

- m/@greedypeasant/video/7243454301601877250 (last access: 25.04.2024).
- greedypeasant (03.09.2022): »A short presentation on #medieval #newyork for #cemtember«, TikTok: <https://www.tiktok.com/@greedypeasant/video/7139165183930289410> (last access: 25.04.2024).
- greedypeasant (10.06.2022): »A #collab for #pridemonth !!«, TikTok: <https://www.tiktok.com/@greedypeasant/video/7107591561256439041> (last access: 25.04.2024).
- greedypeasant (12.11.2021): »Stitch with @hankgreen1 Calming peasant thoughts«, TikTok: <https://www.tiktok.com/@greedypeasant/video/7029684678286134530> (last access: 25.04.2024).
- greedypeasant (13.05.2021): »Bring Them Back«, TikTok: <https://www.tiktok.com/@greedypeasant/video/6961762098711973121> (last access: 25.04.2024).

Meta

Herausgeber:innen

Meta Platforms Inc.; ISIN US30303M1027, WKN: A1JWVX; Unternehmen der Absatzwirtschaft (→ Foto, virtuelles). Nichts zu sehen.

Multiplizität

Stefan Laser

Die gleichzeitige Ausführung mehrerer Programme gehört zu den Errungenschaften der Informatik und ist heute

ein selbstverständlicher Bestandteil digitaler Rechenprozesse aller Art. Einige Beispiele: Ich lasse auf meinem Laptop mehrere Fenster nebeneinander offen und wechsele auf dem Smartphone mit einem Wisch zwischen Apps. Bei unserer ethnographischen Forschung zu universitären Rechenzentren (→ Hypervisor) schwärmt die IT-Administration von den Vorzügen virtueller Server, die nicht nur Operationen, nein, nicht einmal Programme, sondern ganze Nutzer:innen nebeneinander laufen lassen. Und Hersteller:innen von Headsets für Virtuelle Realitäten legen über die erdliche eine digital-virtuelle Realität. Als User erwarte ich Flexibilität, und bekomme sie, in vielfältiger Form, gleichzeitig. Das kann erstaunliche Erfahrungswelten hervorbringen (siehe etwa → Medieval TikTok, → Tribunal). Die Art und Weise, wie Gleichzeitigkeit gelingt, basiert auf in den 1960er Jahren etablierten informatischen Konzepten: der *Multiprogrammierung* und dann dem *Multitasking*. Das Prinzip ist in die Alltagssprache eingegangen und macht die Arbeit am und mit dem Rechner ubiquitär (vgl. Mattern 2003). Wir multitasken. Aber: Programme laufen eigentlich gar nicht gleichzeitig ab. Multiplizität ist eine Illusion. Sphären von Aktivitäten überlagern sich, es findet mehr als eine Handlung statt, aber niemals viele (vgl. Strathern 1991). Genau wegen dieser virtuellen Illusion ist die Technik so erfolgreich. Ein Blick in die (Geschichte der) Computerarchitektur erhellt das Thema.

Eine kurze Geschichte der Verdrahtung

Computerchips (CPUs, nach der englischen *Central Processing Unit*) arbeiten Aufgaben nacheinander ab, das heißt Prozesse warten auf ihre Exekution (vgl.

Bashe et al. 1986; Computer History Museum 2016; Heintz 1993). Das war in den 1950er Jahren äußerst ineffizient organisiert. Ursprünglich fiel eine CPU nach der Ausführung in den inaktiven Idle-Zustand und wartete lange auf neuen Input (etwa Tastaturbefehle) oder die Produktion von Output (bspw. den Druck einer Seite Papier). Systeme waren unflexibel und die Pause bedeutete: Rechenkapazität lag brach. Aber dank komplizierter Steuerprogramme und zeitlicher Optimierung bis auf einen Bruchteil einer Sekunde suggeriert der Rechner seit den 1960er Jahren die gleichzeitige Bearbeitung von Prozessen. Das war ein enormer Fortschritt und nunmehr geht es um Optimierungen auf die Nanosekunde (→ Zeit, virtuelle).

Trotzdem gilt: Noch heute kann eine einzelne CPU nur eine Aufgabe gleichzeitig ausführen. Genau so ist Multiprogrammierung ursprünglich definiert, als »time-sharing of a processor by many programs operating sequentially« (Critcklow 1963: 107). Ein »supervisory program«, so hält es das zitierte, einschlägige Papier fest, soll Prozesse möglichst effizient aneinanderketten und aufsplitten. Das darauf aufbauende Multitasking fügte dem weiteren inkrementelle Innovationen hinzu; mehr Produktivität wurde freigesetzt.

Weitere Kniffe folgten, um auf einem Computer schnell und multipel unterwegs zu sein, nicht zuletzt beschleunigt durch Effizienz- und Produktivitätsgewinne der Microchip-Hardware. Die Ausarbeitung und Anreicherung des Multitasking ist dabei eng verwoben mit der Entwicklung von virtuellen Servern (siehe den Schweserbeitrag zum → Hypervisor). Zwei soziotechnische Innovationen prägten die Entwicklung.

Ein erstes, radikales Denken und Arbeiten nach expliziter Virtualisierungslogik bot die *virtuelle Speicherverwaltung*.

Eine CPU arbeitet mit einem separaten Arbeitsspeicher, dem primären Speicher, der anders aufgebaut ist als Festplatten oder SSDs (*Solid-State-Drives*), der sogenannte sekundäre, immer zugängliche Speicher. Dabei geht es um folgendes Problem: Prozesse einer CPU erhalten im Arbeitsspeicher eine separate Adresse, und bei mehreren Programmen in der Warteschlange kann der primäre Speicher schnell ausgereizt sein. Das Problem war in den 1950er und -60er Jahren wegen der hohen Speicherpreise und geringen Kapazitäten virulent, wobei die Nachfrage nach neuen Rechenmethoden bereits erkannt wurde (vgl. Hürlimann/Zetti/Joye-Cagnard 2009). Heute gilt das Problem durch rasant wachsende Anforderungen, die sich zum Beispiel in Hochschulen aufgrund von aufwändigen natur- und technikkwissenschaftlichen Simulationen, Modelling oder Artificial Intelligence stellen (vgl. Edwards 2013; Silvast et al. 2020).

Früher konnten große Programme nur kompliziert händisch geladen werden. Programmierer:innen mussten nicht nur ihre mathematischen Modelle ausformulieren, sondern in die Skripte eigene Umwege einbauen, um den Speicher sozusagen freizuhalten. Viele Programme waren maßgeschneidert. Das wäre heute undenkbar kompliziert. Stattdessen ist es nun dank Virtualisierung möglich, dem Prozess zu *suggestieren*, dass er volle Kapazität hat und nicht händisch aufgeteilt werden muss (vgl. Denning 1970). Dazu wird im laufenden Prozess dynamisch und automatisch der physische Speicherplatz zugewiesen, aufgeteilt in kleine virtuelle Blöcke, in die der Rechenprozess gesplittet wird. Die Festplatte hilft als langsamer, aber stabiler Zwischenspeicher aus, um wartende Prozesseinheiten abzuspeichern. Das ist der Kniff der *virtuellen Speicherverwaltung*. So werden die Kräfte

der Multiprogrammierung freigelegt und die händische Zuordnung von Speicher fällt weg.

Vom Speicher zu Timesharing und Partitionierung

Die virtuelle Illusion ist, dass im Speicher alle Prozesse zusammenhängen. Für Nutzer:innen entsteht der Eindruck von Gleichzeitigkeit, das Virtuelle ist hier also zu verstehen als eine verzerrte Wiedergabe der tatsächlichen Operation. In der Realität wird eine Informationseinheit dann (und nur dann) in den Arbeitsspeicher gezogen, wenn sie benötigt wird (vgl. ebd.). Mit diesem Trick zeigt sich »virtual memory« im Rückblick als »one of the great engineering triumphs of the computing age« (Denning 1997: 262), auch wenn die Technik zunächst umstritten war und Ingenieur:innen der hier vollzogenen, automatischen Allokation von Speicher nicht unmittelbar trauten und hitzige Debatten entflammten. Für die Informatik schwingt im Begriff des Virtuellen auch ein Hauch Unbestimmtheit mit, denn obwohl die Programmierer:innen unterstreichen, dass operative Handlungsketten unterbrochen werden, damit stets nur ein Prozess im Hauptspeicher ist, laufen die Arbeiten des Prozessors weiter. Wichtig ist in jedem Fall: Die virtuelle Speicherverwaltung kommt bei allen Computersystemen zum Einsatz. Aber im Rechenzentrum wird sie besonders genau evaluiert und laufend zentral abgefragt. Neben Prozessor, Grafikkarte und Netzwerktechnik sind primärer und sekundärer Speicher die entscheidenden Teile heutiger Rechenzentren; die basalen Dashboards von virtuellen Servern zeigen sogar ausschließlich CPU und Speicherauslastung

an und leiten daraus Einsparpotenziale ab (s.u.).

Damit kann ich zur zweiten sozio-technischen Innovation kommen. Ein organisatorischer Vorgänger der virtuellen Server findet sich in den Großrechnern der 1960er und 70er Jahre, das sogenannte Timesharing (vgl. Agar 2006; Hu 2015). Hierbei geht es nicht direkt um das Innenleben der CPU, wie bei der Multiprogrammierung. Die Idee war und ist einleuchtend: Um die teure und ausladende Technik des Großrechners möglichst effizient und breit nutzen zu können, konnten User:innen an Institutionen wie Universitäten individuelle Rechenzeit buchen und separat abrechnen. Dazu erhielten sie Remote-Access auf Zeit. Im Zuge unserer ethnographischen Forschung zu Rechenzentren erzählten uns ehemalige Systemadministratoren von den zeitlichen Taktungen und Regulierungen, die das damalige User:innen-Leben streng ordneten – von nervenaufreibenden Wartezeiten mit Angst vor Tippfehlern und von raffinierten studentischen Hacks, um dank Bugs im System die Rechner nachts kostenlos nutzen zu können. Man »stritt sich um Rechenzeit«, »alles war in Konkurrenz zueinander«, wie uns im Interview erzählt wird, denn normaler Nutzer:innen konnten die wertvollen Großrechner nur über Fernschreiber und Lochkartenschreiber zu bestimmten Zeitpunkten ansprechen. Im Kontrast dazu hantierten die privilegierten Mitarbeiter:innen im Rechenzentrum mit Zugriff auf die Struktur und kümmerten sich um Vulnerabilitäten (die sie nicht selten übersahen) (→ Behinderung, virtuelle), technische Trends (für die in Deutschland oft monetäre Ressourcen fehlten) und den bereits damals »unheimlichen« Stromverbrauch (der noch heute das ökologische Kernthema der Rechenzentren bildet (vgl. Hogan 2018)). Kurzum,

User:innen waren geboren, fortan wurde Nutzung als Multiplizität konzipiert (vgl. Wilkie/Michael 2009). Und weil User:innen gleichsam über die Abrechnung in ökonomische Tauschverhältnisse integriert wurden (vgl. Hu 2015: 39), wurden sie ein Teil der Prozessoptimierung, den schon die Erfindung des virtuellen Speichers umgetrieben hat. Aber damit sich User:innen als solche begreifen konnten, musste auch ihnen Gleichzeitigkeit suggeriert werden, wie im Innenleben des Speichers. Das leistet das sog. Timesharing, es löst die Nutzer:innen scheinbar von ihren klaren Einzelslots, indem es Aufgaben in kleine Teile spaltet und im Hintergrund die Allokation verwaltet. Personen wännen sich in einsamer Kontrolle des Terminals, wenn sie doch nur ein:e Nutzer:in unter vielen sind.

Vereinfacht wurde das Timesharing durch Partitionierung – oder, wie es 1984 beim Apple II hieß: das *virtual drive* (Abb. 1). Erstmals als Synonym für das Virtualisieren von primärem Speicher benutzt, setzte sich der Begriff der Partitionierung als zentrales Schlagwort durch, nachdem sekundärer Speicher in Form von Festplatten aufkam. Damit ging es um Geräte mit großem Speicherplatz, die langsam aber sicher Disketten und Magnetbänder als dominante Medien ablösten. Dank Partitionierung ließen sich Systeme nebeneinander installieren und booten, Programme komfortabel reproduzieren und Fehler schnell rückgängig machen. So konnten mehrere Personen gleichzeitig arbeiten und auch der virtuelle Speicher hat mehr Ressourcen erhalten, um die Illusion der Gleichzeitigkeit bei gleichzeitig steigender Komplexität und längeren Operationsketten aufrechtzuerhalten. Mit der 3.5 Zoll Festplatte etablierte sich über die 1980er Jahre ein standardisiertes Format, das bis heute die Rechenzentren füllt und

flexiblen, ausreichend schnellen, günstigen Speicherplatz für virtuelle Partitionen bietet (vgl. Cooper 2021).

Abb. 1: Screenshot aus der Anleitung für den Apple II, *Corvus Constellation Generation Guide* (Corvus 1984: 71)

Any more virtual drives? (Y/N):

Innovation und Illusion

Multiplizität als Illusion treibt aufwändige technische Innovationen voran, heute etwa im Umfeld der Virtuellen Realität. 2023 hat Apple Inc. bspw. eine eigene immersive VR-Brille auf den Markt gebracht, die sowohl eng mit der ›Cloud‹ und den optimierten Rechenzentren verknüpft ist, um Anfragen von User:innen zu verarbeiten, als auch innovative Speichertechnologie verwendet, um die virtuelle Erfahrung scheinbar reibungslos zu gestalten. Denn eine Besonderheit der sog. *Vision Pro*-Brille ist ihre eingebaute Illusion der Durchsichtigkeit (›passthrough‹). User:innen setzen eine Brille auf, die sie von der Umwelt abschottet; aber sie erhalten die Option, den Blick sozusagen freizuschalten und durch die Wände der Brille zu blicken, als ob sie mit unverdeckten Augen in den Raum hineinschauten. (Gleichzeitig bekommen dritte Personen Kamerabilder von den Augen der Nutzer:innen angezeigt, um den ›freien‹ Blick zu markieren. Multiplizität kann *creepy* sein.) Damit diese Illusion gelingt, kommen nicht nur mehrere hochauflösende Kameras und Bewegungssensoren zum Einsatz, sondern ein eigenes System an Chips. Sowohl die CPU- und Arbeitsspeicher sind auf das Gerät und seine Programme ausgelegt, als auch ein kleiner dritter Chip,

der spezifisch auf die Datenverarbeitung der externen Sensorik und Kameras ausgelegt ist. Die Ingenieur:innen haben diesen Chip physisch möglichst nah an die CPU und den Hauptspeicher herangelegt und diverse Effizienzsteigerungen eingebaut. Außerdem ist ein statischer Speicher im Hauptprozessor für die hier verarbeiteten Daten freigehalten, um Berechnungszeiten ohne Unterbrechung zu ermöglichen. So werden User:innen Kamerabilder mit derart geringer Latenz und hoher Bildrate dargestellt, dass sie sogar Tischtennis spielen können, ohne dass sie Bälle verfehlen oder Spieler:innen schnell Kreislaufprobleme bekommen. Damit wird deutlich, welche nahezu absurden, aufwändigen Anforderungen die Multiplizität annehmen kann – sowohl hinsichtlich der Programmierung als auch der mobilisierten Ressourcen und Energie, die in die Entwicklung von Chips eingehen (vgl. Edwards/Cooper/Hogan 2024).

Ein moderner Chip, sei es im Rechenzentrum oder VR-Headset, knüpft an die hochkomplexe globale Wertschöpfung der IT-Industrie an. Die Illusion der Gleichzeitigkeit ist erkaufte durch Landnahme, Ressourcen und Arbeitskraft in der Ferne. Es ist ein Investment, das nur unter ganz bestimmten Bedingungen stabil gehalten werden kann. Die eigentlichen Kosten und alle involvierten Akteur:innen sind nicht abschätzbar. Crawford und Joler (2018) haben einen Überblick gegeben über die notwendigen menschlichen Arbeitskräfte, Datenströme und planetaren Ressourcen am Beispiel eines Smart Speakers und Entgrenzung illustriert. In unserem Bochumer Forschungsprojekt zu Rechenzentren knüpfen wir an diese Ambition an und zeigen am Beispiel der aktuellen Chip-Investitionen, wie Dynamiken der Industrie Landschaften für Produktionsstätten in Asien freiräumen. Die unsichtbaren

Ressourcen und zeitlich mehr oder weniger entkoppelten Arbeitskräfte in der Ferne sind Teil der Multiplizität der Rechenerfahrung; sie verweisen auf weitere Erfahrungen, die gleichzeitig involviert sind.

Virtuelle Server bauen auf Timesharing und Partitionierung auf und entfesseln den Grundgedanken der geteilten Ressourcen; virtuelle Realität blickt auf Jahrzehnte der informatischen Innovation zurück und fügt einen eigenen Twist hinzu, und das ist jeweils individuell zugeschnitten auf separat identifizierbare User:innen. Dieser informatorische und technologische Hintergrund von Timesharing und Partitionierung ist auch Grundlage des → Hypervisor. Durch Virtualisierung freigesetzte Multiplizität heißt bei digitalen Systemen, dass immer mehr als ein Programm zu laufen scheint, obwohl es nie mehr als eins ist. Es ist mehr als eins, aber weniger als viele (vgl. Mol 2002; Strathern 1991). Durch die Verschränkung mit dem Virtualitätsbegriff lässt sich der offene Horizont komfortabel aushalten und die reichhaltige Lebenswelt im »1« wertschätzen. Ein Computer muss gar nicht alles gleichzeitig bearbeiten; die Prozesse müssen nur so organisiert sein, dass User:innen die nacheinander abgearbeiteten Anfragen als gleichzeitig *wahrnehmen* – dass die Latenz gering genug ist; dass der Unterschied zwischen dem Nacheinander und dem Gleichzeitig zu klein ist, um wahrgenommen zu werden. Mehr als eine Illusion ist auch die weite Welt der materiellen Wertschöpfung der Kleinstteile in Rechnern. Es ist eine Wertschöpfung, die eine Technologie wie informatische Multiplizität erst ermöglicht. Und sie verweist auf diverse Erfahrungen, die mit den Technologien verknüpft sind, aber auch nicht voll in ihr aufgehen.

Literatur

- Agar, Jon (2006): »What difference did computers make?«, in: *Social Studies of Science* 36(6), S. 869–907.
- Bashe, Charles J./Johnson, Lyle R./Palmer, John H./Pugh, Emerson W. (1986): *IBM's early Computers*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Computer History Museum (2016): »ARM 1 microprocessor«, in: *computerhistory.org*. Online unter: <http://www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/286/1592> (letzter Zugriff: 01.04.2024).
- Cooper, Zane Griffin Talley (2021): »Of dog kennels, magnets, and hard drives: Dealing with Big Data peripheries«, in: *Big Data & Society* 8(2). Online unter: <https://doi.org/10.1177/20539517211015430> (letzter Zugriff: 16.05.2024).
- Corvus (1984): »Corvus constellation generation guide, Apple II«, in: *archive.org*. Online unter: https://archive.org/details/bitsavers_corvuscons102ConstellationIIGenerationGuideAppleII_49464717 (letzter Zugriff: 01.04.2024).
- Crawford, Kate/Joler, Vladan (2018): »Anatomy of an AI system: The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resources«, in: *anatomyof.ai*. Online unter: <https://anatomyof.ai/> (letzter Zugriff: 16.05.2024).
- Critcklow, A.J. (1963): »Generalized multiprocessing and multiprogramming systems«, in: *Proceedings of the November 12–14, 1963, fall joint computer conference, AFIPS '63 (Fall)*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 107–126.
- Denning, Peter J. (1970): »Virtual memory«, in: *ACM Computing Surveys* 2(3), S. 153–189.
- Denning, Peter J. (1997): »Before memory was virtual«, in: Robert L. Glass (Hg.), *In the beginning: personal recollections of software pioneers*, Los Alamitos/Calif: IEEE Computer Society Press, S. 250–271.
- Edwards, Dustin/Cooper, Zane Griffin Talley/Hogan, Mél (2024): »The making of critical data center studies«, in: *Convergence (Online first)*. Online unter: <https://doi.org/10.1177/13548565231224157> (letzter Zugriff: 16.05.2024).
- Edwards, Paul N. (2013): *A vast machine: Computer models, climate data, and the politics of global warming*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Heintz, Bettina (1993): *Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers*, Frankfurt a.M./New York: Campus.
- Hogan, Mél (2018): »Big data ecologies«, in: *Ephemera* 18(3), S. 631–657.
- Hu, Tung-Hui (2015): *A prehistory of the cloud*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Hürlimann, Gisela/Zetti, Daniela/Joye-Cagnard, Frédéric (Hg.) (2009): »Gesteuerte Gesellschaft: Logistik, Automatisierung und Computer in der Nachkriegszeit«, in: *Traverse* 16(3), S. 7–13.
- Mattern, Friedemann (2003): »Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing«, in: Friedemann Mattern (Hg.), *Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt*, Berlin/Heidelberg: Springer, S. 1–41.
- Mol, Annemarie (2002): *The body multiple. Ontology in medical practice*, Durham: Duke University Press.
- Silvast, Antti/Laes, Erik/Abram, Simone/Bombaerts, Gunter (2020): »What do energy modellers know? An ethnography of epistemic values and knowledge models«, in: *Energy Research & Social Science* 66. Online unter: <https://doi>

.org/10.1016/j.erss.2020.101495 (letzter Zugriff: 16.05.2024).

Strathern, Marilyn (1991): *Partial connections*, Savage: Rowman & Littlefield.

Normenräume

Leonie Ullmann

Rats- und Gerichtssäle von städtischen Rathäusern im niederländischen Kulturraum des 15. Jahrhunderts¹ waren Räume, die eine Schnittstelle von virtuellen Konzepten der Ordnung, Normen, Tugenden und lebensweltlicher Konstitution jener Konzepte darstellten (→ Tribunal). Das Virtuelle dieser Konzepte kann durch die Vorprägungen des Virtualitätsbegriffs gefasst werden: *virtuosus* als Beschreibung einer moralischen Qualität (vgl. Biosca Bas 2015: 90) und *virtualis/virtualiter*, als Beschreibung einer Wirkmacht ohne verkörperte Präsenz, der Kraft entsprechend (vgl. Walch 1726: 2733) (→ Virtualität).

Für diese räumlichen Rathauskontexte entstanden großformatige Tafelbilder, in welchen das gerechte Handeln von Menschen in eine zentrale Position gesetzt wurde. Dass sich die Funktion der Gerechtigkeitsbilder nicht allein in einer moralischen Botschaft erschöpfte, sondern darüber hinaus in der Produktion von städtischen Normenräumen lag (vgl. LeFebvre 2006: 335), wird im Folgenden an der Komposition *Das Urteil des Kambyses und die Schindung des Sisammes* exemplifiziert (Abb. 1). Die beiden Gemälde entspringen einem

Auftrag für den Schöffensaal des Brügger Rathauses (vgl. Schild 1988: 161).

Abb. 1: Gerard David, *Das Urteil des Kambyses und die Schindung des Sisammes*, 1498, Öl auf Holz, je 182,3 x 159,2cm, Groeningemuseum, Brügge



In der ersten Tafel verbildlichte Gerard David² die Festnahme des korrupten

1 Der niederländische Kulturraum des 15. Jahrhunderts umfasst die Burgundischen Gebiete, nordöstliche Teile Frankreichs und das angrenzende Rheinland.

2 Inzwischen befinden sich die Bilder im Groeninge Museum in Brügge.