Ausfallrate für jedes Element im ZBD,
- Berechnung der Zuverlässigkeit für jedes Element im ZBD,
- Berechnung der Zuverlässigkeit insgesamt,
- Behebung der Schwachstellen und Neuberechnung.

### **Blockdiagramm**

Die an der Funktion beteiligten Elemente werden zunächst grob eingeteilt in Unterfunktionen, die dann später in weiteren Schritten wieder aufgeteilt und untersucht werden können. Mit dem Diagramm wird stets in der höchsten Integrationsstufe begonnen. Für tiefere Stufen wird dann eine eigene Funktion formuliert und ein eigenes Diagramm aufgestellt (System, Anlage, Baugruppe, Bauteil).

Jedes Element des Blockdiagramms beschreibt eine Funktion mit einem zeitabhängigen Funktionsprofil. Für jedes Element kann eine Wahrscheinlichkeit angegeben werden, mit der das Element die geforderte Funktion erfüllt (Zuverlässigkeitswert zwischen 0 und 1).

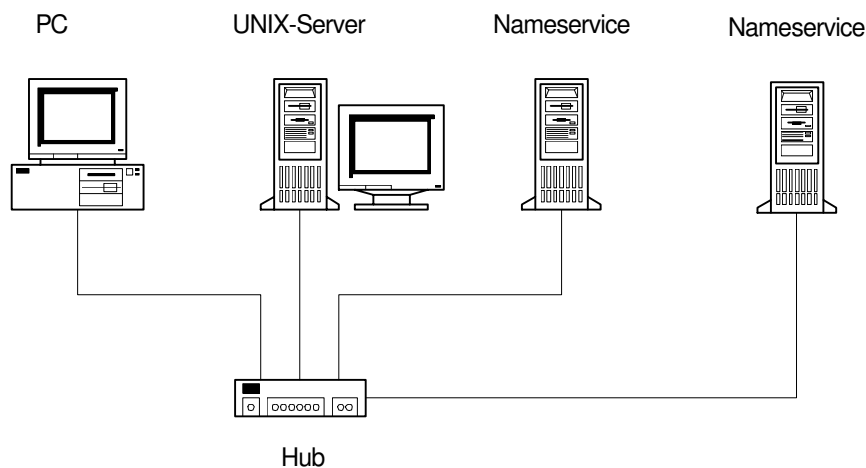
Die für die Funktionserfüllung notwendigen Elemente werden in Reihe, die redundanten Elemente in Parallelschaltung angeordnet. Das Zuverlässigkeitsblockdiagramm (ZBD) gibt damit Auskunft über die Frage, welche Elemente des Gesamtsystems zur Erfüllung der geforderten Funktion funktionieren müssen und welche ausfallen können (Redundanz).

Die Berechnung der Zuverlässigkeit wird analog der Berechnung von Widerstandsnetzwerken in der Elektrotechnik vorgenommen.

Es ist zulässig, daß Elemente mehrfach im Diagramm auftreten. In diesem Punkt muß man die Analogie zur Elektrotechnik verlassen: Zur Erfüllung einer Funktion kann es erforderlich sein, daß dieselbe Unterfunktion mehrfach benutzt wird. Als Beispiel wäre hier der Nameservice zu nennen, der im Laufe einer Kommunikation von mehreren Clients gefordert sein könnte. Die Zuverlässigkeit des Nameservice ist dann an mehreren Punkten des ZBD für die Gesamtzuverlässigkeit von Einfluß.

### Ein Beispiel zum ZBD:

Ein PC greift über TCP/IP Protokoll auf einen UNIX-Server zu.



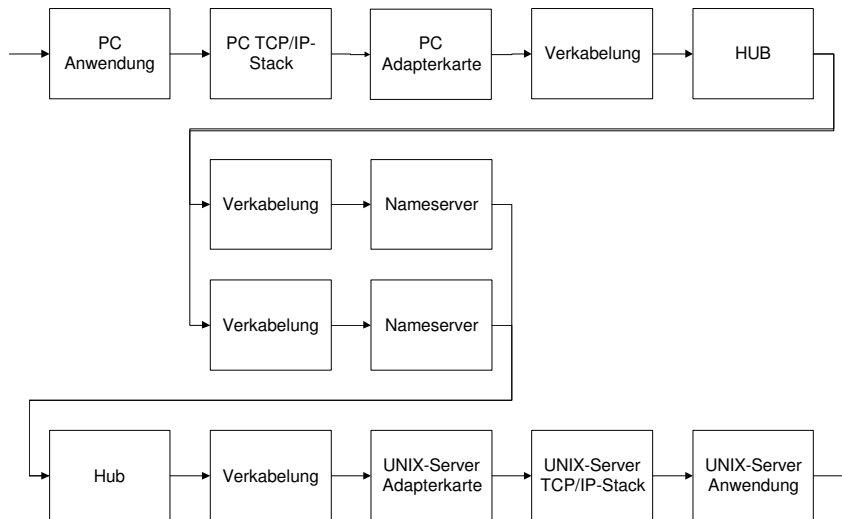
Die Verbindung benötigt folgende Elemente zur Funktion:

- PC-Anwendung
- PC TCP/IP-Stack
- PC Adapterkarte
- Verkabelung
- HUB
- Verkabelung
- Nameserver
- Verkabelung

- Hub
- UNIX-Server Adapterkarte
- UNIX-Server TCP/IP-Stack
- UNIX-Server Anwendung

Der Nameservice ist redundant im Netzwerk vorhanden.

Die im Beispiel beschriebenen Elemente sind bezüglich Zuverlässigkeit als Mischung aus Reihenschaltung und Parallelschaltung zu verstehen:



Die Auswahl dieser Elemente entscheidet über die Aussagekraft des ZBD. Jedes einzelne Element läßt sich in einer tiefer gelegenen Integrationsstufe weiter in seine Einzelteile zerlegen. Zum Beispiel könnte die Funktion Nameserver in obiger Liste durch mehrere redundante Systeme gebildet worden sein. Gleichfalls könnte die Verkabelung in Kabel, Patchkabel, Stecker und Buchsen aufgeschlüsselt werden.

Eine Detaillierung eines Elements in Teilelemente macht nur dann Sinn, wenn für die Teilelemente eine Verfügbarkeit angegeben (gemessen) werden kann und wenn das Teilelement auch für die Betrachtung von Interesse ist. Elemente mit der Verfügbarkeit 1 brauchen nicht weiter detailliert zu werden oder können ganz aus dem Diagramm entfallen.

Grundsätzlich sollte man bei der Definition der Elemente des Blockdiagramms von vornherein auf die Meßbarkeit achten. In vielen Fällen reicht es aus, eine Funktion bis zu einer meßbaren Größe zu beobachten und die restliche Funktionsstrecke als funktionierend anzunehmen. Die Anwendung in einem PC erlaubt es in den allermeisten Fällen nicht, verwertbare Verfügbarkeitszahlen zu ermitteln. Hier kann dann nur noch die aufwendige händische Erfassung im User-Help-Desk weiterhelfen.

Wenn man das obige Beispiel betrachtet, wird die Komplexität des Unterfangens deutlich, für ein reales Netzwerk eine Kennzahl zur Verfügbarkeit zu ermitteln. Helfen kann hier nur die Verwendung mehrerer Abstraktionslevel.

## Schlußbetrachtung

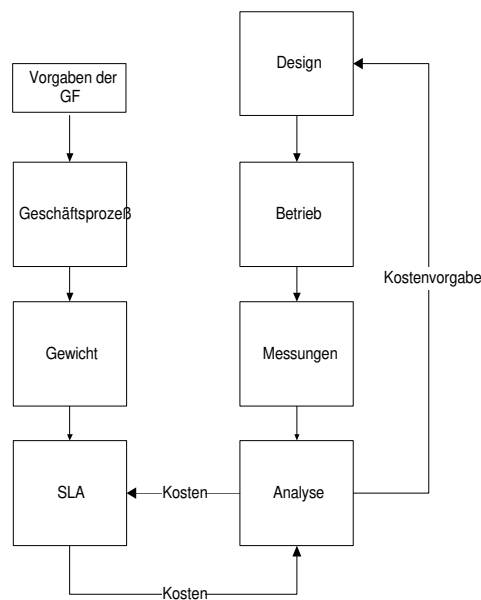
Die folgende Graphik zeigt noch einmal in einer Übersicht die erarbeiteten Zusammenhänge. Der Geschäftsprozeß gibt das Gewicht für eine Population vor. Daraus wird das SLA für die entsprechenden netztechnischen Funktionen abgeleitet. In der folgenden Analyse-Phase wird mit Hilfe der Blockdiagramme das SLA untersucht und mit Kosten hinterlegt. Sind diese Kosten für den Nutzer zu hoch ist die Definition eines veränderten, in der Regel weniger anspruchsvollen SLAs erforderlich. Die Kosten sind hierfür wieder neu zu ermitteln.

Stehen SLA und Kosten im richtigen Zusammenhang, wird mit dieser Kostenvorgabe das Design durchgeführt. Damit liegen gleichfalls die theoretischen Solldaten durch die Definition des SLAs fest.

In der folgenden Betriebsphase wird dann die Einhaltung des SLAs über Messungen überwacht. In der anschließenden Analysephase werden IST und SOLL verglichen (SLA-Anforderungen mit Meßergebnissen) und damit auch die Kostenwirksamkeit untersucht. Notwendige Korrekturen werden dann z.B. aufgrund

- einer veränderten Kostensituation,
- permanenter Nichteinhaltung des SLAs,
- verändertem Gewicht aufgrund veränderter Einschätzung von Geschäftsprozessen

durchgeführt.



Die in diesem Artikel vorgestellten Grundlagen werden in Arbeitskreisen der BGNW weiterentwickelt und in die Praxis umgesetzt. Hier werden z.B. SLA ausgearbeitet, die im Betrieb auf Ihre Anwendbarkeit geprüft und entsprechend optimiert werden. Gleichfalls werden Aspekte des Accountings auf der Basis von SLAs diskutiert.

## Autoren

Dieser Artikel ist eine Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse des Arbeitskreises "Verfügbarkeit in Netzwerken" der BGNW.

### **Referenz**

1. A. Birolini, "Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systeme", Springer Verlag
2. A. Villemeur, "Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment Vol. 1 Methods and Techniques", Verlag John Wiley & Sons
3. C. Colbourn, "The Combinatorics of Network Reliability", Oxford University Press
4. J. Kohlas, "Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit", Teubner Studienbücher
5. D.R. Shier, "Network Reliability and Algebraic Structures", Clarendon Press
6. Smith, "Reliability Engineering, Supplement to British Telecommunications Engineering Vol.3 Part 3"