

Wie?

Selbst Linkshänder geben sich die Rechte. Diese Konvention hilft der Verständigung, die Hände passen ineinander. Ähnliche „Handshakes“ nutzen technische Geräte, um miteinander ins Gespräch zu kommen. Anschließend geht der maschinelle Krügge weiter: Protokolle sorgen für gedeihliche Kommunikation zwischen ursprünglich Fremden. So ein Protokoll ist IP, das Internetprotokoll. Wie arbeitet es und wann nicht mehr?

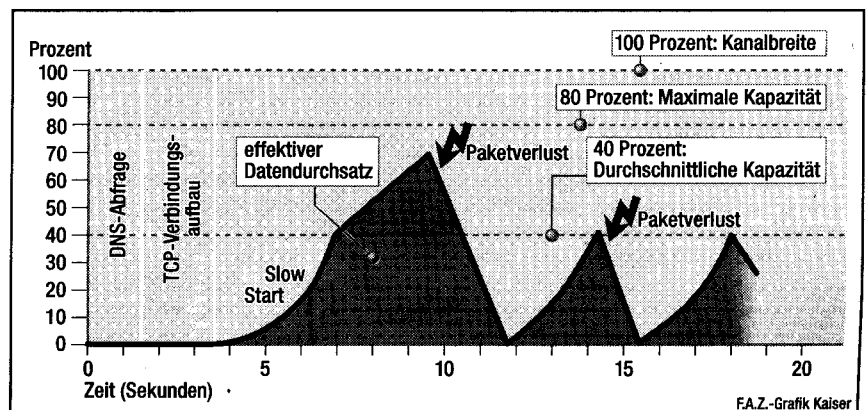
Für das 50-kbit/s-Datenpaketnetz der „Advanced Research Projects Agency“ und seine 23 Hostrechner schrieb Richard Karp 1974 den ersten TCP-Kode. Mit Vinton Cerf von Stanford hatte er ein „Transmission Control Program“ erdacht, das Nachrichten in „Datagramme“ portionierte und verpackelte. Schon 1978 wurde aus dem TCP eine Sammlung von über hundert „TCP/IP“-Protokollen, denn aus dem Arpa-Netz war das Internet geworden. Heute wird das TCP/IP von der „Internet Engineering Task Force“ (IETF) weiterentwickelt. Das TCP garantiert von einem Ende einer Übertragungskette bis zum anderen eine verlustfreie Datenübertragung – oder gar keine.

Bei einer Internetabfrage muß meist noch vor dem ersten Händedruck beim Domännennamenserver die numerische IP-Adresse erfragt werden, der dann etwa aus www.joern.de die Ziffernfolge 195.21.215.6 macht. Der erste Handshake erfolgt dann in drei Schritten: Anruf, Bestätigung und Rückbestätigung. Dabei werden Port-Nummer und die zufällige Folgezahl für die erste Nachricht ausgehandelt, die „Initial Sequence Number“. Dieser „Handschlag“ dauert also mindestens drei Übertragungszeiten, und das kann im Fall von Mobilfunk-Dialogen schon zu lang sein. Danach geht's los, denn meist will ja eine Seite Daten von der anderen: Der Quellrechner packt sie in „Segmente“, vielleicht je 500 Byte, hängt 40 Byte IP-Kopfeintrag (Header) mit Quelle, Ziel, Folgenummer und Quersumme des Segments davor und schickt erst einmal ein Segment auf die Reise, später immer mehr, technisch gesagt ein „Fenster“ voll. Mit etwas Glück kommen rasch bestätigende Antworten, wobei nicht für jedes einzelne Segment eine Quittung erfolgen muß: Der Empfänger bestätigt den ganzen Stoß und sagt einfach, welches Segment er als nächstes erwartet. Daraus erkennt der Sender laufend die Qualität des Verkehrsweges und schickt nächstens hintereinanderweg mehr Pakete und (anfangs)

quadratisch anwachsend immer mehr, bis zu einem Maximalwert, der sich aus der vorher vom Empfänger bekanntgegebenen Aufnahmefähigkeit – seiner maximalen Empfangskapazität, dem „Advertised Receiving Window“ – und der Laufzeit errechnet. Nach so einem Hin und Her sind etwa bei Mobilfunk die Pakete in knapp 10 Sekunden auf voller Fahrt, erst! Für Dialogbetrieb ist das zwar nichts, bei der Übertragung längerer Dateien müßte dann bei konstant bleibender Qualität und Laufzeit ein stabiler optimaler Fluß entstehen. Bei einer Leitungsverbindung ist das auch in Schwankungsgrenzen so. Ändert sich aber plötzlich die Laufzeit – etwa wenn bei einer GPRS-Übertragung ein Konkurrent auf der Funkstrecke auftaucht, ein vorrangiges Telefonat, andere Datenübertrager, oder wenn zwischendrin gestörte Pakete über Funk „im kleinen Dienstweg“ wiederholt werden –, so geht der Sender gleich wieder auf „Los“, ohne Umschweife. Bessert sich die Lage, so kann die Geschwindigkeit ja wieder steigen. Dieses Verfahren schützt das Netz und nennt sich „Congestion Avoidance and Slow Start“, Staumeidung und Langsamstart. Die dynamische Anpassung der Fenstergröße heißt „Sliding Window Technique“, Schiebefenster-technik, denn unser schönes Wort Technik kennen die Angelsachsen da auch. Es gibt einen Langsamstart-Schwellenwert („Slow Start Threshold“), ab dem nur mehr linear Gas gegeben wird, bis höchstens zum „Advertised Receiving Window“. Und es gibt ein „Congestion Window“, das im laufenden Betrieb Staus verhindert. Bei Überlast – wenn dreimal immer wieder nur dieselben Segmente quittiert werden (auch Quittungen werden natürlich wiederholt, wenn Reaktion ausbleibt) oder wenn Antworten überfällig sind und sich eine bestimmte Zeitlang überhaupt nichts mehr tut

(„Retransmission Timeout“) – wird der „Slow Start Threshold“ auf die Hälfte gekappt. Nach einem Timeout wird sogar das „Congestion Window“ auf nur ein Segment gestellt, so daß danach über den (ohnehin halbierten) „Slow Start Threshold“ nicht mehr hinausgekommen wird. Das TCP/IP-Protokoll hat noch weitere Feinheiten, etwa einen „Fast Retransmit with Fast Recovery“ nach bloßen Duplikatbestätigungen, ist aber dennoch so dynamisch, daß bei langen und zudem schwankenden Laufzeiten, sogenanntem Jitter, ein meist ohnehin enger Kanal nur zu einem Bruchteil genutzt wird. Wenn dann noch ein Konkurrent ähnliche Stoßbelastungen hervorruft, bricht die Übertragung schneller zusammen als sie wieder ins Laufen kommt, Neuübertragungen und Bestätigungsduplikate häufen sich.

Die IETF empfiehlt dagegen Kompression der Daten nach ihrem „Request for Comments“ RFC 2393; bewährt hat sich der seit 1991 frei verfügbare Algorithmus GNUZip von Jean-Loup Gailly und Mark Adler, den inzwischen alle Browser aus einem Entity-Header-Eintrag („Content Encoding“) im „Hypertext Transfer Protocol“ (HTTP) erkennen. Die Zip-Rechnerei erhöht allerdings wieder die Laufzeit. Außenherum sollte der Segment-Header von herkömmlichen 40 auf 3 bis 5 Byte gekürzt werden, nach Van Jacobson's RFC 1144 aus Berkeley. T-Mobil empfiehlt für GPRS-Mobilfunk mit seinen langen Laufzeiten wenn schon, dann maximal lange Segmente: 1500 Byte („Maximum Transfer Unit“, MTU) – man zahlt dann übrigens auch weniger Overhead-Bits mit. Zugleich wird versucht, die barocken Mobilfunklaufzeiten für Daten abzuspicken. Zudem sind für viele unterhaltsame Inhalte verlustfreie Übertragungsverfahren unpraktisch, für Bilder etwa und schon gar für strömende Töne oder Videos. fj.



Engpässe auf der Datenautobahn: Die Bits und Bytes strömen nicht kontinuierlich