

Quo vadis, digitale Welt? Plädoyer für eine Anti-Kopernikanische Wende in der IKT

Antrittsvorlesung an der Universität Wien am 4. Mai 2015

Quidquid agis, prudenter agas, et respice finem.

[Gesta Romanorum, Cap. CIII, nach Äsop]

S.g. Herr Vizerektor, verehrte Spektabilitäten, werte Kolleginnen und Kollegen, liebe Studierende, liebe Weggefährten und Freunde, sehr geehrte Damen und Herren!

Als Christian Thielemann, der grosse deutsche Dirigent, im November 2011 nur wenige Meter von hier in der Wiener Staatsoper seine Einspielung von Richard Wagners Tetralogie „Der Ring des Nibelungen“ abschloss, wurde er gefragt, woran er wohl denke, bevor er den Taktstock zu Beginn des ersten Stückes – „Das Rheingold“ – hebe. Seine Erwiderung war sehr interessant: unmittelbar vor dem ersten Einsatz habe er, so der Maestro, stets die letzten Takte der „Götterdämmerung“ vor Augen – dreieinhalb Opern und mehr als 16 Stunden Musik später – um auf diese Weise, im wahrsten Sinne des Wortes: vom Ende her, seine Interpretation aufzubauen.

Ich musste viel an diese Antwort denken, als ich begann, mir zu dieser Antrittsvorlesung Gedanken zu machen. Zunächst einmal natürlich ist es eine grosse Ehre, mich hier und heute, noch dazu im Jubiläumsjahr des 650. Geburtstages der Alma Mater Rudolphina, in die erlesene Schar der hier über viele Jahrhunderte Forschenden, Lehrenden und Lernenden einordnen und meinen bescheidenen Platz einnehmen zu dürfen. Es ist auch ein Tag grosser Dankbarkeit denen gegenüber, die mich auf diesem langen Weg begleitet und ermutigt haben und von denen manche zu meiner grossen Freude heute hergekommen sind, um mit uns zu feiern, angefangen von meinem Mathematiklehrer auf dem Gymnasium in Weissenburg i. Bay., Herrn StD Erich Kreissl, der es damals geschafft hat, binnen kurzer Zeit einen von Archäologie faszinierten, eher eigenbrötlerisch veranlagten Jüngling mit dem Zauber der Mathematik vertraut zu machen, über Prof. Dr. Otto Spaniol, meinen Doktorvater, der ohne mit der Wimper zu zucken an mich geglaubt und mir eine Assistentenstelle verschafft hat, als ich – an Wissenschaft, Leben und Liebe verzweifelnd – mehr oder weniger auf der Strasse stand (er ist heute leider aufgrund einer dringenden medizinischen Untersuchung am Kommen verhindert), und Prof. Dr. Udo Krieger, der auf mir immer noch rätselhafter Weise an zwei, drei entscheidenden Wegkreuzungen meiner Karriere einfach selbstlos zur Stelle war. Ich begrüsse weiter stellvertretend für viele Dr. Markus Kommenda, der mich 2001 an das damals frisch gegründete Forschungszentrum Telekommunikation Wien geholt hat, und Dr. Ivan Gojmerac und Dr. Joachim Fabini, die mich über lange Jahre hin in verschiedenen Projekten so sehr unterstützt haben. Nicht zuletzt natürlich freue ich mich über die Anwesenheit meiner Familie, die mir unter grossen Opfern und unter ständiger Unterstützung meinen Weg ermöglicht hat, und vor allem natürlich meiner Frau Marena und unseres Sohnes Ilia mit seiner Familie, ohne deren unendliche Liebe und Geduld ich heute nicht hier stünde.

Ist heute also jedenfalls ein Tag der Freude und der Ehre, so auch doch einer des Ernstes und der Verpflichtung. Antrittsvorlesungen hält man ja nicht allzu oft in seinem Leben, und so bieten sie nicht nur Gelegenheit, vor versammelter Kollegenschaft sein Forschungsgebiet, samt des darin Erreichten und des für die Zukunft Ersehnten, zu umreissen und einzuordnen, sondern auch Anstoss und Gele-

genheit zu grundsätzlicherer Reflexion. Der Antritt einer Professur ist ja nicht nur der Abschluss langer Jahre der vorbereitenden Arbeit, sondern in gewissem Sinne gleichzeitig der Beginn eines ebenso langfristigen Projektes – so Gott will und mir genügend Gesundheit schenkt, liegen ja noch zwei Jahrzehnte an Forschung und Lehre vor mir. Es ist also heute durchaus der Anlass, im Sinne Thielemanns dieses Projekt vom Ende her zu sehen, sich zu fragen, was denn die nächsten Jahre in der Informatik Not tun und es wert sein könnte, einen doch bedeutenden Teil seiner Lebenszeit und -kraft darauf zu verwenden. Wie sich weisen wird, ist meine Antwort darauf natürlich nicht ganz unabhängig von den Themen und Inhalten, die schon meine Forschungstätigkeit der vergangenen Jahre geprägt haben, und zugleich – nicht zuletzt ermöglicht durch die trotz Hochschulrankings, Zielvereinbarungen und Publikationszwang zum Glück immer noch vorhandene geistige Freiheit, die kennzeichnend für das universitäre Leben auch im 21. Jahrhundert ist und bleiben muss – kann ich grundsätzliche Leitlinien jetzt doch um einiges klarer erkennen und prägnanter formulieren, als ich es bislang vermochte.

Mut gemacht hat mir hierbei auch ein bemerkenswerter Vortrag, den der geschätzte Basler Kollege Prof. Gottfried Schatz vor wenigen Wochen, im Rahmen des Festakts zum 650. Gründungstag unserer Universität am 12. März 2015, hier an dieser Stelle zum Thema „Universitäten – Hüterinnen unserer Zukunft“ gehalten hat [1]. Bemerkenswert deshalb, weil Gottfried Schatz es verstanden hat, in fulminanter Weise die eigentümliche Spannung zwischen Wissen und Wissenschaft herauszuarbeiten und hieraus grundlegende Konsequenzen für die Forschenden und Lehrenden abzuleiten. Wissenschaft, so Schatz, beschäftige sich nicht vorrangig mit Wissen, sondern mit Unwissen, welches sie in Wissen verwandeln wolle. Dabei sei Wissen stets vorläufig, ein Kind der Zeit, dessen fehlende Endgültigkeit für den Wissenschaftler selbst allerdings nicht bedrohlich sei. Denn dem Forscher auf seiner Expedition in die Wildnis sei der Besitz von Wissen viel weniger wichtig als die Überzeugung, es durch Beobachtung und kritisches Denken stets neu schaffen zu können. Insofern könne Wissen niemals Zukunft sichern, und Wissenschaft sei niemals eine Hüterin von Stabilität und Ordnung, sondern vielmehr eine unverbesserliche Revolutionärin, die unablässig kreative Unruhe stifte, und dadurch unser Leben nicht ordentlicher oder ruhiger, sondern freier und interessanter mache. Und dies auf langfristige Weise zu tun, darüber nachzudenken, was in 50 oder 100 Jahren geschehen könnte – und ich füge hier, insbesondere für den Fall unserer Disziplin, der Informatik, noch ausdrücklich hinzu: und geschehen sollte – hierin sieht Gottfried Schatz den Platz der Universität heute, denn eine Gesellschaft, die aus Ungeduld nur auf angewandte Forschung setze, werde bald nichts mehr haben, was sie anwenden könne. So sei Wissenschaft letztlich ein Vertrag zwischen den Generationen, und die Universitäten die Hüterinnen dieses Vertrages, Hüterinnen unserer Zukunft [1].

Vor diesem doppelten Hintergrund – dem Ansatz, mein ureigenes Projekt vom Ende her zu sehen, und dem explizit gemachten Anspruch an die Nachhaltigkeit universitären Denkens – wage ich es heute, vordergründig mit der ursprünglichen Idee zu brechen, eine Antrittsvorlesung sei zunächst und vor allen Dingen einmal dazu da, sein Fachgebiet einer breiteren interessierten Öffentlichkeit näherzubringen (obgleich Sie natürlich doch einiges über meine Arbeit erfahren werden), wage es (Sie haben es ohnehin schon bemerkt) auch zu brechen mit dem allgegenwärtigen Diktat bunt bebildeter Powerpoint-Schlachten, welches inzwischen unsere Vortragskultur in früher kaum vorstellbarer Weise prägt und dadurch selbst, zusammen mit Google, Facebook und Smartphone, Ausdrucksform der „digitalen Welt“ geworden ist, in der wir uns bewegen. Vielmehr sei gestattet, auf die Macht des gesprochenen Wortes vertrauend, das eben Gesagte für den Fall unserer Disziplin, der Informatik, wie sie sich ja gerade in den letzten Jahren als fundamental für nahezu alle Bereiche unserer gegenwärtigen und zukünftigen Gesellschaft herausstellt, um den einen oder anderen Schritt mit Ihnen zusammen weiterzudenken.

Wohin also geht unsere Reise – quo vadis, digitale Welt? Ich will an dieser Stelle keineswegs in Technikpessimismus baden, auch wenn man mir das hin und wieder vorwirft, eher spasseshalber auf die Tatsache verweisend, dass ich mein beklagenswertes Leben immer noch ohne iPhone und Facebook-Account friste. Nein, zunächst einmal ist Technologie für mich etwas Wunderbares. Es ist wunderbar, wie sehr in den letzten zehn Jahren erhöhte Rechnerleistung zusammen mit neuen Simulationsmodellen dazu geführt hat, dass Wettervorhersagen endlich ihren Namen verdienen (von der Entschlüsselung des menschlichen Genoms gar nicht erst zu reden). Es ist wunderbar, dass die Einführung von GPS es selbst einem orientierungstechnischen Totalblindgänger, wie er vor Ihnen steht, ermöglicht, ohne grössere Umwege von einer beliebigen Adresse A zu irgendeiner völlig unbekanntem Adresse B zu gelangen (von dem Rendezvous zwischen der einen Kubikmeter grossen Raumsonde Rosetta und dem Kometen 67P/Tschurjumow-Grassimov nach einem Flug von mehr als sechs Milliarden Kilometern ganz zu schweigen). Es ist für mich wunderbar, zu einem Gerät, kleiner als eine Zigarettenschachtel und zugleich erschwinglich für jedermann, greifen zu können, um von irgendeinem Platz auf der Welt mit meiner Frau zu kommunizieren (und dabei sogar ihre Stimme so hören zu können, wie ich sie aus dem Alltag kenne). Dies alles ist wunderbar, und ich bin fest davon überzeugt, dass wir uns dieses Wundern, diese Kultur des Staunens in Bescheidenheit unbedingt bewahren müssen, um technologischen Fortschritt richtig einordnen zu können.

Denn was wir oft vergessen: in der Welt sichtbar ist meist ja nur das Endergebnis einer langen Entwicklung, welche wir vor lauter Enthusiasmus leicht übersehen. Wie vieles an Schrecken, auch für unsere Studierenden, würde etwa die Mathematik verlieren, wenn man all diese unverständlich anmutenden Definitionen, Notationen, Rechenregeln und Formalismen von vorneherein begreifen würde als jeweils letztes Glied einer Kette, an der sehr viele sehr kluge Köpfe sehr, sehr lange gearbeitet haben, stets im Bemühen um eine möglichst ästhetische Formulierung grundlegender Strukturen in unserer Welt. Ähnliches gilt für alle Disziplinen, natürlich auch die Informatik und IKT: auch hier ist es die Gesamtschau, die wir als Lehrende vermitteln und als Forschende niemals aus den Augen verlieren sollten, um nicht zu riskieren, auf der einen oder der anderen Seite blind zu werden.

Und doch: wie ich es auch drehe und wende, ich betrachte die Entwicklung der IKT mit Sorge. Die glänzenden Erfolge und glitzernden Versprechungen des Internet in den letzten 25 Jahren (und länger gibt es „das Internet“ noch nicht, wir müssen uns das wieder und wieder vor Augen führen) haben es zur zentralen Infrastruktur unseres Planeten gemacht, die heute Revolutionen anführt, Finanzmärkte in den Grundfesten beben lässt, unser Kommunikationsverhalten fundamental verändert, buchstäblich Tag für Tag einen neuen Super-GAU im Bereich Netz- und Datensicherheit produziert, den Zugang zum essentiellen Gut einer objektiv-zuverlässigen Information gleichzeitig ermöglicht und unterminiert, und unser soziales wie kulturell-kreatives Leben mehr und mehr in die Virtualität verlagert. Wohl gemerkt: alle diese Entwicklung sind inhärent janusköpfig, haben sehr viele sehr unterschiedliche – und dabei gute wie schlechte – Seiten, und der menschliche Geist hat ja bislang noch immer genügend selbstkorrektive Energie besessen, um allzu extreme Entwicklungen früher oder später wieder in eine Balance zurückzuführen.

Doch etwas scheint diesmal anders. Man könnte meinen, wir stünden möglicherweise an einem Scheidepunkt, an dem sich das, was wir als Vorzüge des Internet schätzen gelernt haben, herausstellen könnte als zeitlich begrenzter Kollateralnutzen, bevor uns jetzt langsam die Fäden aus den Händen gleiten könnten. Es ist die Angst des Zauberlehrlings vor den Geistern, die er rief und nicht mehr los wird, die Goethe so eindrücklich beschrieb, sie kehrt zurück, diffuser diesmal und zugleich irgendwie schon immer mitten in unserer alltäglichen Lebenswirklichkeit angekommen. Ich möchte

dies anhand dreier Beispiele etwas näher illustrieren, die den Bogen von wissenschaftlicher Methodendiskussion über gesellschaftspolitischen Diskurs bis hin zu existentiellen Risiken für die Menschheit als solche schlagen, sämtlich geeint durch den unmittelbaren Handlungsbedarf, der sich bereits heute ergibt, und die Frage, in welcher Richtung denn eine Lösung überhaupt denkbar wäre.

Beginnen wir mit einer auf den ersten Blick etwas abstrakt klingenden Diskussion, die sich im Gefolge eines der meist verwendeten Schlagworte der momentanen Forschungsagenda der Informatik auf tut, welches da lautet: Big Data. Es ist offensichtlich, dass in den letzten Jahren der schiere Umfang an Daten, die von uns entweder freiwillig preisgegeben oder über verschiedenste Sensoren erfasst wird, explodiert. Entsprechend haben sich – insbesondere in den Bereichen Visualisierung und Machine Learning – völlig neue Methodiken etabliert, um mit diesen Datenmassen umzugehen, und mein hochgeschätzter Kollege Torsten Möller wird uns in seiner anschließenden Antrittsvorlesung einen detaillierten Einblick in diese Materie vermitteln, so dass ich mich hüte, ihm hier auch nur irgendwie vorzugreifen. Worauf ich allerdings schon hinweisen möchte, ist eine grundlegende Differenzierung: es ist zu unterscheiden, welche dieser Fortschritte darauf beruhen, dass wir es über die Jahre geschafft haben, die reine Verarbeitung der heute verfügbaren unvorstellbar riesigen Mengen an Daten in den Griff zu bekommen (was aus Sicht eines Informatikers, der sich versteht als Fachmann für die *informatikē technē*, die Kunst, mit Information umzugehen, letztlich doch eher handwerkliche Leistung bleiben muss), und wo in der Tat wissenschaftliches Denken im Sinne von Gottfried Schatz am Werke ist, welches, um ihn nochmals wörtlich zu zitieren, „in allem Gegenwärtigen die Hypothese der Zukunft sucht“ [1].

Diese Dichotomie hat schon 2008 Chris Anderson in seinem weitbeachteten Essay „The End of Theory“ [3] am Beispiel der Suchmaschinen treffend analysiert. Vor 60 Jahren, so schreibt er darin, machten Digitalrechner Information lesbar, vor 20 Jahren machte das Internet Information zugänglich, vor 10 Jahren schufen die ersten Webcrawler eine gemeinsame Datenbank daraus. Heute dagegen durchsiebten Google und Co. gnadenlos das am genauesten vermessene Zeitalter der menschlichen Geschichte und behandelten dieses gigantische Datenarsenal als banales Labor der *conditio humana*, das man lediglich auf geschickte Art und Weise rein mathematisch-statistisch – und das heisst: ohne vorgehende Rücksichtnahme auf Kultur, Kontext, Konvention oder Kausalität – aufbereiten müsse, um im Wettbewerb die Nase vorne zu haben [3]. „Correlation is enough“, und die Maxime des 2013 verstorbenen Statistikers George Box, „all models are wrong, but some are useful“ [4] müsse nunmehr eher lauten: „all models are wrong, and increasingly you can succeed without them“. Letzteres Zitat, das Anderson in seinem Artikel Peter Norvig, dem Research Director von Google, zuschreibt, wurde von diesem übrigens heftig dementiert und als Provokation dargestellt [5]. In der Tat aber enthält dieser Gedanke hinreichend Sprengstoff, denn seien wir ehrlich: an gar mancher Stelle des heutigen Wissenschaftsbetriebs sind die Anzeichen unverkennbar, dass die Verlockung, den klassischen Dreiklang aus Hypothesenbildung, Modellierung und empirischer Validierung zugunsten einer zunehmend explorativ betriebenen Datenanalyse aufzugeben, seit 2008 nicht kleiner geworden ist (und Angebote à la „How to learn big data technologies in 30 mins“ sind auch nur bedingt geeignet, mein Vertrauen auf eine solide Fundierung solcher „Kurse“ in Bayes’scher Statistik zu erhöhen).

Die Problematik geht aber natürlich weit über die wissenschaftsimmanente Ebene hinaus und setzt sich gerade mitten in einer gesellschaftspolitischen Diskussion fest, die sich am vermehrt auftauchenden Konzept einer „Algorithmenethik“ festmachen lässt [6]. Es geht hierbei im wesentlichen um die Frage, in welchem Ausmass wir als Gesellschaft es zulassen wollen, dass die uns zugänglichen, besser: zugänglich gemachten Informationen unter dem Mantel einer Personalisierung durch auto-

matisierte Auswahl- und Filtermechanismen – meist tief in den Suchmaschinen verborgen und im Extremfall nur wenigen Eingeweihten bekannt – in einer Art und Weise dargestellt werden, die nichts mehr mit den uns heute vertrauten und doch schwer erkämpften Prinzipien von Pluralismus und Meinungsfreiheit zu tun haben. In der öffentlichen Diskussion gibt es dabei eine breite Fülle an denkbaren Horrorszenarien: war die Einführung von Pop-ups als Mittel einer gezielt personalisierten Werbung noch einigermaßen harmlos (und vor allem für den halbwegs gewitzten Nutzer relativ leicht in den Griff zu bekommen), so wird die Angelegenheit schon kitschiger, wenn es sich um die individuelle Anpassung redaktioneller Inhalte auf den Einzelleser handelt, wobei diese Inhalte möglicherweise selbst schon automatisiert verfasst wurden (wie dies bei der Berichterstattung über Sportereignisse oder Finanzmarktentwicklungen schon heute wohl weitgehend der Fall ist [7]). Was ist beispielsweise davon zu halten, wenn Verantwortungsträger in Politik und Wirtschaft eine grundlegend andere Version von Zeitungsberichten auf ihrem iPad lesen als der Rest des Landes [7]? Hinzu kommt, dass die Quelle all dessen weitgehend wir Durchschnittsnutzer selber sind, die bereits heute eine ungleich höhere Menge an persönlichsten, ja intimsten Daten via diverseste Sensoren zur Verfügung stellen als Geheimdienste vor 20, 30 Jahren nur zu erträumen wagten. Blättern Sie einmal nach, welche Fragestellungen anlässlich der legendären Volkszählung im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland aus Angst vor dem „Gläsernen Bürger“ zu landesweiten Proteststürmen Anlass gaben, an die ich mich noch lebhaft erinnere, und Sie werden aus dem Schmunzeln nicht mehr herauskommen – das schnell in Fassungslosigkeit über die Entwicklung seither erstarrt.

Der Ausweg ist nicht klar, der Ruf nach Regulierung naheliegend. Aber schon eine Ebene tiefer hat die Diskussion der letzten Jahre um die sog. „Netzneutralität“ aufgezeigt, wie schwierig politische Argumentation werden kann, wenn es um eine ausgewogene Einordnung solch hochkomplexer Fragestellungen geht. Und gerade deshalb ist hier unsere Stimme vonnöten, ja unentbehrlich: wer, wenn nicht wir, in deren Kompetenzgebiet solche Fragen fallen, sollte denn in der Lage sein, zunächst sine ira et studio die Sachlage zu klären, bevor die politischen Entscheidungsträger überhaupt zu agieren beginnen können. Hier wird man nicht zum Philosophen, wenn man schweigt!

Zur Veranschaulichung ein kleines Beispiel aus eigener Arbeit, zum sog. „Paradox of Side Payments“. Blickt man auf die Netzneutralitätsdiskussion, so ist eine der treibenden Kräfte das (übrigens keineswegs illegitime) Interesse der Netzbetreiber, sich in Zeiten grossen Wettbewerbsdrucks über sog. Side-Payments, also Zahlungen zwischen Netz- und Content-Provider, neue Quellen zur Finanzierung ihrer Infrastruktur zu erschliessen. Nun hat eine Gruppe um den französischen Mathematiker Eitan Altman in einem bemerkenswerten Paper bereits 2010 darauf hingewiesen, dass eine spieltheoretische Analyse dieser Argumentation zum Ergebnis kommt, dass in bestimmten Fällen diejenigen Stakeholder, die solche Side Payments erhalten haben, insgesamt schlechter abschneiden können als ohne diese Zahlungen [8]. Ein interessantes Ergebnis, zweifelsohne – Eingang in die öffentliche Diskussion gefunden hat es nicht. Dies allein ist schon Grund genug, dass wir dieses Paradox momentan in meiner Forschungsgruppe nochmals systematisch aufarbeiten – wissenschaftlich umso interessanter, da wir dabei sogar noch auf weitere Ungereimtheiten gestossen sind [9].

All dies könnte allerdings langfristig vor einer Entwicklung verblassen, die momentan in auffälliger Weise den Weg von der Science Fiction in die ernster zu nehmende Sachbuchliteratur nimmt: der sog. „Transhumanismus“, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung einer künstlichen „Superintelligenz“, die als Folge ihrer riesigen Überlegenheit über jegliches menschliche Denken zur unmittelbaren Gefahr für den Fortbestand der Menschheit, wie wir sie kennen, werden könnte. Einer der Vordenker auf diesem Gebiet, der schwedische Philosoph Nick Bostrom, legt in seinem aktuellen

Buch „Superintelligenz – Szenarien einer kommenden Revolution“ anschaulich und nachvollziehbar dar, dass wir zwar nicht genau vorhersehen können, wann und wie es zum existentiellen Ereignis der Entwicklung einer derartigen Singularität kommen wird, die Entwicklung dahin sich allerdings als mehr oder weniger unausweichlich darstellt. Sein Kollege Ray Kurzweil, seit 2012 übrigens Direktor der technischen Entwicklung bei Google und mithin kompetenzmässig ebenfalls durchaus ernstzunehmen, prognostiziert in etwas spekulativerer Weise das Erreichen dieses Punktes bereits für 2045. Auf die Frage, was zu tun sei, bleiben Bostrom wie Kurzweil allerdings konkrete Antworten weithin schuldig. Wohl besteht Einigkeit, man müsse rechtzeitig, und das heisst: jetzt, dafür sorgen, den Stecker einzubauen, den man in höchster Not noch ziehen können müsse. Als konkrete Schlussfolgerung bleibt aber wenig mehr als die Forderung nach internationaler Transparenz im Fortschritt der KI-Forschung und die Etablierung entsprechender Verhaltensrichtlinien unter den beteiligten Forschern.

Die grosse Datenflut als unmittelbar anstehende Herausforderung für Wissenschaft und Gesellschaft, die Überbetonung personalisierter Relevanz in der Informationsdarstellung als akute Bedrohung für Pluralismus und Meinungsfreiheit, die Möglichkeit einer Superintelligenz als finale Gefahr für die Menschheit als solche – dies sind nur drei der drängendsten Baustellen, die wir in der IKT heute sehen. Und immer wieder die mich drängende Frage: Was ist hier unsere Rolle, die Rolle des Informatikers, des Forschers, des Universitätslehrers? Sollen wir uns zurückziehen auf unser ureigenstes Gebiet und damit begnügen, auf die Einhaltung wissenschaftlicher Methodologie und Best Practice im Sinne kausalitätsbasierter Modellbildung und –verifizierung hinzuwirken, um rechtzeitig potentielle Missinterpretationen von (möglicherweise eben nur zufälligen) Korrelationen im grossen weiten Datenmeer einzudämmen? Ist es genug, eine verantwortbare Formung von Suchalgorithmen anzustreben, um die Errungenschaften heutiger demokratischer Gesellschaften über frühere totalitäre Regimes zu wahren? Werden wir uns begnügen mit dem Vertrauen auf eine wie auch immer geartete Absprache unter den damit befassten Forschern, um das existentielle Risiko zu neutralisieren, das die zu erwartenden Entwicklungen im Bereich der KI unausweichlich am Horizont aufscheinen lassen?

Oder wohin sonst soll die Reise gehen - quo vadis ultra, digitale Welt?

Eine umfassende Antwort darauf kenne auch ich nicht, es wird sie wohl auch nicht so schnell geben. Lassen Sie mich aber die Richtung skizzieren, in der ich meinen eigenen Beitrag dazu suchen werde. Sie ist zunächst und vor allem gekennzeichnet durch einen interdisziplinären Ansatz, der fundiertes technologisches Knowhow verbindet mit mikroökonomischer Modellierung und zugleich strikter Orientierung am „Faktor Mensch“, dem Endnutzer und seinen wirklichen Bedürfnissen. Denn es wäre genauso ein Irrtum zu glauben, wir könnten der geschilderten Problemen dadurch Herr werden, dass wir uns – so wichtig diese auch sind – zukünftig auf die Abhaltung von Seminaren zu „Informatik und Gesellschaft“ fokussieren. Nein, es gilt, für das Vorhandensein, die Bildung und Ausbildung einer informationstechnischen Elite Sorge zu tragen, die neben tiefem fachlichen Knowhow das Bedürfnis verspürt, ihr technisches Wissen und Können auch und vor allem aus sozio-ökonomischer Perspektiven zu betrachten und solcherart in eine Lebenswirklichkeit überzuleiten, die uns unser fundamentales Menschsein bewahrt.

Einen gedanklichen Rahmen hierzu bildet das Konzept des „Communication Ecosystem“, wie es mein finnischer Kollege Kalevi Kilki geprägt hat [10] und ich es während meiner Zeit in Frankreich weiter verfeinern durfte [11]. In Analogie zu wohlbekannten biologischen Ökosystemen, in denen ja eine hierarchisch in einer Ernährungspyramide angeordnete Vielfalt von Lebewesen inmitten einer anorganischen Umwelt mit- und/oder gegeneinander lebt, beschreibt ein Kommunikationsökosystem die

Gesamtheit der Privat- und Geschäftskunden aller möglichen Netz-, Dienst- und Contentanbieter und deren Verhältnis untereinander sowie zu der (jetzt technologisch charakterisierten) Umwelt. Hieraus ergibt sich ganz zwanglos der genannte Dreiklang aus Technologie, Netzökonomie und Useraspekten, wie ich ihn schon vor 15 Jahren als „NUT-Trilemma“ formuliert habe und der seither den überspannenden Rahmen meines Wirkens im Bereich IKT bildet. Innerhalb dessen kann Technologie nicht mehr Selbstzweck sein, sondern ist für und nur für den Endnutzer da, um ihn bei der Erfüllung seiner wirklichen Bedürfnisse zu unterstützen. Oder, noch etwas plakativer formuliert: statt weiterhin um Technologie und ihre Versprechungen zu kreisen, bis ihm schwindlig wird, kehrt der Mensch zurück ins Zentrum des technologischen Universums.

Dieser Paradigmenwechsel ist es, den ich im vielleicht etwas kryptisch geratenen Untertitel dieser Vorlesung anspreche: eine Anti-Kopernikanische Wende in der IKT. Nikolaus Kopernikus, der grosse Astronom, hatte ja seinerzeit den Mut, das bis dahin etablierte Weltbild, bei dem, wie Bundespräsident Heinz Fischer es ebenfalls an besagtem 12. März an dieser Stelle etwas launig formulierte, „die Sonne weitgehend unbehelligt um die Erde kreiste“, auf den Kopf zu stellen und mit dem Übergang vom geo- zum heliozentrischen Weltbild den Menschen aus seiner zentralen Position ins Nirgendwo zu verbannen. Im Nachklang zu dieser, der wirklichen „Kopernikanischen Wende“, etablierte sich derselbe Begriff auch für den erkenntnistheoretischen Umsturz, den Immanuel Kant 1787 mit seiner „Kritik der reinen Vernunft“ einläutete, als er postulierte, die Metaphysik solle doch die Annahme, dass sich menschliche Erkenntnis völlig nach den Gegenständen richte, aufgeben und versuchsweise einmal davon ausgehen, dass sich die Gegenstände nach der Erkenntnis richteten [12]. Kant hat allerdings diesen Begriff niemals selbst verwendet, und zu seinem Glück, denn bei genauerer Betrachtung handelt es sich ja eigentlich um eine Gegenbewegung zu Kopernikus, eben um eine „Anti-Kopernikanische Wende“, die in diesem Fall letztlich zum Primat des Idealismus über den Empirismus führte.

Es steht mir natürlich nicht im geringsten zu, den postulierten Paradigmenwechsel, der meinen Ausführungen zugrunde liegt, in eine Reihe mit den geistigen Leistungen eines Kopernikus oder Kant zu stellen, und dennoch habe ich keine treffendere Bezeichnung dafür gefunden als eben diese – man verzeihe mir daher meine Vermessenheit. Auch bin ich natürlich nicht der erste und nicht der letzte, der hierfür plädiert – gerade im Bereich der IKT war es ja etwa der Genialität eines Steve Jobs zu verdanken, dass sich das Augenmerk der breiten Öffentlichkeit wie auch der technischen Spezialisten sehr stark in Richtung der Gestaltung von Nutzerschnittstellen zu richten begonnen hat und dieses Element sich inzwischen als unbestrittener strategischer Beitrag zum ökonomischen Erfolg von entsprechenden Diensten, Anwendungen und Produkten etabliert hat (vgl. auch [7]).

Allerdings geht mein diesbezüglicher Anspruch über blosser Schnittstellengestaltung, blosser „look and feel“-Aspekte hinaus, ist radikaler gemeint, im Sinne eines umfassenden Ansatzes, für den ich hier plädiere. So ist für mich ein zentraler Baustein der Anti-Kopernikanischen Wende der Wunschtraum einer „informatischer Ästhetik“, in Analogie zu der Ästhetik, die von vielen Mathematikern als prägend für ihre Disziplin empfunden wird. Zur Verdeutlichung darf ich hierzu Bertrand Russell zitieren, dem es vergönnt war, in unnachahmlicher Weise die Schönheit der Mathematik in Worte zu fassen:

“Mathematics, rightly viewed, possesses not only truth, but supreme beauty — a beauty cold and austere, like that of sculpture, without appeal to any part of our weaker nature, without the gorgeous trappings of painting or music, yet sublimely pure, and capable of a stern perfection such as only the greatest art can show.” [13]

Bin ich naiv, oder übermässig provokant, oder vielleicht beides zusammen, wenn ich bedauere, einen auch nur annähernd ähnlichen derartigen Anspruch in unserer Informatik zu vermessen? Wenn ich bedaure, dass mich beim Anblick eines Software-Produkts eher selten der Schauer überkommt, den ein Gemälde Rembrandts, eine Sinfonie Bruckners oder – jeweils auf ihre Weise – der Anblick der Euler'schen Identität $e^{i\pi} + 1 = 0$, welche in unübertrefflicher Klarheit fünf fundamentale mathematische Konstanten in einer Gleichung vereint, in mir auszulösen vermag? Stattdessen Pragmatismus allenthalben, „quick and dirty“ Programmiertes, das, um jeden Preis zur verfrühten Deadline ausgeliefert, einstweilen erst einmal beim Kunden reift. Fehlerfreiheit zu erreichen haben wir mehr oder weniger ersetzt durch die Annahme, eine bestimmte Zahl von Bugs per KLOC sei unvermeidbar, und „Bug Fixes“, die aufgetretene Probleme lieber umgehen als lösen. Ockham's Rasiermesser ist „Brute-Force“-Methoden gewichen, die elegante Klinge durch brachiale Prozessorpower ersetzend. Dies alles in Verbindung mit Fehlerszenarien, die einem zunehmend den Atem stocken lassen – ich darf nur an die Meldung von vorgestern erinnern, die FAA warne davor, dass ein simpler Zählerüberlauf in der Software der Boeing 787 zu einem kompletten Stromausfall an Bord führen könne, schlimmstenfalls sogar während des Fluges [14]. Vielleicht wird man mich der Naivität, und ganz sicher der Plakativität und Tendenz zu unzulässiger Vereinfachung zeihen, aber dennoch: ist vor diesem Hintergrund der Wunsch und die Suche nach „schönen Lösungen“ nicht etwas zutiefst Menschliches, ein Anspruch, der in unserer heutigen Zeit des übergrossen Pragmatismus verlorenzugehen droht?

Vielleicht kann ich Ihnen das, was ich meine, anhand eines Beispiels aus einer ganz anderen Ecke illustrieren, das mich, als vor kurzem darauf stiess, aus mehreren Gründen sehr beeindruckt hat. Es handelt sich um die Geschichte eines heute leider weithin vergessenen Erfinders hier aus Wien, der mit seiner Konstruktion des ersten digitalen Taschenrechners der Welt Mitte des letzten Jahrhunderts für Aufsehen sorgte. Curt Herzstark, so sein Name, stammte aus einer wohletablierten jüdischen Industriellenfamilie, die unter dem Markennamen „Austria“ in der Linken Wienzeile 274 im 15. Gemeindebezirk eine erfolgreiche Fabrik zur Fertigung mechanischer Rechenmaschinen betrieb. Diese waren damals in der Vorkriegszeit auch in den handlicheren Varianten immer noch wahre Ungeheuer, 15 und mehr Kilogramm Metall und relativ kostspielig obendrein. Im Gegensatz dazu war es Herzstarks Vision, einen echten Taschenrechner zu bauen, hinreichend leicht, handlich, robust für Einsätze aller Art (und in der Tat erwies sich für lange Jahre interessanterweise der Rallyesport als eine der wichtigsten Umsatzsparten), und doch von gleicher funktionaler Mächtigkeit.

An seiner Arbeit ist zweierlei bemerkenswert: zum einen sein fundamentaler Konstruktionsansatz, der kurzerhand das übliche „form follows function“ verwarf und sich von vorneherein auf die wirklichen Bedürfnisse des Nutzers, und nur darauf, konzentrierte, und von dorthin Design und Funktionalität in Einklang brachte. Um seinen Taschenrechner bauen zu können, beschloss Herzstark ganz radikal, zunächst keinerlei Gedanken an die technische Realisierung zu verschwenden, sondern einzig zu bedenken, welche Bedingungen sich aus der Forderung nach idealer Bedienbarkeit ergeben. Um den Rechner beispielsweise wirklich in der Jackentasche transportieren zu können, musste dieser zwangsläufig eine abgerundete, d.h. zylindrische Form haben, sonst bestünde ja regelmässig die Gefahr des Verhakens. Dies schloss die simple Miniaturisierung bestehender Konstruktionen von vorneherein aus. Weiterhin sollte er gut in der einen Hand liegen – was für die Grösse des Geräts indikativ war – während die andere vermittels einer Kurbel den Mechanismus in Bewegung setzen würde. Nach Lage der Dinge konnte die Kurbel also sinnvollerweise nur an der Oberseite liegen, ebenso wie die Ergebnisregister, um ein bequemes Ablesen zu ermöglichen. Auf diese Weise ergab sich mehr oder weniger von selbst das Gerätedesign in Form einer Art Pfeffermühle, woran vom ersten bis zum letzten gebauten Exemplar nichts mehr verändert wurde. Auch die Verwendung einer zentralen Staffelwalze,

wie sie bis auf Leibniz zurückgeht, war dadurch vorgegeben, wobei sich allerdings der bis dahin für die Subtraktion üblicherweise verwendete Umschaltmechanismus nicht adaptieren liess. Es bedurfte erst Herzstarks ingenieüser Erfindung einer sogenannten komplementären Staffelwalze, die den Subtraktionsvorgang auf die Addition eines Neunerkomplements zurückführte, um eine wirkliche Vier-speziesmaschine in der beschriebenen Weise realisieren zu können.

Noch viel bemerkenswerter aber ist die Tatsache, dass die Konstruktion dieser Maschine wesentlich im Konzentrationslager Buchenwald erfolgte, in das man Curt Herzstark als Halbjuden 1943 eingeliefert hatte und wo man durch einen schier unglaublichen Zufall das Potential seiner Idee erkannte, was ihm letzten Endes das Leben retten sollte. Nach seiner Befreiung baute er in Liechtenstein eine neue Firma auf, wo dann bis etwa 1970 die nach ihm benannte CURTA produziert wurde, ein digitaler Taschenrechner mit elf- bzw. fünfzehnstelliger Genauigkeit, bis zur Einführung der ersten elektronischen Geräte das Mass aller Dinge, was Rechenmaschinen betraf. Dabei war die Konstruktion dieser Maschine von einer derartigen Klarheit und zugleich Ästhetik, dass sie in den 20 Produktionsjahren so gut wie nicht mehr verändert werden musste – tatsächlich betraf die wesentlichste Adaptierung eine Umkehrung der Schraubrichtung des Verschlussdeckels. Schönheit als Einheit von Design und Funktion, abgerungen einem Tanz mit dem Tod – wir können uns alle ein Vorbild nehmen an diesem Mann, auch wenn ihm seine Erfindung darüber hinaus kein Glück brachte – er schied nach Streitigkeiten frühzeitig aus der Leitung seiner Firma aus und starb verarmt im Jahre 1988 [15].

Ein weiteres Beispiel für das, wie sich die postulierte Anti-Kopernikanische Wende auswirken könnte, diesmal aus meiner eigenen Forschungsarbeit im Bereich der Telekommunikation: der Weg zu einem strikt nutzerzentriertem Konzept der sogenannten Dienstgüte, also der Qualität, zu der ein Service dem Kunden zur Verfügung gestellt wird. Wie Sie vielleicht wissen, hält sich „Quality of Service“ (QoS) seit Anfang der 1990’er Jahre als ein dominantes Forschungsthemen im Bereich der Kommunikationsnetze, mit einem durchschnittlichen jährlichen Ausstoss von ca. 750 wissenschaftlichen Publikationen (im Schnitt also zwei Publikationen pro Tag, Weihnachten und Neujahr inbegriffen). Wie John Crowcroft aber schon 2003 bemerkte, haben all diese Bemühungen nicht dazu führen können, eine entsprechende Netzarchitektur auf nachhaltige Weise zu realisieren; sein darauffolgender Aufschrei: „Why this apparent waste?“ [16] ist Legende, ebenso wie die lakonische Analyse Raj Jains, der Grund hierfür liege darin, dass man schlichtweg vergessen habe, die Differenzierung von Qualität mit einer entsprechenden Differenzierung der Bepreisung Hand in Hand zu denken [17].

Während dies dem bis dahin eher stiefmütterlich behandelten Gebiet der „Stochastischen Netze“ und in weiterer Folge der „Network Economics“, wie es massgeblich durch meinen hochgeschätzten Lehrer Frank Kelly aus Cambridge begründet und später von Costas Courcoubetis in Athen oder Burkhard Stiller in Zürich vorangetrieben wurde, die verdiente Anerkennung bescherte, und natürlich auch meine eigenen Arbeiten, oft in Zusammenarbeit oder zumindest unter dem Einfluss der Genannten entstanden, geprägt hat, war es mir zeitgleich vergönnt, mit einigen Kollegen zusammen diesen interdisziplinären Ansatz noch eine Stufe weiterzutreiben und auch noch den Endnutzer in gleichberechtigter Balance in eine holistisches Gesamtmodell, eben ein Ökosystem, zu integrieren.

Hierbei war das Konzept von QoS eigentlich von Anfang an auf die „Zufriedenheit des Endnutzers“ ausgerichtet, was allerdings innerhalb der Forschung sehr schnell in Vergessenheit geriet, da man sich weitestgehend auf korrelierende Netzparameter, wie etwa Bandbreite, Übertragungsverzögerung oder Paketverlustrate, stürzte, welche einfach zu messen waren und deren prinzipieller Einfluss auf die entsprechend resultierende Dienstgüte unstrittig war. Die Idee, den Nutzer direkt in entspre-

chende Qualitätsmetriken mit einzubeziehen, gewann erst vor einem knappen Jahrzehnt wieder langsam Oberhand, insbesondere im Zuge eines Dagstuhl-Seminars, das ich im Mai 2009 zusammen mit Markus Fiedler und Kalevi Kilkki veranstaltete und das in den Jahren 2012 und 2015 zwei ebenso erfolgreiche Wiederholungen erfuhr. In diesen Seminaren wurde – unter dem Schlagwort „Quality of Experience (QoE)“ – nicht nur Übereinstimmung hinsichtlich eines expliziten Endnutzerbezugs wiederhergestellt, sondern zugleich entscheidend verbreitert, bis hin zu einer Definition von Qualität als „degree of delight of the user of a service“, welche sich seither breit etabliert hat [18].

Hierdurch ausgelöst wurde in den vergangenen Jahren, massgeblich geprägt auch durch meine frühere Gruppe am FTW hier in Wien zusammen mit unseren Industriepartnern (in diesem Fall insbesondere A1 Telekom Austria und Kapsch CarrierCom) eine Fülle experimenteller Ergebnisse zugänglich, welche das tatsächliche subjektive Qualitätsempfinden der Endnutzer quantifizierten und entsprechende Modellierung erlaubten. Von besonderem Interesse stellte sich hierbei die Rückbeziehung auf gewisse logarithmische Gesetzmässigkeiten heraus, die aus dem Bereich der Wahrnehmungspsychologie bzw. Psychophysik stammen und dort beispielsweise in Form des „Weber-Fechner’schen Gesetzes“ von fundamentaler Bedeutung sind [19].

Damit nicht genug, steht der neue, user-zentrierte Qualitätsbegriff natürlich sofort vor demselben Problem wie die Quality of Service: auch hier bedarf es einer komplementären ökonomischen Betrachtung, welche auf die Frage einer adäquaten Bepreisung differenzierter QoE-Klassen hinausläuft. Dabei erhöht sich die Komplexität des zugrundeliegenden Modells signifikant, da ein Tarif nunmehr nicht allein Ausdruck für den zur Verfügung gestellten Qualitätslevel ist, sondern zugleich auf die subjektive Qualitätsbewertung zurückschlagen kann: hohe Preise wecken automatisch hohe Erwartungen auf Seiten des Nutzers an die subjektive Dienstgüte, was ipso facto eine entsprechende Bewertung nach unten gehen lassen wird. Hieraus ergibt sich also eine zusätzliche Rückkopplungsschleife, welche zu einem Fixpunktmodell [20] führt, dessen Lösung wir kürzlich analysiert und mit den Ergebnissen entsprechender User Trials [21] verglichen haben, um so unser Modell zu validieren [22]. Für eine praktische Realisierung in heutigen Kommunikationsnetzen bedarf es dann noch der Erweiterung des wohletablierten Begriffs der sog. Service Level Agreements (SLA), welche traditionell der vertraglichen Ausgestaltung von Dienstleistung basierend auf QoS-Parametern dienen, hin zum neuen Konzept der „Experience Level Agreements“ (ELA), welche dieselbe Aufgabe, jetzt aber basierend auf dem Konzept von QoE, erfüllen und kommenden Monat auf einer grossen internationalen Konferenz in London der wissenschaftlichen Öffentlichkeit erstmals vorgestellt werden [23].

Halten wir also fest, dass das skizzierte interdisziplinäre Qualitätskonzept als Zusammenschau von technologischer, ökonomischer und nutzerzentrierter Perspektive als ein erstes Beispiel dienen kann für die von mir eingeforderte Hinwendung unserer Disziplin zum Menschen, zum Kunden und Nutzer dessen, was wir hervorbringen. Diesen Ansatz für weitere Anwendungen, etwa aus den Gebieten Usable Security, eHealth, Digital Humanities etc., fruchtbar zu machen, und so aus Sicht der Wissenschaft erste Schritte beizutragen hin zum umfassenderen Ziel eines „digitalen Humanismus“ innerhalb des skizzierten Rahmens für ein netzbasiertes Informations- und Kommunikationsökosystem sehe ich als eine der vordringlichsten Aufgaben für die nächsten Jahre.

Denn obzwar momentan eine bemerkenswerte Welle in diese Richtung zu beobachten ist, wird sie doch derzeit zu grossen Teilen eher von literarisch-intellektueller als von informatisch-wissenschaftlicher Seite getrieben. Nur ein aktuelles Beispiel: der dystopische Roman „The Circle“ von Dave Eggers aus dem Jahr 2013, der in den vergangenen Monaten in den deutschsprachigen Feuilletons intensiv

rezipiert worden ist. In dieser „Beschreibung der Hölle, die sich als Paradies verkleidet hat“ [2], wie es die ZEIT charakterisiert hat, welche sich in eine Reihe stellen lässt mit den beiden berühmtesten Schreckensvisionen der Weltliteratur im 20. Jahrhundert, George Orwells „1984“ und Aldous Huxleys „Schöne neue Welt“ [24], wird der Aufstieg der jungen Protagonistin Mae Holland innerhalb eines fiktiven Internetkonzerns, eben des „Circle“, geschildert, welcher sich – als Nachfolger von Google, Facebook, Twitter und Co. – eine Welt totaler Kommunikation und allumfassender Transparenz zum Ziel gesetzt hat, welche dadurch in den Worten der beiden Google-Gründer Larry Page und Sergey Brin: „a better place“ [2] werden soll, bis hin zu einer absoluten (wenn es nicht so ein Widerspruch wäre, könnte man auch sagen: einer totalitären) Form der Demokratie, die im Buch als Vollendung des Circle = Kreises, als Rundung des Rings formuliert wird.

Es bedarf nicht der Eloquenz eines Marcel Reich-Ranicki, um festzustellen (und in der Tat ist es wiederholt betont worden [24][2]), dass es sich bei diesem Roman eigentlich um ein schlechtes Buch handelt (und ich widerspreche dem nicht), welches in der Schilderung seiner Szenarien und Charaktere allzu holzschnittartig vorgeht. Dennoch hat es eine breite gesellschaftliche Diskussion losgetreten, in der ich aber trotz eifriger Suche eine Stimme weitgehend vermisste: die Stimme unserer Disziplin, die Stimme der Informatik. Dies blieb auch dem Autor nicht verborgen - in einem Interview, in dem er seine Forderung nach einer „neuen Erklärung der Menschenrechte, über die Rechte von Individuen im digitalen Zeitalter und über den Schutz unserer Privatsphäre“ vorbringt, die das Recht festlegt, „sein digitales Profil zu kontrollieren, sein digitales Ich, seine Einkaufsgeschichte, seine Daten“, betont er die Parallele zur Züchtung des Klon-Schafs Dolly im Jahr 1996, als es, so Eggers, „einen riesigen Aufschrei (gab), auch unter Wissenschaftlern, und kurz darauf Gesetze auf der ganzen Welt, die das Klonen von Menschen verbieten“ [25].

Nicht nur ich frage daher: wo bleibt ein vergleichbarer Aufschrei der Informatik heute? Hie und da zaghafte Einzelstimmen, der Internet-Pionier Jason Lanier etwa mit seiner aufrüttelnden Rede anlässlich der Verleihung des letztjährigen Friedenspreises des Deutschen Buchhandels [26], der jüngst unvermittelt aufbrechende Skeptizismus von Apple-Mitbegründer Steve Wozniak [27], oder Kollegin Spiekermann von der WU mit ihrem Blog zur „ethischen Maschine“ [7]. Und weiter? Auch ich nehme mich da nicht aus – noch nicht. Was ich am Beispiel von QoE zu zeigen versucht habe, ist ein konkreter Weg, innerhalb unserer Disziplin den Weg der Wende hin zum Menschen zu gehen. Das ist aber natürlich erst der Anfang. Ohne dies in der Öffentlichkeit zu artikulieren, ohne die Anti-Kopernikanische Wende aus dem wissenschaftlichen Diskurs hinaus in die gesellschaftliche Diskussion zu tragen, kann und wird es nur Stückwerk bleiben, von der Realität schlichtweg überrollt werden.

Andererseits, um jetzt auch meinerseits den „Kreis“ zum Beginn meiner Ausführungen zu schliessen: „Zurück vom Ring“, der Ruf Hagens als letzte Textzeile von Wagners „Götterdämmerung“ – ist ebenso sinn- und folgenlos, wenn wir keine konkreten Alternativen dazu weisen können. Dies ist also unsere Aufgabe, und wer sollte sich ihr stellen, wenn nicht wir: die Lehrenden und Lernenden einer Universität, die sich – und ich komme ein letztes Mal auf die Festrede von Gottfried Schatz zurück, weil ich es einfach nicht besser formulieren kann – doch genau das zum Ziel gesetzt hat: Fragen zu stellen, Unwissen in Wissen zu verwandeln, und als kreative Revolutionärin, als im Hinterfragen beständig Neues schaffende Kraft, unser aller Leben freier, interessanter, lebenswerter zu machen.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit und darf das Podium nun meinem hochgeschätzten Kollegen, Mitstreiter, Weg- und Flurgefährten Prof. Torsten Möller für seine Antrittsvorlesung überlassen.

Bibliographie (alle URL-Adressen letztmals aufgerufen am 3. Mai 2015):

- [1] G. Schatz: *Universitäten – Hüterinnen der Zukunft*. Festvortrag anlässlich des 650. Gründungstages der Universität Wien, 12.03.2015. http://www.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/startseite/650/Dokumente/Rede-Schatz.pdf.
- [2] D. Hugendick, I. Mangold, I. Radisch, M. Schmidt, A. Soboczynski: *Diese Welt ist neu, ist sie auch schön?* DIE ZEIT, Nr. 33/2014, <http://www.zeit.de/2014/33/ueberwachung-dave-eggerts-circle>
- [3] Chris Anderson: *The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete*. Wired, 23.06.2008. URL: http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory.
- [4] G. Box, N. Draper: *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. John Wiley & Sons, 1987.
- [5] <http://norvig.com/fact-check.html>
- [6] S. Noller: *Relevanz ist alles. Plädoyer für eine Algorithmenethik*. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 24.10.2012.
- [7] S. Spiekermann: *Die ethische Maschine*. Der Standard, <http://derstandard.at/r1326504100796/Die-ethische-Maschine>.
- [8] S. Caron, G. Kesidis, E. Altman: *Application Neutrality and a Paradox of Side Payments*. Proc. Workshop on Re-Architecting the Internet (ReARCH '10), ACM (2010).
- [9] P. Reichl, P. Zwickl, C. Löw, P. Maillé: *How Paradoxical is the "Paradox of Side Payments"? Notes from a Network Interconnection Perspective*. Proc. 11th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications, St Petersburg, Russia, June 2013.
- [10] K. Kilki: *An Introduction to Communication Ecosystems*. CreateSpace Independent Publishing Platform, Juli 2012.
- [11] P. Reichl: *Quality of Experience in Convergent Communication Ecosystems*. In: A. Lugmayr, C. Dal Zotto (eds.): *The Media Convergence Handbook*. Springer, Sept. 2015.
- [12] I. Kant: *Kritik der reinen Vernunft*. Meiner, Hamburg 1956.
- [13] B. Russel: *Mysticism and Logic and Other Essay*. Longman 1919, S. 60
- [14] <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/boeing-787-faa-warnt-vor-stromausfall-im-dreamliner-a-1031728-druck.html>.
- [15] C. Holub, U. Schröder, B. Schröder, H. Joss: *Curt Herzstark - Kein Geschenk für den Führer. Schicksal eines begnadeten Erfinders*. Books on Demand, Mai 2005.
- [16] J. Crowcroft, S. Hand, R. Mortier, T. Roscoe, A. Warfield: *QoS's Downfall: At the bottom, or not at all!* Proc. ACM SIGCOMM RIPQoS Workshop 2003, pp. 109-114, 2003.
- [17] R. Jain: *Internet 3.0: Ten Problems with Current Internet Architecture and Solutions for the Next Generation*. Proc. IEEE MILCOM'06, pp. 1-9, October 2006.
- [18] S. Möller, A. Raake (eds.): *Quality of Experience: Advanced Concepts, Applications and Methods*. Springer, March 2014.
- [19] P. Reichl, B. Tuffin, R. Schatz: *Logarithmic Laws in Service Quality Perception: Where Microeconomics Meets Psychophysics and Quality of Experience*. Telecommunication Systems Journal (Springer), Volume 528(2), 587-600, 2013.
- [20] P. Reichl, P. Maillé, P. Zwickl, A. Sackl: *A Fixed-Point Model for QoE-based Charging*. Proc. ACM SIGCOMM 2013 Workshop on Future Human-Centric Multimedia Networking, pp. 33-38, Hong Kong, China, August 2013.
- [21] A. Sackl, P. Zwickl, S. Egger, P. Reichl: *The QoE Alchemy: Turning Quality into Money. Experiences with a Refined Methodology for the Evaluation of Willingness-to-Pay for Service Quality*. Proc. 4th International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX'12), Yarra Valley, Australia, July 2012.
- [22] P. Reichl, P. Zwickl: *The Economics of Quality of Experience: Recent Advances and Next Steps*. Invited Paper, IEEE COMSOC MMTC E-Letter, vol. 10 no. 3, May 2015. Available from: <http://www.comsoc.org/~mmc>.
- [23] M. Varela, P. Zwickl, P. Reichl, M. Xie, H. Schulzrinne: *Experience Level Agreements (ELA): The Challenges of Selling QoE to the User*. Proc. IEEE ICC 2015 – QoE-FI Workshop. London, UK, June 2015.
- [24] A. Bernhard: *Der dritte Kreis der Hölle*. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 09.08.2014, <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/buecher/der-dritte-kreis-der-hoelle-dave-eggerts-der-circle-im-vergleich-mit-huxley-und-orwell-13089429.html>.
- [25] V. Weidmann: *Wir brauchen eine neue Erklärung der Menschenrechte. Interview mit Dave Eggers*. Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 09.08.2014, <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/buecher/fuer-eine-neue-erklaerung-der-menschenrechte-der-autor-dave-eggerts-im-gespraech-13089419.html>.
- [26] J. Lanier: *Der High-Tech-Frieden braucht eine neue Art Humanismus. Rede anlässlich der Verleihung des Friedenspreises des deutschen Buchhandels 2014*. <http://www.friedenspreis-des-deutschen-buchhandels.de/819312/>
- [27] *Apple co-founder Steve Wozniak on the Apple Watch, electric cars and the surpassing of humanity*. Australian Financial Review, 23.03.2015.

Jegliches Feedback herzlich willkommen: peter.reichl@univie.ac.at