

Gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft

Réflexions et recommandations
du Conseil suisse de la science CSS

Überlegungen und Empfehlungen
des Schweizerischen Wissenschafts-
rates SWR

Expertenbericht von Michael Geiss,
Leiter des Zentrums Bildung und
Digitaler Wandel der Pädagogischen
Hochschule Zürich, im Auftrag des
SWR



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Schweizerischer Wissenschaftsrat
Conseil suisse de la science
Consiglio svizzero della scienza
Swiss Science Council

Der Schweizerische Wissenschaftsrat

Der Schweizerische Wissenschaftsrat SWR berät den Bund in allen Fragen der Wissenschafts-, Hochschul-, Forschungs- und Innovationspolitik. Ziel seiner Arbeit ist die kontinuierliche Optimierung der Rahmenbedingungen für die gedeihliche Entwicklung der Schweizer Bildungs-, Forschungs- und Innovationslandschaft. Als unabhängiges Beratungsorgan des Bundesrates nimmt der SWR eine Langzeitperspektive auf das gesamte BFI-System ein.

Le Conseil suisse de la science

Le Conseil suisse de la science CSS est l'organe consultatif du Conseil fédéral pour les questions relevant de la politique de la science, des hautes écoles, de la recherche et de l'innovation. Le but de son travail est l'amélioration constante des conditions-cadre de l'espace suisse de la formation, de la recherche et de l'innovation en vue de son développement optimal. En tant qu'organe consultatif indépendant, le CSS prend position dans une perspective à long terme sur le système suisse de formation, de recherche et d'innovation.

Il Consiglio svizzero della scienza

Il Consiglio svizzero della scienza CSS è l'organo consultivo del Consiglio federale per le questioni riguardanti la politica in materia di scienza, scuole universitarie, ricerca e innovazione. L'obiettivo del suo lavoro è migliorare le condizioni quadro per lo spazio svizzero della formazione, della ricerca e dell'innovazione affinché possa svilupparsi in modo armonioso. In qualità di organo consultivo indipendente del Consiglio federale il CSS guarda al sistema svizzero della formazione, della ricerca e dell'innovazione in una prospettiva globale e a lungo termine.

The Swiss Science Council

The Swiss Science Council SSC is the advisory body to the Federal Council for issues related to science, higher education, research and innovation policy. The goal of the SSC, in conformity with its role as an independent consultative body, is to promote the framework for the successful development of the Swiss higher education, research and innovation system. As an independent advisory body to the Federal Council, the SSC pursues the Swiss higher education, research and innovation landscape from a long-term perspective.

Diese Schrift / Le présent rapport / Questo rapporto / This report

4

Réflexions et recommandations du Conseil suisse de la science CSS

1	Introduction	8
1.1	La formation dans la société numérique	8
1.2	Première étape: gros plan sur la formation gymnasiale	9
2	Recommandations du CSS	10
3	Réflexions principales du CSS	12

Überlegungen und Empfehlungen des Schweizerischen Wissenschaftsrates SWR

1	Einleitung	18
1.1	Bildung in der digitalen Gesellschaft	18
1.2	Ein erster Fokus auf die gymnasiale Bildung	19
2	Die Empfehlungen des SWR	20
3	Die Hauptüberlegungen des Rates	22

Gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft

1	Gymnasiale Bildung in der Schweiz	28
2	Die Maturität in einer entstehenden digitalen Gesellschaft: ein Blick zurück	32
2.1	Gymnasien als «Early Adopters» und Laboratorien	33
2.2	Pilotprojekte und Koordinationsversuche	35
2.3	Curriculare Antworten und ein bewegliches Ziel	36
3	Zukünftige Bürgerinnen und Bürger auf anspruchsvolle Aufgaben vorbereiten	39
3.1	Die grosse Transformation: Kein Bereich der Gesellschaft bleibt unberührt	39
3.2	Digitale Antworten auf funktionale Probleme	40
3.3	Bürgerinnen und Bürger in einer digitalen Gesellschaft	43
4	Die Qualifizierung zukünftiger Studentinnen und Studenten	44
4.1	Die fortlaufende Transformation von Forschung und universitärer Ausbildung	44
4.2	Allgemeine Studierfähigkeit in Zeiten des digitalen Wandels	47
5	Fehler, die es zu vermeiden gilt	48
6	Schlusswort und Dank	52
7	Literatur	53

Diese Schrift

Die Covid-19-Pandemie hat die digitale Transformation im Bereich der formalen Bildung stark beschleunigt. Auf allen Schulstufen geht es darum, wie digitale Mittel adäquat eingesetzt und Informatikkenntnisse am besten vermittelt werden können. Darüber hinaus müssen weitere Entwicklungen berücksichtigt werden, denn die Digitalisierung wirkt sich in verschiedenen gesellschaftlichen Funktionsbereichen wie Politik, Gesundheit, Arbeitswelt, Religion und Kultur oder Wissenschaft unterschiedlich aus. Zudem gewinnt die Kompetenz, mit sozialen und kulturellen Prozessen reflektiert umzugehen, weiter an Bedeutung.

Der Schweizerische Wissenschaftsrat SWR konzentriert seine Überlegungen in der vorliegenden Publikation auf die gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft, da zurzeit das nationale Reformprojekt zur Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität durchgeführt wird. Der SWR hat dazu Prof. Dr. Michael Geiss, Leiter des Zentrums Bildung und Digitaler Wandel der Pädagogischen Hochschule Zürich, mit einem Expertenbericht beauftragt. Der Expertenbericht blickt zuerst auf die vergangenen Jahrzehnte zurück. Anschliessend analysiert er die Herausforderungen der Digitalisierung sowie die Kompetenzanforderungen an zukünftige Absolventinnen und Absolventen bezogen auf das Doppelziel der gymnasialen Bildung: die Allgemeine Studierfähigkeit und die vertiefte Gesellschaftsreife (die Vorbereitung darauf, anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft zu übernehmen).

Der SWR ergänzt den Expertenbericht aus seiner Perspektive und leitet Empfehlungen an die Verantwortlichen der Kantone und des Bundes ab. Insbesondere will der SWR die beiden Bildungszielbereiche und damit den Wert des Maturitätszeugnisses bewahren. Grundlage dafür ist eine breitgefächerte Bildung, über die alle Maturandinnen und Maturanden verfügen sollten. Auf dieser Basis plädiert der Rat gleichzeitig für möglichst grosse Flexibilität und Agilität bei der Wahl von Schwerpunktfächern. Schülerinnen und Schüler müssen überdies dabei unterstützt werden, ihren Bildungsweg gemäss ihrer Leistungsfähigkeit und nicht aufgrund von sozialer Herkunft oder Geschlecht zu wählen.

Der Informatikunterricht soll, fokussiert auf den technologischen Kern, als Grundlagenfach gestärkt werden. Gleichzeitig ist es aber zwingend, die Methoden und Lehrplaninhalte aller Fachgebiete aus dem Blickwinkel der Digitalisierung zu hinterfragen, sowohl im Hinblick auf die Allgemeine Studierfähigkeit wie auch die vertiefte Gesellschaftsreife. Die daraus resultierende neue Priorisierung muss die Fachgemeinschaften einbeziehen und durch Forschung begleitet werden.

Le présent rapport

La pandémie de Covid-19 a considérablement accéléré la transformation numérique dans la formation formelle. À tous les niveaux scolaires se pose la question de l'utilisation adéquate des outils numériques, et la transmission de connaissances informatiques y occupe une place centrale. Mais d'autres évolutions doivent encore être prises en compte; en effet, la numérisation se répercute de diverses manières dans de nombreux domaines de la société tels que la politique, la santé, le monde du travail, la religion, la culture ou encore la science. Face à ces évolutions, savoir mener une réflexion sur les processus sociaux et culturels est une compétence dont l'importance ne cesse de croître.

Le Conseil suisse de la science CSS, dans le présent rapport, concentre ses réflexions sur la formation gymnasiale dans la société numérique, pour contribuer au projet, actuellement mené à l'échelle nationale, de réforme et de développement de la maturité gymnasiale. Le CSS a chargé le professeur Michael Geiss, directeur du *Zentrum Bildung und Digitaler Wandel* de la Haute école pédagogique de Zurich, de rédiger un rapport d'expertise sur le sujet. Ce rapport apporte tout d'abord un éclairage sur les décennies passées. S'ensuit une analyse des défis posés par la numérisation et des compétences que doivent nécessairement acquérir les futurs diplômés de la maturité gymnasiale compte tenu de son double objectif de conférer une aptitude générale aux études supérieures et une maturité civique approfondie (c'est-à-dire la capacité d'assumer des responsabilités au sein de la société).

Le CSS complète le rapport d'expertise de son point de vue et en tire des recommandations à l'intention des responsables cantonaux et fédéraux de la formation. Le CSS tient particulièrement à conserver les deux objectifs de formation susmentionnés et à préserver ainsi la valeur du certificat de maturité. À cet effet, il est indispensable que tous les élèves accomplissant une maturité gymnasiale suivent une formation diversifiée. Sur cette base, le Conseil se prononce en faveur d'un maximum de flexibilité et d'agilité dans le choix des options spécifiques. Par ailleurs, les élèves doivent être soutenus afin de choisir leur voie de formation en fonction de leurs capacités et non de leur origine sociale ou de leur sexe.

L'enseignement de l'informatique, axé sur l'aspect technologique, doit être renforcé en tant que discipline fondamentale. En parallèle, il demeure toutefois impératif de remettre en question les méthodes et les contenus des programmes d'enseignement de toutes les disciplines sous l'angle de la numérisation, tant dans l'optique de l'aptitude générale aux études supérieures que dans celle de la maturité civique approfondie. Des nouvelles priorités devront ainsi être établies avec le concours de spécialistes du domaine et faire l'objet d'un accompagnement au niveau de la recherche.

Questo rapporto

La pandemia di Covid-19 ha accelerato notevolmente la trasformazione digitale nel settore dell'educazione formale. A tutti i livelli scolastici, l'attenzione è rivolta alle modalità per utilizzare al meglio le risorse digitali e all'insegnamento di competenze informatiche. Bisogna inoltre prendere in considerazione anche sviluppi ulteriori, in quanto la digitalizzazione si ripercuote in modo diverso in differenti aree sociali come la politica, la salute, il mondo del lavoro, la religione, la cultura o la scienza. A ciò si aggiunge la crescente importanza attribuita alla competenza nell'affrontare processi sociali e culturali in modo riflessivo.

In questa pubblicazione, il Consiglio svizzero della scienza CSS intende concentrare le proprie riflessioni sulla formazione liceale nel contesto della società digitale, poiché il progetto nazionale di riforma per lo sviluppo della maturità liceale è attualmente in corso.

Il CSS ha chiesto una perizia al responsabile del *Zentrum Bildung und Digitaler Wandel der Pädagogischen Hochschule Zürich*, il prof. dott. Michael Geiss che, dopo uno sguardo retrospettivo sugli ultimi decenni, analizza le sfide della digitalizzazione e gli obiettivi di competenza per i futuri maturandi in relazione al duplice obiettivo della formazione liceale, ovvero: l'idoneità generale agli studi universitari e una solida maturità sociale (cioè la capacità di assumere responsabilità nella società civile).

Dopo aver completato il rapporto con le proprie riflessioni, il CSS ne ricava raccomandazioni destinate a responsabili cantonali e federali. In particolare, intende preservare il duplice obiettivo della formazione liceale e quindi il valore dell'attestato di maturità. Quest'ultimo poggia su un ampio bagaglio formativo che tutti gli studenti di maturità dovrebbero avere. Su questa base il CSS si esprime a favore della massima flessibilità e agilità nella scelta delle materie principali. Gli alunni devono inoltre essere sostenuti nella scelta del loro percorso formativo secondo le loro attitudini e non in base all'origine sociale o al sesso.

È importante rinforzare l'insegnamento dell'informatica come materia di base e concentrarsi sugli aspetti tecnologici. Al contempo però è imperativo ripensare in chiave digitale metodologie e contenuti didattici di tutte le materie, tenendo presenti sia l'idoneità generale agli studi universitari, sia lo sviluppo di una solida maturità sociale. Ciò comporta una ridefinizione delle priorità che coinvolga le comunità scientifiche e sia accompagnata da progetti di ricerca.

This report

The Covid-19 pandemic has greatly accelerated digital transformation in formal education. At all levels of schooling, the focus is on the appropriate use of digital resources and teaching IT skills. Other developments must also be taken into account, since digitalisation affects different functional areas of society in varying ways – from politics, health and the workplace to religion, culture and science. Furthermore, it is becoming increasingly important to have the skills to reflect on and deal with these social and cultural processes.

The Swiss Science Council SSC focuses its considerations – concurrent with the national reform project for developing the academic baccalaureate – on baccalaureate education in the digital society. The Council commissioned Prof. Michael Geiss, director at the Centre for Education and Digital Change at the Zurich University of Teacher Education, to write an expert report on the subject. This report first looks back at recent decades, then considers the challenges posed by digitalisation and the skills required by future schoolleavers in relation to the dual objective of a baccalaureate school education: university admission qualification and the maturity to take one's place in society.

The SSC provides its own perspective on the issues discussed in the expert report and derives recommendations for players at cantonal and federal levels. In particular, the SSC wants to see the two educational objectives, and thus the value of the baccalaureate certificate, retained; mandatory and central to this is a broad education, which all baccalaureate pupils should have. On this foundation, the Council advocates that pupils may have the greatest possible flexibility and agility in the choice of key subjects. Furthermore, they should be supported in choosing their educational path according to their ability and not on the basis of social background or gender.

IT teaching, in its basic technological aspects, should be given more prominence as a core subject. At the same time, however, the methods and curricular content of all subject areas must be looked at from the perspective of digitalisation, both in terms of pupils' general study skills and social maturity. Professionals should be involved in this process of prioritisation which also needs to be accompanied by research.

Réflexions et recommandations du Conseil suisse de la science CSS

Le Conseil suisse de la science (CSS) a déjà abordé à plusieurs reprises les défis que la numérisation pose au système suisse de formation¹. Dans son programme de travail 2020–2023, le Conseil approfondit le sujet dans la thématique globale «Formation, recherche et innovation dans une société numérique».

1.1

La formation dans la société numérique

La transformation numérique touche, de différentes manières, tous les domaines de la vie quotidienne et de la société. Elle soulève également des questions pressantes sur de nombreux aspects qui concernent l'ensemble du système de formation et tous ses niveaux de formation. L'enseignement des compétences informatiques et l'utilisation adéquate des ressources numériques en sont des éléments centraux. Toutefois, pour le CSS, de nombreux autres développements sont décisifs:

- L'importance de l'informatique, science encore jeune, ne cesse de croître, et avec elle potentiellement l'importance de l'établir en tant que discipline à part entière dans l'enseignement primaire et secondaire.
- La numérisation influence presque toutes les disciplines scientifiques, tant au niveau de leurs méthodes que de leurs objets, ce qui modifie potentiellement les contenus des branches établies par la suite et créées selon le «Wissenschaftsprinzip»².
- Étant donné que la transformation numérique touche tous les domaines de la vie et de la société, les sujets des matières d'enseignement, structurées selon le «Situationsprinzip»³, évoluent également.
- L'informatique utilise de nouveaux modes de pensée et de nouvelles méthodes qui sont également adoptés dans d'autres disciplines scientifiques et d'autres domaines. Elle contribue ainsi au développement de compétences transversales (pensée analytique-algorithmique, pensée computationnelle, etc.)

1 Voir notamment: Conseil suisse de la science CSS (2019). Compétences numériques. In: *Recommandations du Conseil suisse de la science CSS pour le message FRI 2021–2024*. p. 56 s. Berne: CSS. Cette recommandation s'appuie notamment sur: Sabine Seufert (2017). *Digital competences. Recueil d'études exploratoires commandées par le Conseil suisse de la science et de l'innovation CSSI*. Conseil Suisse de la science et de l'innovation CSSI. *Notions of disruption*. Berne: CSS.

2 Orientation principale du contenu à la discipline scientifique. Lothar Reetz (2003). *Prinzipien der Ermittlung, Auswahl und Begründung relevanter Lernziele und Inhalte*. F.-J. Kaiser & H. Kaminski (Eds.), *Wirtschaftsdidaktik* (pp. 99–124). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

3 Orientation principale du contenu aux problèmes actuels importants. Idem.

- Tout un chacun utilise de plus en plus les outils numériques dans de nombreux domaines privés, économiques et sociaux. D'une part, il faut se demander dans quelle mesure la formation doit contribuer à l'acquisition des compétences correspondantes, et comment les traduire dans les programmes de formation. D'autre part, cette constatation implique de savoir comment la formation peut intégrer et mettre à profit de manière adéquate ces nouvelles compétences que possèdent les apprentis dans les processus de formation.
- L'enseignement et l'apprentissage sont de plus en plus assistés par des outils et des solutions numériques, ce qui suggère l'inclusion de moyens numériques dans les processus d'enseignement et d'apprentissage, et modifie donc la didactique de l'enseignement également dans le domaine de la méthodologie de l'enseignement. Cela a également un impact sur la formation des enseignants (formation initiale et continue).
- Les machines sont de plus en plus utilisées comme soutien aux activités humaines et prennent en charge des tâches complexes qui étaient auparavant effectuées par des personnes. Il convient donc de clarifier pour quelles tâches exigeantes les jeunes devront être formés à l'avenir, et quelles connaissances et compétences devront (encore) leur être transmises en conséquence. Cette évolution nécessite de vérifier si les structures de formation actuelles, relativement rigides, seront encore appropriées en ce qui concerne la durée, le lieu et les programmes de formation.

Évidemment, les grands défis actuels ne concernent pas uniquement la transformation numérique. Cependant, de nombreuses problématiques sociales ont une dimension numérique. Le système de formation doit donc être confronté à ces questions.

1.2

Première étape: gros plan sur la formation gymnasiale

Récemment, les cantons ont décidé d'introduire et, pour certains, ont déjà introduit l'enseignement des compétences numériques à l'école obligatoire⁴. Dans les années à venir, la formation gymnasiale sera réformée dans le cadre du projet national «Évolution de la maturité gymnasiale»⁵, mandaté en 2020 par la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) et le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR).

Le CSS saisit cette occasion pour étudier, lors d'une première étape, la formation gymnasiale. À cette fin, le Conseil a chargé le professeur Michael Geiss, directeur du Zentrum Bildung und Digitaler Wandel de la Haute école pédagogique de Zurich, de rédiger un rapport d'expertise intitulé «Gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft» (La formation gymnasiale dans la société numérique, rapport en allemand). Le rapport de Michael Geiss se trouve dans la deuxième partie de cette publication.

Au sein d'un groupe de travail interne et au cours de plusieurs séances plénières, le CSS a analysé le rapport d'expertise et l'a approfondi à partir de son propre point de vue. Ce processus a abouti aux recommandations ci-dessous, qui ont été adoptées en septembre 2021 et intégrées aux prises de position du CSS⁶ dans le cadre de la procédure de consultation sur le projet «Évolution de la maturité gymnasiale». Les réflexions du Conseil sont compilées aux pages 12–14.

4 Educa fournit une vue d'ensemble de l'état de la mise en œuvre; Educa (2021). *La numérisation dans l'éducation*. Berne: Educa.

5 Des informations détaillées sont disponibles sur le site du projet: <https://matu2023.ch/fr/>.

6 Prise de position du CSS du 15 juillet 2021, revision PRM/ORM https://wissenschaftsrat.ch/images/stories/pdf/de/SWR_MAR_MAV_Stellungnahme.pdf et prise de position du CSS du 30 septembre 2021, plan d'études cadre https://wissenschaftsrat.ch/images/stories/pdf/de/RLP_Stellungnahme.pdf (en allemand).

Il faut noter au préalable que la transformation numérique touche toutes les facettes de la formation gymnasiale. Michael Geiss souligne dans son analyse qu'il n'existe pas de réponse globale aux défis du numérique. Les réponses doivent plutôt être formulées pour chaque branche en fonction du double objectif d'aptitude générale aux études supérieures, d'une part, et de maturité civique relative aux diverses fonctions sociales, d'autre part. Ces défis se renouvellent en permanence, notamment du point de vue des enseignants et en ce qui concerne leur formation. Afin de développer ces questions de façon étayée, la recherche joue, selon le CSS, un rôle de premier plan.

Le CSS recommande aux directeurs cantonaux de l'instruction publique, à la CDIP et au DEFR de...

... maintenir le double objectif de la formation gymnasiale et de préserver ainsi la valeur du certificat de maturité.

Les objectifs d'aptitude générale aux études supérieures et de maturité civique approfondie garantissent ensemble une formation gymnasiale largement diversifiée, et donc la qualité du certificat de maturité en comparaison internationale. La transformation numérique entraîne de nouvelles exigences pour ces deux objectifs, qui doivent être prises en compte dans le développement futur de la maturité.

... procéder à une division du cursus de maturité en un niveau de base et un niveau avancé.

La formation générale que tous les élèves doivent avoir est le fondement même de la maturité gymnasiale. L'importance de cette base commune ne cesse de croître dans une société numérique qui continue d'évoluer rapidement. L'acquisition systématique de compétences dans différentes branches, cultures et systèmes de valeurs ne doit pas être compromise par une spécialisation précoce au gymnase dans la perspective d'études spécifiques. Par ailleurs, il est important pour la suite du parcours de formation que les élèves choisissent leurs spécialisations sur des bases solides et en fonction de leurs intérêts.

... renforcer de manière ciblée l'enseignement de l'informatique au niveau du gymnase.

Pour le CSS, il est impératif que l'informatique soit à l'avenir enseignée comme discipline fondamentale au niveau du gymnase. En termes de contenu, l'accent doit être mis sur l'aspect technologique (programmation, science des données, traitement des données). Les conséquences politiques, économiques, sociétales et individuelles de la transformation numérique ne sont pas moins importantes, mais elles doivent être traitées en priorité dans les autres branches et dans les domaines d'études concernés.

... veiller à ce que les élèves apprennent à appliquer les compétences spécifiques qu'ils acquièrent dans d'autres contextes.

Avec la numérisation, l'importance des compétences méthodologiques transversales, des compétences liées à la personnalité et des compétences socio-communicatives dans le monde scientifique et dans la société ne cesse de croître. De ce fait, l'acquisition de compétences spécifiques est présupposée. Toutefois, les efforts visant à flexibiliser les compétences générales transversales doivent être intensifiés.

... remettre en question et de reconfigurer de manière exhaustive le contenu des programmes et les possibilités d'enseignement de toutes les branches sous l'angle de la numérisation.

La transformation numérique modifie les disciplines, et donc les filières d'études et leurs exigences. Dans le même temps, les responsabilités à assumer au sein de la société sont également de plus en plus façonnées par la numérisation, et ce, de manière différente selon les types de fonctions. Ces deux constats doivent servir à remanier en profondeur la formation gymnasiale.

... s'efforcer, considérant toutes les disciplines, d'éviter une surcharge du gymnase.

Dans la plupart des branches, les phénomènes numériques sont intégrés à l'enseignement comme nouveau sujet. Dans le même temps, de nombreux éléments de base restent des composantes essentielles de la branche en question. Le CSS n'est pas contre l'ajout de nouveaux sujets, mais afin d'éviter toute surcharge, des priorités doivent nécessairement être définies lors du développement des programmes d'études dans les différentes branches. Les disciplines et la didactique des disciplines doivent contribuer de manière significative à cette sélection.

... mettre en œuvre des mesures appropriées pour réaliser l'égalité des chances.

Un dialogue continu au moment des transitions, comme prévu dans l'actuelle réforme de la maturité, est une étape importante pour contrecarrer la sélectivité sociale. Toutefois, cela n'est pas suffisant au vu du défi à relever. Les structures de formation doivent soutenir les élèves afin qu'ils choisissent leur voie de formation en fonction de leurs capacités et non sur la base de leur origine sociale ou de leur sexe. Des mesures visant à augmenter la proportion de femmes dans le secteur de l'informatique doivent également être prévues.

... faire avancer la recherche pour un développement de la maturité gymnasiale basé sur des évidences.

D'une part, on ignore si les ressources numériques investies dans l'enseignement et l'apprentissage répondent aux attentes. D'autre part, la recherche à l'interface entre le gymnase et l'université doit être renforcée afin d'améliorer les connaissances sur les compétences requises pour les études universitaires. Il est également nécessaire de mener des recherches plus systématiques sur les responsabilités à assumer au sein de la société afin de clarifier les compétences qu'elles requièrent et de déterminer par le biais de quels contenus et dans quelles branches ces compétences doivent être acquises.

Effets fondamentaux de la numérisation sur les objectifs de formation du gymnase

Le double objectif de la maturité personnelle liée à l'aptitude générale aux études supérieures et de la prise en charge responsable de tâches exigeantes dans la société (maturité civique approfondie) reste, d'un point de vue normatif, judicieux et important même dans une société numérisée. L'aptitude aux études supérieures est une condition préalable à l'admission sans examen (et sans *numerus clausus*) aux filières d'études des hautes écoles universitaires et pédagogiques. La garantie de cet accès aux hautes écoles a été réaffirmée à plusieurs reprises au cours des dix dernières années comme objectif politique commun de la Confédération et des cantons concernant l'espace suisse de formation. Le maintien de l'objectif d'une aptitude générale aux études supérieures relève donc d'une volonté politique. Le CSS estime également que cet objectif reste judicieux, notamment du fait qu'il requiert toujours une formation large, laquelle serait compromise par une spécialisation trop précoce.

Une formation large est également une condition préalable à l'objectif de la maturité civique approfondie. Elle revêt une grande importance pour la Suisse, car de nombreux titulaires de la maturité occupent par la suite des postes influents au niveau de l'État, de l'économie et de la société, et doivent prendre des décisions ayant des implications sociétales. La formation gymnasiale représente la dernière possibilité d'acquérir de manière systématique les compétences nécessaires dans de vastes domaines disciplinaires, culturels et de valeurs qui ne seront pas étudiées dans les hautes écoles⁷. Une spécialisation précoce au gymnase visant la réussite d'examens d'entrée pour des études spécifiques au détriment de la palette des matières compromettrait cet objectif. Les deux objectifs d'aptitude générale aux études supérieures et de maturité civique approfondie sont donc fondamentalement en harmonie l'un avec l'autre et mutuellement dépendants. L'admission, sans examen, dans les hautes écoles fait figure d'exception en comparaison internationale, mais elle augmente non seulement la valeur formelle du certificat de maturité, mais aussi l'essence unique et nécessaire de la formation gymnasiale. La maturité gymnasiale doit maintenant être développée avec d'autant plus de soin et adaptée aux nouvelles exigences liées aux deux objectifs résultant, entre autres, de la numérisation.

Effets de la numérisation sur l'objectif de l'aptitude générale aux études supérieures

L'aptitude générale aux études supérieures comprend toutes les compétences (connaissances, aptitudes, capacités et dispositions) permettant au moins d'être admis avec succès dans un programme d'études du niveau d'une haute école. Ces compétences comprennent trois composantes: (1) des compétences transversales cognitives et non cognitives; (2) des compétences spécifiques requises dans de nombreuses disciplines (compétences de base en première langue, en mathématique, en anglais et en informatique requises pour les études supérieures); (3) des compétences spécifiques qui ne sont requises que dans certaines disciplines d'études⁸. La transformation numérique touche ces trois composantes, car elle modifie les disciplines, et donc les filières d'études et leurs exigences. Toutefois, la question de savoir comment exactement est encore largement ouverte.

Les trois composantes mentionnées ci-dessus continueront de définir l'aptitude générale aux études supérieures. Cependant, leur contenu est susceptible d'évoluer. Le numérique sera intégré aux compétences transversales (composante 1); les connaissances et les compétences en informatique occuperont une place encore plus importante dans les compétences de base requises pour les études supérieures (composante 2), et les étudiants devront également posséder des connaissances et des compétences spécifiques en informatique suffisamment poussées, qui sont un prérequis uniquement pour les études en informatique et les autres nouvelles études techniques (composante 3). Le présent rapport montre, à l'aide d'exemples, que le processus de transformation dans les différentes branches se déroule à des vitesses différentes, qu'il est d'ampleur variable et qu'il n'est pas encore achevé. En outre, les changements dans le contenu des filières d'études des hautes écoles que le gymnase doit déjà anticiper ne sont pas clairement définis.

Il est certain que l'informatique et les compétences informatiques transversales joueront un rôle plus important dans l'aptitude générale aux études supérieures. Afin de clarifier les nouveaux prérequis et les besoins correspondants en lien avec les programmes scolaires, le présent rapport s'appuie sur les propositions des spécialistes des différentes disciplines et de la didactique des disciplines. Il reprend également l'idée que les gymnases, épaulés par des experts universitaires, devraient redevenir des lieux propices à l'expérimentation (linguistique informatique en cours de français, par exemple). Le CSS est favorable à ces idées, mais recommande avant tout de renforcer la recherche à l'interface entre le gymnase et l'université, et d'acquérir plus de savoir sur les compétences requises pour réussir la transition aux filières d'études universitaires, notamment en ce qui concerne les connaissances et les compétences en informatique.

7 Cf. Franz Eberle (2019). Le gymnase – toujours d'actualité ou passé de mode? Perspectives d'avenir de la maturité gymnasiale. *Gymnasium Helveticum* 1, 73(1), 6-10.

8 Idem.

Effets de la numérisation sur l'objectif de préparation à l'exercice de responsabilités dans la société (maturité civique approfondie)

Le présent rapport distingue généralement six domaines dans lesquels la transformation numérique pose des défis différents: la politique et l'administration, la santé, l'économie et le monde du travail, la justice, la formation et enfin – et il ne s'agit pas là de domaines de moindre importance – la religion et la culture. La liste n'est pas exhaustive. Le domaine militaire et celui des médias de masse sont notamment mentionnés à titre d'exemples supplémentaires. La gestion de l'environnement n'est pas citée, alors même qu'elle revêt une importance particulière. Ces domaines impliquent tous des responsabilités à assumer au sein de la société. Pour identifier, analyser et développer correctement des solutions aux problématiques correspondantes, qui touchent généralement plusieurs disciplines, ainsi que pour prendre des décisions responsables face à ces solutions, il est indispensable de posséder des connaissances et des compétences spécialisées, et de comprendre les structures et principes de base les plus importants des domaines d'études sous-jacents. C'est ce qui a justifié jusqu'à présent la diversité des branches enseignées au gymnase. Les branches d'enseignement, qui sont fondamentalement basées sur les sciences, relèvent de la description, de la prescription et de plans d'action fondés sur des normes.

La numérisation apporte toutefois de plus en plus d'aides pour la résolution de tâches et contribue à la prise en charge d'une partie de ces tâches. Les algorithmes effectuent des travaux de routine, et l'intelligence artificielle est de plus en plus capable de fournir les performances intellectuelles nécessaires à la résolution de certains problèmes toujours plus rapidement et avec une qualité supérieure. Cependant, comme décrit dans le présent rapport, la transformation numérique conduit à toutes sortes de changements de ce type au sein des domaines susmentionnés et fait émerger de nouveaux problèmes; le rapport énumère quelques exemples. La compréhension des disciplines, tout comme leur place dans la formation, reste fondamentale pour aborder ces questions. L'exercice de responsabilités au sein de la société interdit en outre la délégation complète des tâches aux machines. La responsabilité incombe à l'être humain, qui a donc besoin de connaissances de base dans les disciplines. Cela ne rend pas pour autant obsolètes une évaluation critique et une refonte partielle des programmes d'enseignement. Selon le rapport, la mise en avant des dimensions technologiques n'entraîne pas de rupture profonde avec les programmes d'enseignement actuels, mais ces dimensions doivent être encore mieux intégrées. «Les tâches exigeantes au sein de la société sont désormais structurées numériquement d'une manière qui a des conséquences sur la formation gymnasiale. Il faut en tenir compte dans la réforme des cursus dans les gymnases.» (p. 49)

Le rapport suggère en outre que les impulsions pour les changements doivent venir de chaque discipline et de leurs spécialistes ainsi que des différents domaines de la société. Le CSS estime que ces démarches ne sont pas encore suffisantes. Ici aussi, des travaux de recherche plus systématiques sont nécessaires sur les responsabilités actuelles et futures à assumer au sein de la société, sur les compétences qu'elles requièrent ainsi que sur les disciplines et les programmes d'enseignement par le biais desquels elles sont transmises.

La branche de l'informatique fait bien entendu partie des disciplines concernées. L'aperçu des structures et des principes de base de l'informatique est indissociable de la compréhension du monde d'aujourd'hui. L'informatique est une composante de nombreuses solutions à des tâches exigeantes de la société. Cela s'applique également à l'aspect transversal de l'informatique. En effet, tout comme ses méthodes et ses modes de pensée sont importants pour résoudre des problèmes informatiques concrets, ils s'inscrivent également de différentes manières dans des compétences transversales. Cependant, ce caractère transversal et interdisciplinaire n'éclipse pas l'importance des disciplines. L'informatique aurait déjà dû obtenir le statut de discipline d'enseignement lors de la dernière réforme de la maturité en 1995.

Le présent rapport identifie trois approches pour définir le contenu de l'enseignement de l'informatique au gymnase en tant que branche à part entière: a) accent sur l'aspect technologique de la transformation numérique, c'est-à-dire sur l'informatique, le traitement des données, la programmation et la pensée computationnelle; b) accent sur l'utilisation quotidienne d'applications, par exemple dans le domaine de la bureautique et de la conception de sites internet, et sur la maîtrise de ces outils, considérés comme faisant partie des compétences de base dont doivent disposer les élèves de maturité et les étudiants; c) compréhension des technologies comme point central des développements sociétaux et questionnement critique de leurs conséquences politiques, économiques, sociétales et individuelles.

Le CSS estime que les trois axes sont importants, mais recommande de se limiter au point a), le présent rapport mettant bien en lumière le peu d'heures à disposition pour l'enseignement de l'informatique. «Une surcharge est inévitable si l'enseignement de l'informatique recouvre à la fois et de manière aussi complète les bases techniques de la société numérique, d'une part, et ses conditions et ses conséquences sociétales, juridiques, culturelles, économiques et individuelles, d'autre part.» (p. 49) Les défis politiques et sociétaux doivent être abordés dans les autres branches. Le point b) a nouvellement été introduit à l'école obligatoire. Au niveau du gymnase, ces applications, leur mise à jour et leur flexibilisation relèvent de toutes les disciplines.

De manière générale, les femmes sont aujourd'hui largement sous-représentées dans le domaine de l'informatique. Cela vaut également pour les femmes titulaires d'un diplôme universitaire (voir fig. 3 p. 45). Des mesures pour contrer la répartition inégale des sexes doivent être prises également au niveau de la formation gymnasiale⁹.

Effets de la numérisation sur l'importance future des connaissances spécifiques, des disciplines et des compétences transversales

L'acquisition de compétences transversales sera sans aucun doute encore plus importante à l'avenir, ce qui toutefois ne diminue en rien la grande importance que continue de revêtir l'acquisition de compétences spécifiques à une branche. Une connaissance solide des structures fondamentales des disciplines est une condition préalable à la résolution de problématiques non seulement spécifiques, mais aussi interdisciplinaires. De plus, une telle connaissance est nécessaire à l'apprentissage tout au long de la vie, à l'évaluation critique des connaissances générées informatiquement et à la confiance générale dans le monde et dans le monde numérique (y compris l'intelligence artificielle).

Les compétences transversales sans compétences spécifiques n'ont pas de fondement en termes de contenu. Une focalisation de la formation exclusivement sur l'acquisition de compétences transversales a été proposée très tôt dans l'histoire de la pédagogie comme une solution aux programmes scolaires surchargés. Mais la recherche psychopédagogique a également montré depuis longtemps que cette approche ne conduit pas aux résultats souhaités. La formation ne peut être allégée par l'apprentissage exclusif de méthodes interdisciplinaires. Les premières approches concrètes de la formation formelle pure dans l'histoire de l'éducation et les stratégies qui ont été introduites ensuite, comme le concept des qualifications clés ou les concepts de compétences non liées à une discipline, se sont avérées inefficaces. Même le nouveau concept actuellement populaire visant les «compétences du futur» (communication, collaboration, créativité et innovation, pensée critique et résolution de problèmes) au lieu de l'acquisition de connaissances spécifiques à une discipline n'est qu'une autre variante de la formation formelle. Les compétences spécialisées restent la base indispensable des compétences transversales. Les compétences transversales applicables doivent d'abord être acquises dans un contexte situationnel spécifique. Ce n'est qu'ensuite qu'elles peuvent être flexibilisées dans l'interdisciplinarité, en coordination avec d'autres disciplines.

Par le passé, cette seconde étape a été négligée dans l'enseignement des branches. Cela doit changer à l'avenir dans la formation gymnasiale et renforcer ainsi l'acquisition de compétences interdisciplinaires. Cela s'applique en particulier aux compétences interdisciplinaires susmentionnées, qui ont émergé dans le domaine de l'informatique sous le terme de *pensée computationnelle*, ainsi qu'à la pensée critique, par exemple. La pandémie a montré combien il est important de comprendre comment les «faits» et la «vérité» sont construits et communiqués, dans une société numérique où la qualité des contenus communiqués varie fortement et où ces contenus sont diffusés très rapidement.

Autres effets de la numérisation sur la formation

Dans les points précédents, les effets de la numérisation sur les objectifs et les contenus de la formation gymnasiale ont été décrits. D'autres aspects des effets de la numérisation sur la formation gymnasiale doivent être observés, étudiés et intégrés dans les mesures de développement de l'enseignement au niveau de la maturité. Il s'agit notamment de la transformation numérique de l'école et de la classe, de la didactique qui s'y rapporte, des aspects liés au genre, des effets sur la sélectivité sociale et, enfin et surtout, de la formation des enseignants.

9 Le CSS soutient la récente demande de la Commission fédérale pour les questions féminines en faveur de mesures à tous les niveaux de formation pour augmenter la proportion de femmes dans l'informatique <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/67488.pdf>.

Durabilité – résilience – égalité des chances – sécurité des données

Dans le cadre de son programme de travail 2020–2023, le CSS s'attache à une série de perspectives transversales qu'il s'engage de respecter dans ses explorations, ses analyses et ses avis. Du point de vue du Conseil, la durabilité, la résilience, l'égalité des chances et la sécurité des données sont des éléments centraux pour un système de formation de haute qualité, qui est un objectif explicite de la Constitution fédérale, pour la Confédération et les cantons¹⁰. Dans des principes stratégiques convenus conjointement, la Confédération et les cantons s'engagent à «[tenir] compte de l'ensemble du système éducatif» et «s'engagent afin que les chances et les potentialités disponibles pour les individus et la société en tant que tout puissent être mises à profit de façon optimale. Un système éducatif performant offre de meilleures opportunités pour promouvoir l'autonomisation et la réussite de chaque individu. Il favorise également le développement social et économique de la Suisse»¹¹.

Avec la présente publication et ses recommandations, le CSS souligne qu'il est impératif de concrétiser ces principes dans des projets nationaux tels que le projet «Évolution de la maturité gymnasiale». Les mesures réalisables doivent être identifiées, mises en œuvre en impliquant les enseignants et la formation des enseignants, et leur application doit être analysée. En ce qui concerne la société numérique, cela signifie:

- Une formation gymnasiale durable préserve les valeurs communes et est ouverte à la nouveauté. Le CSS préconise une formation diversifiée

commune à tous les élèves. Sur cette base, le Conseil se prononce en faveur d'un maximum de flexibilité et d'agilité, avec de nombreuses combinaisons possibles dans le choix des options spécifiques et avec la possibilité d'inclure de nouvelles matières.

- La résilience en matière de formation gymnasiale permet de faire face concrètement à l'évolution des besoins. Le renforcement de l'informatique est un élément important à cet égard. Cela étant, les programmes des autres disciplines doivent également être modifiés en conséquence, tant en ce qui concerne l'aptitude générale aux études supérieures que la maturité civique. Cette priorisation doit impliquer les spécialistes concernés et faire l'objet d'un accompagnement au niveau de la recherche.
- Une formation favorisant l'égalité des chances soutient les élèves afin qu'ils puissent choisir leur voie de formation en fonction de leurs capacités et ne soient pas désavantagés en raison de leur origine sociale ou de leur sexe. Cela comprend notamment des mesures lors des transitions et dans le choix des options spécifiques.
- Le traitement responsable des données du système de formation est capital selon le CSS, même si le présent rapport ne traite pas de cette question. La décision de mettre en place un service spécialisé et un programme pour élaborer une politique d'utilisation des données pour l'espace suisse de formation a été prise en juin 2021¹².

10 La Constitution fédérale prévoit que la Confédération et les cantons, dans les limites de leurs compétences respectives, veillent ensemble à la qualité et à la perméabilité de l'espace suisse de formation; Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999 (RS 101), art. 61a, al. 1.

11 Extrait de: Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR), Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) (2019). *Valorisation optimale des chances. Déclaration 2019 sur les objectifs politiques communs concernant l'espace suisse de la formation*. Berne: DEFR.

12 Le 24 juin 2021, les directeurs cantonaux de l'instruction publique et la direction du Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation ont approuvé la mise en place d'un service spécialisé et d'un programme pour l'élaboration d'une politique d'utilisation des données pour l'espace suisse de formation. Educa a été chargé de la mise en œuvre, voir <https://www.educa.ch/fr/activites/service-specialise-pour-lutilisation-des-donnees>.

Überlegungen und Empfehlungen des Schweizerischen Wissenschaftsrates SWR

Der Schweizerische Wissenschaftsrat (SWR) hat sich schon mehrfach mit den Herausforderungen befasst, welche die Digitalisierung für das schweizerische Bildungssystem mit sich bringt.¹³ In seinem aktuellen Arbeitsprogramm 2020–2023 führt der Rat die Thematik im Schwerpunkt «Bildung, Forschung und Innovation in einer digitalen Gesellschaft» weiter.

1.1

Bildung in der digitalen Gesellschaft

Die digitale Transformation erfasst, auf unterschiedliche Weise, alle Bereiche des täglichen Lebens und der Gesellschaft. Es stellen sich auch dringliche Fragen zu zahlreichen Aspekten, die das gesamte Bildungssystem und alle formalen Bildungsstufen betreffen. Die Vermittlung von Informatikkenntnissen und die adäquate Nutzung von digitalen Mitteln sind dabei zentrale Elemente. Für den SWR sind darüber hinaus jedoch vielfältige Entwicklungen massgebend:

- Die Bedeutung der noch jungen Fachwissenschaft Informatik steigt weiter und damit potenziell die Bedeutung eines entsprechenden Unterrichtsfachs auf den primären und sekundären Bildungsstufen.
- Die Digitalisierung beeinflusst fast alle Fachwissenschaften sowohl in ihren Methoden als auch bezüglich ihrer Objekte. Damit verändern sich potenziell die Inhalte der nachgelagerten, nach dem Wissenschaftsprinzip¹⁴ entstandenen Unterrichtsfächer.
- Weil die digitale Transformation alle Lebens- und gesellschaftlichen Funktionsbereiche erfasst, verändern sich auch die Gegenstände von nach dem Situationsprinzip¹⁵ aufgebauten Unterrichtsfächern.
- Die Informatik bedient sich neuer Denkweisen und Methoden, die auch in anderen Fachwissenschaften und Bereichen übernommen werden. Sie trägt damit zur Weiterentwicklung der überfachlichen Kompetenzen bei (analytisch-algorithmisches Denken, *Computational thinking* usw.).

13 Siehe dazu insbesondere Schweizerischer Wissenschaftsrat SWR (2019). Digitale Kompetenzen. In: *Empfehlungen des Schweizerischen Wissenschaftsrates SWR für die BFI-Botschaft 2021–2024*. Seite 30 f. Bern: SWR. Diese Empfehlung basiert insbesondere auf: Sabine Seufert (2017). Digital competences. Paper commissioned by the Swiss Science and Innovation Council SSIC. In: Swiss Science and Innovation Council SSIC. *Notions of disruption*. Bern: SWR.

14 Lothar Reetz (2003). Prinzipien der Ermittlung, Auswahl und Begründung relevanter Lernziele und Inhalte. In: F.-J. Kaiser & H. Kaminski (Eds.), *Wirtschaftsdidaktik* (S. 99–124). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

15 Idem.

- Menschen verwenden in ihrem Handeln in vielen privaten, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Funktionsbereichen zunehmend digitale Mittel. Das führt einerseits zur curricularen Frage, welchen Anteil die Bildung am Erwerb der entsprechenden Kompetenzen leisten muss, und andererseits zur Herausforderung, wie Bildung diese neuen Kompetenzen der Lernenden adäquat in Bildungsprozesse einbinden und für diese nutzen kann.
- Lehren und Lernen erhält zunehmend Unterstützung durch digitale Instrumente und Lösungen, was den Einbezug digitaler Mittel in Lehr-Lernprozesse nahelegt und damit die Unterrichtsdidaktik auch im Bereich der Unterrichtsmethodik verändert. Das hat ebenfalls Auswirkungen auf die Lehrerinnen- und Lehrerbildung (Aus- und Weiterbildung).
- Menschliche Tätigkeiten werden durch Maschinen unterstützt, resp. Maschinen übernehmen zunehmend komplexe Aufgaben, die bislang von Personen ausgeführt werden. Daher muss geklärt werden, für welche anspruchsvollen Aufgaben junge Menschen künftig (aus-)gebildet werden müssen und welches entsprechende Wissen und Können ihnen (noch) vermittelt werden muss. Das führt auch zur Frage, ob die aktuellen, relativ starren zeitlichen, örtlichen und curricularen Bildungsstrukturen künftig noch angemessen sind.

Selbstverständlich lassen sich die grossen Herausforderungen der Gegenwart nicht allein im digitalen Wandel verorten. Viele gesellschaftliche Probleme haben jedoch eine digitale Dimension. Daher muss sich das Bildungssystem mit diesen Fragen auseinandersetzen.

1.2

Ein erster Fokus auf die gymnasiale Bildung

Bezogen auf die obligatorische Schule haben die Kantone jüngst die Vermittlung digitaler Kompetenzen beschlossen und/oder eingeführt.¹⁶ In den kommenden Jahren wird nun die gymnasiale Bildung im Rahmen des nationalen Projekts zur «Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität»¹⁷, das von der Schweizerischen Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) und des Eidgenössischen Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF) 2020 initiiert wurde, reformiert.

Aus diesem Anlass befasst sich der SWR in einem ersten Schritt mit der Bildung am Gymnasium. Dazu hat der Rat bei Prof. Dr. Michael Geiss, Leiter des Zentrums Bildung und Digitaler Wandel der Pädagogischen Hochschule Zürich, den vorliegenden Expertenbericht «Gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft» in Auftrag gegeben. Der Bericht von Michael Geiss ist im zweiten Teil der vorliegenden Publikation zu finden.

Der SWR hat in einer ratsinternen Arbeitsgruppe und im Rahmen von mehreren Plenarsitzungen die verfasste Expertise analysiert und aus eigener Perspektive weiterentwickelt. Aus diesem Prozess resultieren die nachfolgenden Empfehlungen, die im September 2021 verabschiedet wurden und auch in die SWR-Stellungnahmen¹⁸ im Rahmen der Konsultationsprozesses zur «Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität» eingeflossen sind. Die Überlegungen des Rates sind auf Seite 22–24 zusammengestellt.

16 Einen Überblick über den Stand der Umsetzung bietet: Educa (2021). *Digitalisierung in der Bildung*. Bern: Educa.

17 Umfassende Informationen finden sich auf der Website des Projekts: <https://matu2023.ch/de/>.

18 Stellungnahme des SWR vom 15. Juli 2021 zur Revision MAR/MAV https://wissenschaftsrat.ch/images/stories/pdf/de/SWR_MAR_MAV_Stellungnahme.pdf sowie Stellungnahme des SWR vom 30. September 2021 zum RLP https://wissenschaftsrat.ch/images/stories/pdf/de/RLP_Stellungnahme.pdf.

Vorauszuschicken ist, dass die digitale Transformation alle Facetten der gymnasialen Bildung betrifft. Geiss betont in seiner Analyse, dass es keine globalen Antworten auf die digitalen Herausforderungen gibt. Vielmehr müssen sie für jedes einzelne Schulfach im Hinblick auf das Doppelziel der Allgemeinen Studierfähigkeit und der vertieften Gesellschaftsreife bezüglich verschiedener gesellschaftlicher Funktionssphären jeweils neu ausgehandelt werden. Das sind andauernde Herausforderungen insbesondere für die Lehrenden und die Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Für die evidenzbasierte Weiterentwicklung kommt aus Sicht des SWR zudem der Forschung eine besondere Bedeutung zu.

Der SWR empfiehlt den kantonalen Erziehungsdirektorinnen und -direktoren, der EDK und dem WBF ...

... das duale Bildungsziel des Gymnasiums beizubehalten und damit den Wert des Maturitätszeugnisses zu bewahren.

Die Ziele der Allgemeinen Studierfähigkeit und der vertieften Gesellschaftsreife garantieren gemeinsam die breitgefächerte gymnasiale Bildung und somit die im internationalen Vergleich hohe Qualität des Maturitätszeugnisses. Die digitale Transformation bringt für beide Ziele neue Anforderungen, welche bei der Weiterentwicklung der Maturität berücksichtigt werden müssen.

... eine Gliederung des Maturitätslehrgangs in eine Grund- und eine Vertiefungsstufe.

Die breitgefächerte Bildung, über die alle Maturandinnen und Maturanden verfügen sollten, ist zentrales Fundament der gymnasialen Ausbildung. Die Bedeutung dieser gemeinsamen Grundlage nimmt in einer sich weiterhin rasch wandelnden digitalen Gesellschaft zu. Der systematische Erwerb von Kompetenzen in verschiedenen Fach-, Kultur- und Wertebereichen darf nicht durch eine frühe Spezialisierung im Gymnasium im Hinblick auf bestimmte Fachstudien gefährdet werden. Andererseits sind spätere, auf fundierten fachlichen Grundlagen gewählte und interessengeleitete Vertiefungen für die nachfolgenden Bildungswege wichtig.

... den gymnasialen Informatikunterricht fokussiert zu stärken.

Für den SWR ist es zwingend, dass Informatik künftig als gymnasiales Grundlagenfach geführt wird. Inhaltlich muss dabei der Schwerpunkt auf dem technologischen Kern liegen (programmieren, *data science*, *data processing*). Die politischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und individuellen Konsequenzen der digitalen Transformation sind nicht weniger wichtig, sie sind jedoch primär in den anderen Fächern bzw. den betroffenen Fachbereichen zu behandeln.

... sicherzustellen, dass Gymnasiastinnen und Gymnasiasten lernen, fachlich erworbene Kompetenzen in anderen Kontexten anzuwenden.

Im Zuge der Digitalisierung nimmt die Bedeutung von überfachlichen methodischen, persönlichkeitsbezogenen wie auch sozial-kommunikativen Kompetenzen in Wissenschaft und Gesellschaft weiter zu. Das setzt weiterhin den Erwerb von fachlichen Kompetenzen voraus. Jedoch müssen die Bemühungen, umsetzbare überfachliche Kompetenzen zu flexibilisieren, intensiviert werden.

... aus dem Blickwinkel der Digitalisierung die Lehrplaninhalte und Vermittlungsmöglichkeiten aller Fachgebiete umfassend zu hinterfragen und umzubauen.

Die digitale Transformation verändert die Fachwissenschaften und damit die Studiengänge sowie deren Anforderungen. Gleichzeitig sind auch anspruchsvolle gesellschaftliche Aufgaben zunehmend und je nach Funktionssphäre unterschiedlich von der Digitalisierung geprägt. Aufgrund dieser Entwicklungen muss der gymnasiale Unterricht grundsätzlich umgeformt werden.

... gemeinsam mit den Fachdisziplinen alle Anstrengungen zu unternehmen, um einer Überfrachtung des Gymnasiums entgegenzuwirken.

In den meisten Fächern werden digitale Phänomene neu Gegenstand des Unterrichts. Gleichzeitig bleiben viele Grundlagen Kernbestandteil des entsprechenden gymnasialen Fachbereichs. Der SWR spricht sich zudem nicht gegen neue Fächer aus. – Um eine Überfrachtung zu vermeiden, benötigt die Curriculumsentwicklung innerhalb der einzelnen Fächer zwingend eine Priorisierung. Zu dieser Selektion müssen die Fachdisziplinen und Fachdidaktiken namhaft beitragen.

... geeignete Massnahmen zu implementieren, um Chancengerechtigkeit umzusetzen.

Ein kontinuierlicher Dialog beim Übertritt, wie es die aktuelle Maturitätsreform vorsieht, ist ein wichtiger Schritt, um sozialer Selektivität entgegenzuwirken. Das reicht aber angesichts der Herausforderung noch nicht aus. Die Bildungsstrukturen müssen die Schülerinnen und Schüler unterstützen, damit sie ihren Bildungsweg gemäss ihrer Leistungsfähigkeit wählen und nicht aufgrund von sozialer Herkunft oder Geschlecht. Dazu gehören auch Massnahmen zur Steigerung des Frauenanteils in der Informatik.

... die Forschung für eine evidenzbasierte Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität voranzutreiben.

Einerseits gibt es erst wenige Antworten darauf, inwiefern die in Lehren und Lernen investierten digitalen Mittel die Erwartungen erfüllen. Andererseits muss die Forschung an der Nahtstelle Gymnasium-Universität gestärkt werden, um das Wissen über die für ein Studium vorausgesetzten Kompetenzen zu verbessern. Notwendig ist auch mehr systematische Forschung zu den gegenwärtigen und künftigen anspruchsvollen Aufgaben in der Gesellschaft um zu klären, welche Kompetenzen für die Lösung dieser Aufgaben notwendig sind und mit welchen Inhalten welcher Fächer diese Kompetenzen erworben werden sollen.

Grundsätzliche Auswirkungen der Digitalisierung auf die Bildungsziele des Gymnasiums

Das Doppelziel der persönlichen Reife im Hinblick auf die Allgemeine Studierfähigkeit (allgemeine Hochschulreife) und der verantwortungsvollen Übernahme anspruchsvoller Aufgaben in der Gesellschaft (vertiefte Gesellschaftsreife) bleibt auch in einer digitalisierten Gesellschaft normativ richtig und wichtig. Die Allgemeine Studierfähigkeit ist Voraussetzung für den prüfungsfreien (und numerus clausus-freien) Zugang zu den Studiengängen der universitären Hochschulen und der Pädagogischen Hochschulen. Dessen Sicherung wurde in den letzten 10 Jahren mehrfach als gemeinsames bildungspolitisches Ziel der Kantone und des Bundes bekräftigt. Die Beibehaltung des Ziels der Allgemeinen Studierfähigkeit ist damit politisch gewollt, und auch der SWR erachtet es als weiterhin sinnvoll. Dieses Ziel erfordert eine breitgefächerte Bildung. Sie wäre bei einer zu frühen Spezialisierung gefährdet.

Eine breitgefächerte Bildung ist aber auch Voraussetzung für das Ziel der vertieften Gesellschaftsreife. Es ist im Hinblick darauf, dass viele Maturandinnen und Maturanden später in einflussreichen Positionen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Entscheidungen mit gesellschaftlichen Auswirkungen treffen müssen, für die Schweiz von hoher Bedeutung. Die Bildung am Gymnasium ist die letzte Möglichkeit, sich systematisch die dazu notwendigen Kompetenzen auch in jenen breiten Fach-, Kultur- und Wertebereichen zu erwerben, die an der Hochschule nicht studiert werden.¹⁹ Mit einer frühen Spezialisierung im Gymnasium im Hinblick auf das Bestehen von Zulassungsprüfungen für Fachstudien auf Kosten der Fächerbreite würde dieses Ziel gefährdet. Die beiden Ziele Allgemeine Studierfähigkeit und vertiefte Gesellschaftsreife harmonisieren somit grundsätzlich miteinander und bedingen sich gegenseitig. Der prüfungsfreie Zugang ist zwar international fast einmalig, aber er bewirkt nicht nur einen erhöhten formalen Wert des Maturzeugnisses, sondern auch eine einmalig hohe Substanz der dadurch notwendigen gymnasialen Bildung. Umso sorgfältiger muss nun die Maturität weiterentwickelt und den sich u.a. aus der Digitalisierung ergebenden neuen Anforderungen für die beiden Ziele angepasst werden.

Auswirkungen der Digitalisierung auf das Ziel der Allgemeinen Studierfähigkeit

Die Allgemeine Studierfähigkeit umfasst alle Kompetenzen (Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bereitschaften) zur zumindest erfolgreichen Aufnahme eines universitären Hochschulstudiums. Diese Kompetenzen umfassen die drei Komponenten (1) überfachliche kognitive und nicht-kognitive Kompetenzen, (2) fachliche Kompetenzen, die für viele Studiengänge vorausgesetzt werden (basale fachliche Kompetenzen für Allgemeine Studierfähigkeit aus Erstsprache, Mathematik, Englisch und Informatik), und (3) fachliche Spezialkompetenzen, die nur von einzelnen Studiengängen vorausgesetzt werden.²⁰ Die digitale Transformation wirkt sich auf alle drei Komponenten aus, denn sie verändert die Fachwissenschaften und damit die Studiengänge sowie deren Anforderungen. Wie genau ist aber noch zu einem grossen Teil offen.

Die Allgemeine Studierfähigkeit wird zwar weiterhin aus den drei genannten Komponenten bestehen. Ihre Inhalte dürften sich aber verändern. Digitalität wird zu einem Teil der überfachlichen Kompetenzen (Komponente 1), dem Informatikwissen und -können wird eine noch grössere Bedeutung bei den basalen fachlichen Kompetenzen für Allgemeine Studierfähigkeit (Komponente 2) zukommen, und die Studierenden sollten auch über ausreichendes fachspezifisches Informatikwissen und -können verfügen, das nur für Informatikstudien und die neuen weiteren Technikstudien Voraussetzung ist (Komponente 3). Der vorliegende Bericht konstatiert anhand von Beispielen, dass der Transformationsprozess in den einzelnen Studienfächern unterschiedlich rasch verläuft, unterschiedlich umfassend und noch nicht abgeschlossen ist. Zudem ist unklar, welche Veränderungen in den Inhalten der hochschulischen Studiengänge das Gymnasium bereits vorwegnehmen muss.

Sicher werden das Fach Informatik und überfachliche informatische Kompetenzen für die Allgemeine Studierfähigkeit bedeutsamer. Der vorliegende Bericht baut zur genaueren Klärung der neuen Voraussetzungen und der entsprechenden Notwendigkeiten für die Schulcurricula auf Vorstösse aus den einzelnen wissenschaftlichen Fachdisziplinen und den Fachdidaktiken. Er nimmt zudem die Idee auf, dass Gymnasien zusammen mit universitären Experten wieder vermehrt zu Experimentierstätten werden (z.B. Computerlinguistik im Deutschunterricht). Der SWR befürwortet beides, empfiehlt aber vor allem auch, die Forschung an der Nahtstelle Gymnasium-Universität zu stärken und das Wissen über die für die erfolgreiche Aufnahme universitärer Studiengänge vorausgesetzten Kompetenzen zu verbessern, dabei insbesondere auch bezüglich des mitzubringenden Wissens und Könnens in Informatik.

19 Vgl. Franz Eberle (2019). Das Gymnasium – modern oder altbacken? Zur Zukunft der gymnasialen Matura. *Gymnasium Helveticum d.*, 73(1), 6–10.

20 Idem.

Auswirkungen der Digitalisierung auf das Ziel der Vorbereitung auf anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft (vertiefte Gesellschaftsreife)

Der vorliegende Bericht unterscheidet generell sechs gesellschaftliche Funktionssphären, in denen die digitale Transformation jeweils unterschiedliche Herausforderungen mit sich bringt: erstens Politik und Verwaltung, zweitens Gesundheit, drittens Wirtschaft und Arbeitswelt, viertens die Justiz, fünftens Bildung und sechstens – nicht zuletzt – Religion und Kultur. Die Liste ist nicht abschliessend, und es werden die Erweiterungsbeispiele Militär und Massenmedien genannt. Unerwähnt bleibt der nicht minder wichtige Umgang mit der natürlichen Umwelt. Es handelt sich dabei um Bereiche, in denen «anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft» anstehen. Zur richtigen Erkennung, Analyse und Entwicklung von Lösungen von entsprechenden, meist mehrere Fachdisziplinen betreffenden Problemstellungen sowie verantwortungsvollen Lösungsentscheidungen ist das Fachwissen und Können bzw. das Verständnis der wichtigsten Grundstrukturen und -prinzipien aus den zugrundeliegenden Fachbereichen unabdingbar. Das ist die bisherige Begründung für die breite Fächerung des Gymnasiums. Deskription, Präskription und normativ unterlegte Handlungsentwürfe liefern Unterrichtsfächer, die sich letztlich an Fachwissenschaften orientieren.

Die Digitalisierung stellt nun allerdings zunehmend Hilfen zur Aufgabenlösung bereit und übernimmt sie teilweise selbst. Algorithmen erledigen Routinearbeiten, Künstliche Intelligenz vermag immer mehr für gewisse Fragestellungen die zur Problemlösung notwendigen Denkleistungen in viel kürzerer Zeit oder mit besserer Qualität zu erbringen. Die digitale Transformation führt aber, wie im vorliegenden Bericht beschrieben, innerhalb der oben genannten Funktionssphären zu ganz unterschiedlichen derartigen Substitutionen und auch sich daraus ergebenden neuen Problemen; der Bericht führt einige exemplarisch auf. Zumindest um diese zu verstehen, bleibt auch das Verständnis der Disziplinen grundlegend, ebenso ihre Breite in der Bildung. Die verantwortungsvolle Übernahme von anspruchsvollen Aufgaben in der Gesellschaft verbietet zudem eine restlose Delegation von Aufgaben an Maschinen. Die Verantwortung bleibt beim Menschen, dazu braucht es weiterhin ein Grundwissen in den Fachdisziplinen. Das macht aber eine kritische Beurteilung und partielle Umgestaltung der Fachcurricula keineswegs obsolet. Gemäss Bericht bringt eine stärkere Betonung der technologischen Dimensionen zwar noch keinen tiefen Bruch mit den derzeitigen Fachcurricula. Sie müssen aber noch akzentuierter Eingang finden. «Anspruchsvolle gesellschaftliche Aufgaben sind mittlerweile in einer Weise digital strukturiert, die Konsequenzen für die gymnasiale Bildung hat. Dem ist bei der Reform der Fachcurricula für die Gymnasien Rechnung zu tragen.» (S. 49).

Der Bericht schlägt im Weiteren vor, dass die Anstösse zu Veränderungen aus jedem einzelnen Fach bzw. den Fachgemeinschaften und den verschiedenen gesellschaftlichen Funktionsbereichen kommen müssten. Das ist aber aus der Sicht des SWR noch nicht ausreichend. Es braucht auch hier mehr sys-

tematische Forschung, und zwar über die gegenwärtigen und künftigen anspruchsvollen Aufgaben in der Gesellschaft und die sich daraus ergebenden notwendigen Kompetenzen zu deren Lösung. Es muss auch geklärt werden, in welchen Fächern und deren curricularen Inhalten diese Kompetenzen erworben werden.

Das Fach Informatik gehört selbstredend in einen solchen Fächerkanon, die Einsicht in die Grundstrukturen und Grundprinzipien der Informatik gehören zum heutigen Weltverständnis und die Informatik ist Bestandteil vieler Lösungen von anspruchsvollen Aufgaben in der Gesellschaft. Das gilt auch für den überfachlichen Aspekt von Informatik. Denn so, wie seine Methoden und Denkweisen zur Lösung konkreter informatischer Problemstellungen bedeutsam sind, fliessen diese in vielfältiger Weise in überfachliche Kompetenzen ein. Die überfachliche Bedeutsamkeit erübrigt aber nicht ein besonderes Fach. Dass die Informatik nicht bereits bei der letzten Maturitätsreform 1995 den Unterrichtsfachstatus erhielt, war ein Fehler.

Der vorliegende Bericht benennt drei Ansätze für die Inhalte eines Informatikunterrichts in einem eigenen Fach am Gymnasium: a) Konzentration auf den technologischen Kern des digitalen Wandels, also auf die Informatik, auf Datenverarbeitung und Programmieren sowie *Computational thinking*; b) Fokus auf den alltäglichen Umgang mit Anwendungen etwa im Office-Bereich und Websitegestaltung, souveräner Umgang mit diesen Angeboten als zu den grundlegenden Fertigkeiten auch von Gymnasiastinnen und Gymnasiasten und im späteren Studium gehörend; c) Verstehen der Technologien als zentrales Moment gesellschaftlicher Entwicklungen und kritisches Hinterfragen in ihren politischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und individuellen Konsequenzen.

Der SWR beurteilt alle Fokusse als wichtig, befürwortet aber wie der vorliegende Bericht bei einem in der Realität engen Stundenkorsett für das Unterrichtsfach Informatik die Konzentration auf a). «[Es] wird überladen, wenn es gleichzeitig und ähnlich umfassend sowohl die technischen Grundlagen einer digitalen Gesellschaft als auch ihre sozialen, rechtlichen, kulturellen, ökonomischen und individuellen Voraussetzungen und Folgen behandeln müsste.» (S. 49) Für die politischen und sozialen Herausforderungen müssen die anderen Fächer ihren Beitrag leisten. b) wird neu bereits in der Volksschule eingeführt, und am Gymnasium sind diese Anwendungen sowie deren Aktualisierung und Flexibilisierung Aufgabe aller Fächer.

Generell sind Frauen in der Informatik heute deutlich untervertreten. Das gilt auch für die Absolventinnen an universitären Hochschulen (siehe Abb. 3 S. 45). Das Gymnasium ist damit ebenfalls aufgefordert, Massnahmen gegen die ungleiche Geschlechterverteilung zu ergreifen.²¹

21 Der SWR unterstützt damit die jüngste Forderung der Eidgenössischen Kommission für Frauenfragen nach Massnahmen auf allen Bildungsebenen zur Steigerung des Frauenanteils in der Informatik, <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/67487.pdf>.

Auswirkungen der Digitalisierung auf die künftige Bedeutung von Fachwissen, Fächern und überfachlichen Kompetenzen

Der Erwerb von überfachlichen Kompetenzen wird künftig zweifellos noch wichtiger sein. Das mindert aber keineswegs die weiterhin grosse Bedeutsamkeit des Erwerbs von fachlichen Kompetenzen. Solides Wissen über fachliche Grundstrukturen ist Voraussetzung für erstens die Lösung nicht nur fachlicher, sondern auch interdisziplinärer Problemstellungen, zweitens das lebenslange Lernen und drittens für die kritische Einschätzung von IT-generiertem Wissen sowie dem Vertrauen in dieses und die digitale Welt (inklusive künstliche Intelligenz) insgesamt.

Überfachlichen Kompetenzen ohne fachliche Kompetenzen fehlt das inhaltliche Fundament. Eine Konzentration der Bildung auf den ausschliesslichen Erwerb überfachlicher Kompetenzen wurde schon früh in der Geschichte der Pädagogik als Lösung für mit Wissen überfüllte Lehrpläne vorgeschlagen. Aber die pädagogisch-psychologische Forschung zeigt ebenfalls schon seit Langem, dass dieser Ansatz nicht zielführend ist. Bildung kann nicht durch ausschliessliches Erlernen überfachlicher Methoden abgekürzt werden. Die konkreten bildungsgeschichtlich frühen Ansätze der reinen Formalbildung und ihre zeitangepassten Nachfolger wie das Konzept der Schlüsselqualifikationen oder der fachinhaltsleeren Kompetenzkonzepte haben sich als wenig wirksam erwiesen. Auch das aktuell populäre neue Konzept der Zukunftskompetenzen «Kommunikation, Kollaboration, Kreativität und Innovation sowie kritisches Denken und Problemlösen» anstelle von fachlichem Wissenserwerb ist lediglich eine weitere Variante der Formalbildung. Die Fachlichkeit bleibt unabdingbare Grundlage für Überfachlichkeit. Umsetzbare überfachliche Kompetenzen müssen zunächst in einem fachlich-situativen Kontext erworben werden und können erst dann überfachlich und in Koordination mit anderen Fächern flexibilisiert werden.

Dieser zweite Erwerbsschritt wurde in der Vergangenheit im Fachunterricht vernachlässigt. Im künftigen gymnasialen Unterricht soll das ändern und dadurch der Erwerb breiter überfachlicher Kompetenzen gestärkt werden. Das gilt insbesondere sowohl für die bereits erwähnten, unter dem Sammelbegriff des *Computational thinking* aus der Informatik entstandenen überfachlichen Kompetenzen als beispielsweise auch für das *Critical thinking*. Die Pandemie zeigte, wie wichtig es ist, in einer digitalen Gesellschaft, in der kommunizierte Inhalte einerseits von sehr unterschiedlicher Qualität sind und andererseits sehr rasch verbreitet werden, zu verstehen, wie «Fakten» und «Wahrheit» konstruiert und kommuniziert werden.

Weitere Auswirkungen der Digitalisierung auf die Bildung

In den vorangehenden Punkten wurden die Auswirkungen der Digitalisierung auf Ziele und Inhalte der gymnasialen Bildung beschrieben. Es gibt weitere Aspekte der Auswirkungen der Digitalisierung auf die Bildung, die zu beobachten, zu erforschen und in Massnahmen für die Weiterentwicklung des Unterrichts am Gymnasium einzubeziehen sind. Dazu gehören die «digitale Transformation von Schule und Klassenzimmer» bzw. die entsprechende Didaktik, die Genderaspekte, die Auswirkungen auf die soziale Selektivität und nicht zuletzt die Lehrerinnen- und Lehrerbildung.

Nachhaltigkeit – Resilienz – Chancengerechtigkeit – Datensicherheit

Der SWR vertritt im Rahmen seines Arbeitsprogramms 2020–2023 eine Reihe von transversalen Perspektiven, denen er sich in seinen Explorationen, Analysen und Stellungnahmen verpflichtet. Aus der Sicht des Rates sind Nachhaltigkeit, Resilienz, Chancengerechtigkeit und Datensicherheit zentrale Bestandteile eines qualitativ hochstehenden Bildungssystems, wie es die schweizerische Bundesverfassung von Bund und Kantonen fordert.²² Die strategischen Leitsätze, auf die sich Bund und Kantone geeinigt haben, betonen denn auch die «Gesamtsicht auf das System» und unterstreichen ihren Einsatz dafür, «dass die vorhandenen Chancen und Potenziale für die Individuen und die Gesellschaft als ganze bestmöglich genutzt werden können. Ein erfolgreiches Bildungssystem bietet den Menschen die Chance, ihre Eigenständigkeit zu entwickeln und erfolgreich zu sein. Ausserdem fördert es eine zukunftsgerichtete gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung der Schweiz.»²³

Mit der vorliegenden Publikation und seinen Empfehlungen unterstreicht der SWR, dass diese Grundsätze bei nationalen Projekten wie der «Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität» zwingend zu konkretisieren sind. Umsetzbare Massnahmen müssen benannt, gemeinsam mit den Lehrenden sowie der Lehrerinnen- und Lehrerbildung implementiert und ihre Umsetzung analysiert werden. Exemplarisch bedeutet das bezogen auf die digitale Gesellschaft:

— Eine nachhaltige gymnasiale Bildung bewahrt gemeinsame Werte und ist offen für Neues. Der SWR

spricht sich für eine breitgefächerte Bildung aus, über die alle Maturandinnen und Maturanden verfügen sollten. Auf dieser Grundlage plädiert der Rat gleichzeitig für möglichst grosse Flexibilität und Agilität mit vielen Kombinationsmöglichkeiten bei der Wahl der Schwerpunktfächer und mit der Möglichkeit, neue Fächer zuzulassen.

- Eine resiliente gymnasiale Bildung setzt sich explizit mit wandelnden Anforderungen auseinander. Die Stärkung der Informatik ist dabei ein wichtiges Element. Aber auch in den anderen Fächern müssen die Curricula entsprechend verändert werden, sowohl im Hinblick auf die Allgemeine Studierfähigkeit wie auch die vertiefte Gesellschaftsreife. Diese Priorisierung muss die Fachgemeinschaften einbeziehen und mit Forschung begleitet werden.
- Eine chancengerechte Bildung unterstützt die Schülerinnen und Schüler, damit sie ihren Bildungsweg gemäss ihrer Leistungsfähigkeit wählen können und nicht aufgrund von sozialer Herkunft oder Geschlecht benachteiligt sind. Dazu gehören Massnahmen insbesondere beim Übertritt und bei der Wahl der Schwerpunktfächer.
- Ein verantwortungsvoller Umgang mit Daten im Bildungswesen ist für den SWR zentral, auch wenn im vorliegenden Bericht nicht auf die Thematik eingegangen wird. Der Beschluss für den Aufbau einer Fachstelle und eines Programms zur Entwicklung einer Datennutzungspolitik für den Bildungsraum Schweiz wurde im Juni 2021 gefällt.²⁴

22 Die Bundesverfassung hält fest, dass Bund und Kantone gemeinsam im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für eine hohe Qualität und Durchlässigkeit des Bildungsraumes Schweiz sorgen; Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101), Art. 61a, Abs. 1.

23 Auszug aus: Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF), Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) (2019). *Chancen optimal nutzen. Erklärung 2019 zu den gemeinsamen bildungspolitischen Zielen für den Bildungsraum Schweiz*. Bern: WBF.

24 Am 24. Juni 2021 stimmten die kantonalen Erziehungsdirektoren und Erziehungsdirektoren sowie die Direktion des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) dem Aufbau einer Fachstelle und eines Programms zur Entwicklung einer Datennutzungspolitik für den Bildungsraum Schweiz zu. Mit der Umsetzung wurde educa beauftragt, siehe <https://www.educa.ch/de/taetigkeiten/fachstelle-datennutzung>

Gymnasiale Bildung in der digitalen Gesellschaft

Expertenbericht von Michael Geiss
im Auftrag des Schweizerischen Wissenschaftsrates SWR

Über den Autor

PD Dr. Michael Geiss ist Professor an der Pädagogischen Hochschule Zürich. Er ist der Leiter des 2021 geschaffenen Zentrums Bildung und Digitaler Wandel. In seiner aktuellen Forschung untersucht er, wie sich der technologische Wandel zwischen 1970 und 2000 auf die Bildungspolitik ausgewirkt hat. Im Fokus stehen die politischen Initiativen in Europa im Hinblick auf die Sekundar- und Hochschulbildung, Berufsbildung und Erwachsenenbildung (Education and the European Digital Agenda: Switzerland, Germany and Sweden after 1970).

Michael Geiss studierte Pädagogik, Soziologie und Philosophie an der Universität Zürich und promovierte auf dem Gebiet der Allgemeinen Pädagogik. 2016–2020 leitete er die Forschungsstelle Bildung im Arbeitsleben am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Zürich. Er ist auch Gründungsherausgeber und Redaktionsmitglied der Zeitschrift «On Education: Journal for Research and Debate».

Das Schweizer Bildungswesen ist, mit Ausnahmen in der Berufs- und Weiterbildung, föderalistisch organisiert. Dies gilt auch für die gymnasiale Maturität. Zwischen den Sprachregionen, den Kantonen, ja mitunter den einzelnen Schulen innerhalb eines Kantons existieren deshalb grosse Unterschiede in der Organisation und Ausgestaltung der allgemeinbildenden Schulen auf Sekundarstufe II (Fleiner 2005; Eberle & Brüggelbrock 2013).

In den letzten Jahrzehnten haben aber die Harmonisierungsanstrengungen im Bildungswesen deutlich zugenommen (Criblez 2008). Ein erster grösserer Schritt in diese Richtung war das Schulkonkordat von 1970, mit dem eine sanfte, zwischen den Kantonen abgestimmte und damit langsame Angleichung der regionalen Verhältnisse und Bestimmungen eingeleitet wurde. Bis heute wird die Harmonisierung im Bildungswesen interkantonal – und nicht etwa zentralistisch – koordiniert (Manz 2011).

Eine Folge dieser Form der Steuerung und Koordination ist die anhaltend grosse Vielfalt in der Organisation des Schweizer Gymnasiums. Einzig das Maturitätsanerkennungsreglement (MAR) von 1995 und der Rahmenlehrplan von 1994 geben gewisse Mindestbedingungen vor, denen aber nicht überall voll Rechnung getragen wird (Eberle 2009; Eberle 2018).

In der Schweiz lassen sich zuerst Langzeit- und Kurzzeitgymnasium unterscheiden. Beim Langzeitgymnasium erfolgt der Übertritt auf diese Schulform direkt nach Ende der Primarschule. Die Schweiz gehört damit zu denjenigen Ländern, in denen zumindest bei diesem Typus eine relativ frühe Selektion der Schülerinnen und Schüler stattfindet (Steuergruppe Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität 2019, S. 51). Das MAR sieht mindestens vier Jahre für das Kurzzeitgymnasium vor, benennt aber auch ein alternatives Modell: In der französischsprachigen Schweiz gibt es eine dreijährige Variante mit einer gymnasialen Vorbildung auf der Sekundarstufe I. Das Langzeitgymnasium dauert insgesamt sechs Jahre. Es findet sich vor allem in der Zentral- und der Ostschweiz, wobei in einigen wenigen kleinen Kantonen ausschliesslich diese Variante vorkommt (SKBF 2018).

Die Maturitätsquote unterscheidet sich zwischen den einzelnen Kantonen zum Teil beträchtlich, und auch innerhalb bestimmter Kantone gibt es durchaus grosse Unterschiede beim Besuch des Gymnasiums. Im Jahr 2018 lag die allgemeine Maturitätsquote für die gesamte Schweiz bei durchschnittlich 21,8 Prozent. In der französischsprachigen Schweiz und im Tessin sind die Quoten traditionell höher als in der Deutschschweiz. In der Ostschweiz hingegen wird der Gesamtdurchschnitt mitunter deutlich unterschritten, so in St. Gallen, im Thurgau oder in Schaffhausen. Erklären lassen sich diese merklich voneinander abweichenden Quoten zumindest teilweise durch die unterschiedlich organisierten Zulassungsverfahren zum Gymnasium (SKBF 2018, S. 150; BFS 2020).

Die Instrumente zur gezielten curricularen Weiterentwicklung der Maturitätsschulen sind in der Schweiz schwach ausgeprägt. Erst seit 1994 existieren für die gesamte Schweiz Lernzielkataloge. Die Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) empfiehlt diese den Kantonen als Rahmung für die eigenen Lehrpläne (Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen vom 9. Juni 1994; Steuergruppe Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität 2019, S. 13, S. 28). In den Kantonen finden sich aber sehr unterschiedliche Praktiken im Umgang mit den Lehrplänen. Entweder es existiert allein ein kantonaler Lehrplan ohne eigene Schullehrpläne. Oder es gibt auf kantonaler Ebene einen Rahmenlehrplan, der dann aber variabel in Schullehrpläne übersetzt wird. Oder aber es ist umgekehrt so, dass der eigenständige Schullehrplan eine kantonale Anerkennung hat (Bonati 2017).

Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern ermöglicht die Schweizer Matura den direkten Zugang zu allen Studiengängen an universitären Hochschulen, mit Ausnahme der Medizin sowie der Sport- und Bewegungswissenschaften. Die Gymnasien müssen also sicherstellen, dass ihre Absolventinnen und Absolventen in der Lage sind, jedes Fach zu studieren, das an einer Universität gelehrt wird.

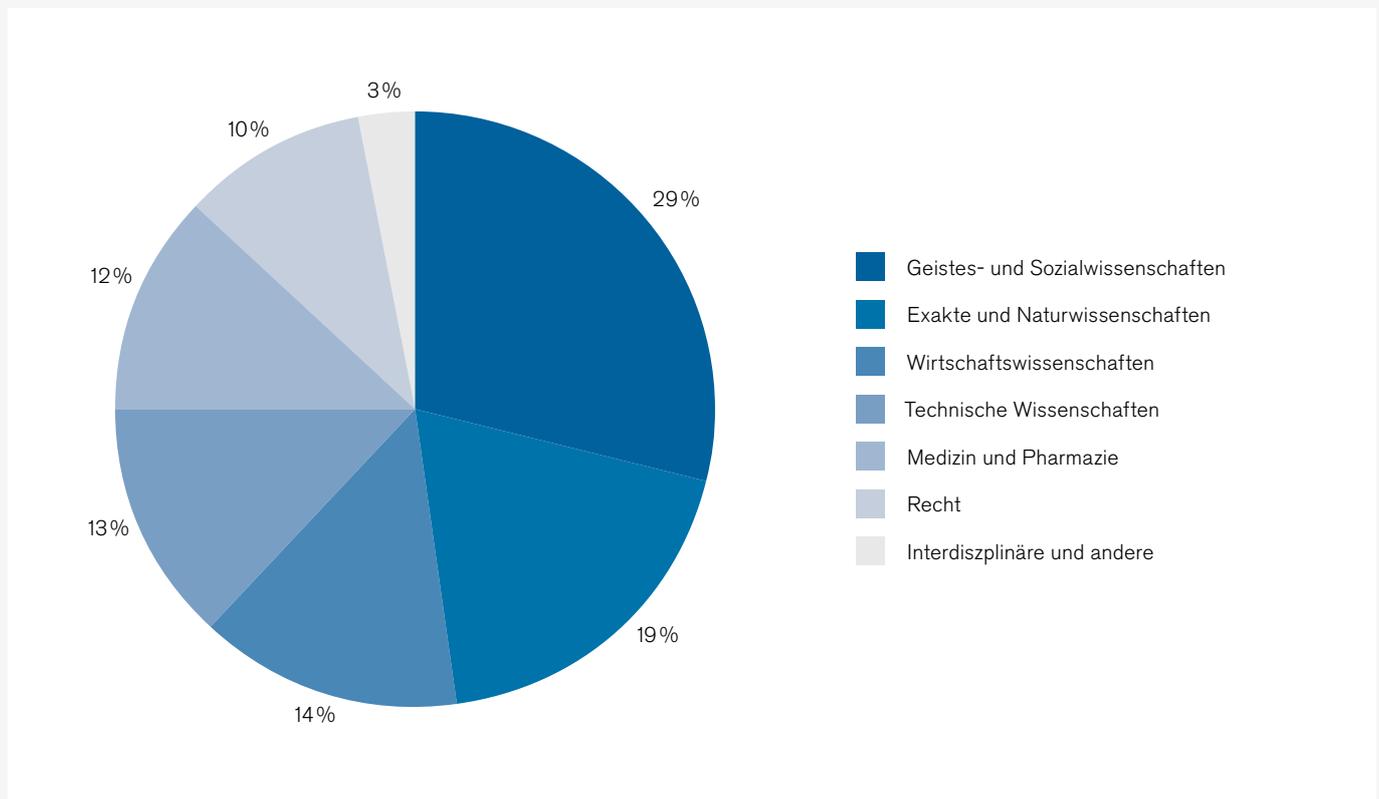


Abb. 1. Studierende an den universitären Hochschulen der Schweiz nach Fachbereichen, 2019/2020. (Quelle: BFS [2020]. Tabelle T 15.2.4.1.1: Tertiärstufe, universitäre Hochschulen: Studierende nach Hochschule und Fachbereich 2019/20)

Das Gymnasium in der Schweiz bereitet auf das Studium an einer Universität vor, und die gymnasiale Maturität wird auch von den meisten Maturandinnen und Maturanden in diesem Sinne genutzt (BFS 2013, S. 6): Drei Viertel der Absolventinnen und Absolventen eines Gymnasiums treten anschliessend ein Hochschulstudium an, die meisten innerhalb der ersten beiden Jahre nach Abschluss. Bei den Frauen ist hier der Anteil etwas niedriger, da diese häufiger auch an die Pädagogischen Hochschulen oder an die Fachhochschulen im Gesundheitsbereich wechseln (SKBF 2018, S. 154 f.). Während derzeit knapp dreissig

Prozent ein Studium in den Geistes- und Sozialwissenschaften absolvieren und nochmals gut dreissig Prozent in den exakten, technischen oder Naturwissenschaften zu finden sind, verteilt sich der Rest auf Medizin und Recht sowie die Wirtschaftswissenschaften. Interdisziplinäre und andere Studiengänge werden nur von sehr wenigen Studierenden gewählt (siehe Abb. 1). Die Verhältnisse der Fachbereiche zueinander sind auch im historischen Längsschnitt der letzten dreissig Jahre relativ stabil (siehe Abb. 2).

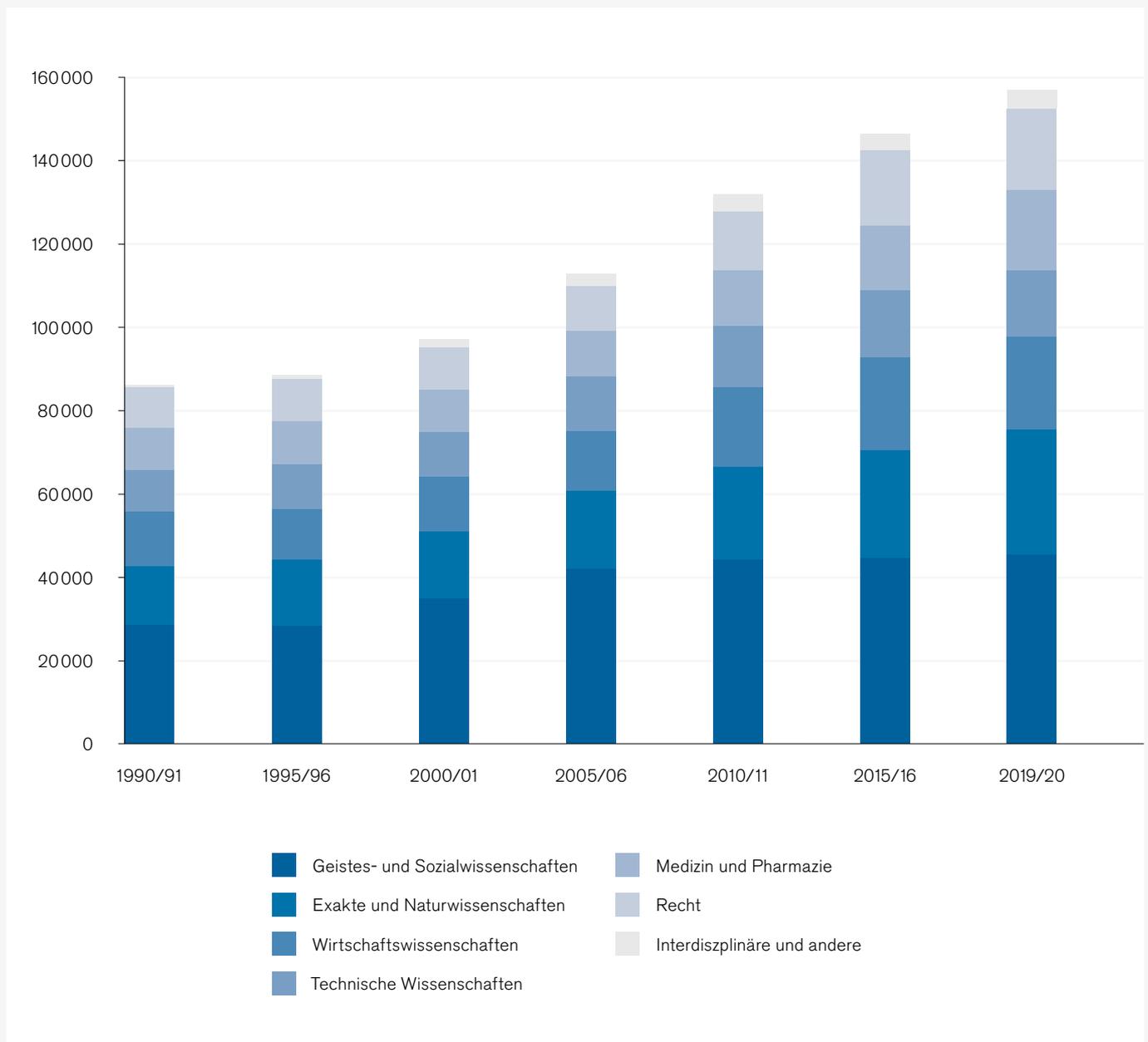


Abb. 2. Studierende an den Schweizer Universitäten nach Fachbereichsgruppen seit 1990/91. (Quelle: BFS [2020]. Studierende an den universitären Hochschulen 2019/20: Basistabelle T3.1 Studierende nach Fachbereichsgruppe, Geschlecht und Staatsangehörigkeit [Kategorie], Entwicklung seit 1990/91)

Die Schweiz hat ein starkes öffentliches Bildungswesen und eine weltweit als hochwertig anerkannte Berufsbildung. Zugleich sorgt die Struktur der Schweizer Gymnasialbildung in der internationalen Diskussion immer wieder für Irritation: Sie ist hochselektiv und wird nur von einem vergleichsweise kleinen Teil der Bevölkerung besucht. Hier wird die spezifische Funktion der Maturitätsschulen in der Schweiz deutlich: Es handelt sich bei den Gymnasien dezidiert um eine Institution zur Elitenbildung.

Die Schweizer Maturitätsschulen sind dazu gedacht, junge Menschen so zu qualifizieren, dass sie später in einflussreichen Positionen verantwortungsvolle Entscheidungen treffen und sich an einem zukunftsorientierten öffentlichen Diskurs beteiligen können. Die Absolventinnen und Absolventen eines Gymnasiums sind in der Schweiz also diejenigen, die nach einem Studium oder einer anderen weiterführenden Qualifikation das Zusammenleben in einer zunehmend durch digitale Prozesse strukturierten Gesellschaft gestalten sollen. Folgerichtig sollte ihnen eine anspruchsvolle und breite Allgemeinbildung vermittelt werden.

In der Schweiz bedeutet dies zu grossen Teilen noch immer eine Elitenbildung in Abhängigkeit von der sozialen Herkunft (SWR 2018). Eine Untersuchung hat jüngst gezeigt, dass die Herkunftseffekte auch nach dem Übertritt in die Sekundarstufe nicht abnehmen. Diese anhaltenden Effekte des sozioökonomischen Status auf den eingeschlagenen Bildungsweg sind in der Schweiz, auch unter Kontrolle des individuellen Kompetenzniveaus, bis heute beträchtlich. Dies scheint vor allem für den Besuch der Universität, aber nicht für Studierende an einer Fachhochschule zu gelten (Combet & Oesch 2020).

Die Gymnasien bereiten auf ein Studium an einer Schweizer Hochschule vor, qualifizieren aber auch zukünftige Bürgerinnen und Bürger für anspruchsvolle Aufgaben in Wirtschaft und Gesellschaft. Sie sind damit nicht direkt berufsqualifizierend, vermitteln aber eine Form höherer Allgemeinbildung, die es den Absolventinnen und Absolventen erlaubt, sich in unterschiedlichen akademischen Feldern zu spezialisieren und sich in vielfältigen gesellschaftlichen Bereichen zu engagieren.

Das Gymnasium muss sich entsprechend bewegen, wenn sich die Struktur der Gesellschaft grundlegend verändert. Ein wichtiger Kontext war hierbei bereits früh die Transformation von Wirtschaft, Wissenschaft, Individual- und Sozialleben durch technologische Neuerungen oder neue Erfordernisse im Alltag. Die Frage nach der verhältnismässigen Vermittlung allgemeiner Fähigkeiten und spezifischeren Qualifikationen auf der Sekundarstufe II war in der Schweiz von Beginn an umstritten. Im Laufe der Geschichte wurden verschiedene Lösungen für diesen Konflikt gefunden: zunächst eine Ausdifferenzierung der verschiedenen Fächertypen, dann 1995 in Form einer zumindest formal einheitlichen Matura, die einen Kern von Grundlagenfächern beinhaltet (Brüggenbrock et al. 2016).

Der Wandel vom humanistischen Gymnasium mit Fokus auf die alten Sprachen hin zu einem facettenreicheren Curriculum erfolgte jedoch in der Schweiz – auch im internationalen Vergleich – nur langsam. Seit dem späten 19. Jahrhundert fanden die sogenannten Realien Einzug in das gymnasiale Curriculum. 1925 wurde das Spektrum durch die Anerkennung des Typus C deutlich in Richtung Mathematik und Naturwissenschaften, dann knapp fünfzig Jahre später in Richtung neue Sprachen und Wirtschaftswissenschaft erweitert (Criblez 2014). Während sich in Deutschland im Zuge der Bildungsexpansion die Abiturientenquote stark erhöhte, blieb der Ausbau in der Schweiz moderat. Trotz entsprechender Forderungen, die Zahl der Maturandinnen und Maturanden in der Schweiz deutlich zu erhöhen, blieb diese im internationalen Vergleich niedrig. Stattdessen wurde die Berufsbildung konsolidiert und mit der sogenannten Höheren Berufsbildung und den Fachhochschulen Möglichkeiten geschaffen, sich mit anerkannten Zertifikaten weiterzuqualifizieren, ohne je eine Universität zu besuchen (Wettstein 2020).

Gymnasialbildung ist keine Berufsbildung und auch keine fachspezifische Wissenschaftspropädeutik. Für die Herausforderungen in einer digitalen Gesellschaft birgt dieses unspezifische Programm ein grosses Potenzial. Anhand der Reform der Maturitätsschulen lässt sich zugleich darüber nachdenken, wie die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft in der Schweiz klug und vorausschauend gestaltet werden kann.

2 Die Maturität in einer entstehenden digitalen Gesellschaft: ein Blick zurück

Die Geschichte digitaler Gesellschaften reicht bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts zurück. Diese historische Dimension wird nun, wo viele der früheren Akteure zu Zeitzeugen geworden sind, vermehrt auch Teil der wissenschaftlichen und politischen Auseinandersetzung um die Gestaltung des Zusammenlebens unter digitalen Vorzeichen. Eine historische Selbstvergewisserung gibt es in zunehmend digitalen Gesellschaften aber nicht zum ersten Mal. Vielmehr lässt sich nachzeichnen, wie bereits die breite Computerisierung von Arbeit und Alltag in den 1980er-Jahren von einem wachsenden historischen Bewusstsein begleitet wurde. Die Dynamik, die der digitale Wandel dann aber mit der Durchsetzung des Internets in der breiteren Bevölkerung aufnahm, führte dazu, dass die wissenschaftliche und öffentliche Debatte diesen Vergangenheitsbezug verlor und die Gegenwart einseitig in die Zukunft verlagerte (Gugerli & Zetti 2019; siehe dazu auch Haigh 2018).

Die öffentliche Debatte über die digitale Transformation des individuellen und gesellschaftlichen Lebens hat sich in letzter Zeit aber wieder von einer im Grossen und Ganzen ausschliesslich zukunftsorientierten hin zu einer umfassenderen, stärker historisch informierten Analyse digitaler Gesellschaften verschoben. Mitunter wird sogar bereits von einer «postdigitalen» Wissenschaft, Kunst, Bildung, Arbeit oder Wirtschaft gesprochen (Taffel 2016; Berend & Brohm-Badry 2020; Cramer & Jandrić 2021). Die Vertreter dieser Position argumentieren, dass digitale Prozesse und Anwendungen bereits so selbstverständlich ein Teil des Alltags seien, dass sie nicht mehr als eine zukünftige Herausforderung begriffen werden dürften. Die Perspektive ist dabei entweder empirisch auf die Gegenwart digitaler Verhältnisse bezogen – oder aber klar normativ ausgerichtet. Gemeint ist dann, dass neue digitale Anwendungen nicht mehr einseitig bestimmen *sollten*, was in Bildung, Kunst oder Kultur zu tun sei. Vielmehr gelte es, die Unterscheidung von menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren zu hinterfragen und zu einem kritischen und souveränen Umgang mit den Herausforderungen des digitalen Wandels zu gelangen (Jiang & Vetter 2020).

Gleichzeitig haben die Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz neue Unsicherheiten mit sich gebracht. Die Diskussion möglicher zukünftiger Anwendungen bleibt ein wichtiger Ansatzpunkt für die aktuelle Gestaltung des digitalen Wandels, nicht zuletzt im Bildungswesen. Zugleich gilt es, in einer Art Echtzeitchronik die tatsächliche Implementation einzelner Technologien von den blossen Ankündigungen und Versprechen seitens der Unternehmen zu unterscheiden (siehe für die Schweiz vor allem Christen et al. 2020; Chiusi et al. 2021).

Es scheint heute klar, dass kein Bereich des gesellschaftlichen und individuellen Lebens von der digitalen Transformation unberührt geblieben ist. Historikerinnen und Historiker untersuchen diesen Wandel mittlerweile in zahlreichen Einzelfallstudien und Gesamtdarstellungen (siehe etwa Abbate 1999; Ensmenger 2010; Gugerli 2018). Auch wenn die historische Forschung gegenüber Zeit- und Gegenwartsdiagnosen in der Regel skeptisch ist, wird doch deutlich, wie sehr digitale Routinen in den letzten Jahrzehnten sukzessive Teil sämtlicher gesellschaftlicher Bereiche geworden sind. Auch aus einer historisch informierten Perspektive lässt sich in Bezug auf die Schweiz wohl durchaus von einer «digitalen Gesellschaft» (Zetti & Gugerli 2018) sprechen.

Neben der Geschichtswissenschaft beschäftigt sich vor allem die Soziologie mit dem Problem, die Merkmale digitaler Gesellschaften zu bestimmen. Dabei werden bestimmte Aspekte, die als typisch gelten können, hervorgehoben und zum zentralen Kennzeichen der Epoche gemacht. Ein prominentes Beispiel sind Armin Nassehis Überlegungen zu Mustern und Mustererkennung. Gemäss Nassehi (2019) sind digitale Technologien eine Antwort auf die Herausforderungen moderner, funktional differenzierter Gesellschaften. Aus dieser Perspektive ist das Problem, für das digitale Anwendungen eine Lösung versprechen, bereits weit vor dem 20. Jahrhundert entstanden: «Das Bezugsproblem für die Digitaltechnik liegt in der Komplexität der Gesellschaft selbst» (S. 36).

Die historische Forschung neigt hingegen eher dazu, das Wechselspiel zwischen technologischer Innovation, sozialem Wandel und ökonomischen Folgen zu betonen. An Nassehis These lässt sich denn auch kritisieren, dass er sie zwar philosophisch plausibilisiert, die historische und sozialwissenschaftliche Forschung zu den Folgen der digitalen Transformation des sozialen Lebens aber ignoriert (Passoth & Rammert 2020). Die jüngere historische Forschung versucht hingegen, den gesamten Prozess der Entstehung einer digitalen Gesellschaft abzubilden, ohne sich dabei aber zu weit vom Alltagsverständnis digitaler Prozesse zu entfernen (Ensmenger 2012). Die zentrale Herausforderung besteht darin, einerseits auf die vordigitalen Wurzeln der späteren Entwicklungen – etwa in der analogen Datenverarbeitung – zu verweisen (Heide 2009), ohne diese mit der engeren Geschichte einer digitalen Gesellschaft zu verwechseln (Thiessen 2019). Andererseits gilt es, die dominanten populären historischen Narrative einer digitalen Gesellschaft kritisch daraufhin zu befragen, wo sie einseitig, schlicht falsch oder zumindest verkürzt sind (etwa Rankin 2018). Nur so lassen sich Probleme, die strukturell in digitalen Gesellschaften angelegt sind oder durch digitale Prozesse reproduziert und verstärkt werden (siehe etwa Mullaney et al. 2020), auch als solche benennen.

Eine durch die jüngere Forschung informierte Arbeitsdefinition könnte folgendermassen aussehen: Aus historischer Sicht entsteht die «digitale Gesellschaft» mit der breiten Durchsetzung mikrochipbasierter Anwendungen in Wirtschaft und Gesellschaft. Die Fortschritte in der Hardware, in Speicherkapazität und Prozessorleistung bilden also ihre materielle *Grundlage*. Aber die digitale Gesellschaft bezieht ihre *Dynamik* erst aus der Softwareentwicklung, also der Ausbeutung einer stetig wachsenden Rechnerleistung. Was nun folgt, ist ein Wechselspiel von technischer Innovation, Nachfrage und gesellschaftlicher Re-Stabilisierung. Bei allem öffentlichen Interesse an den jeweils neuen technischen Möglichkeiten sollte nicht vergessen werden, dass sich trotz einzelner, auch zeitgenössisch wahrnehmbarer Brüche eine eher kontinuierliche Transformation des gesellschaftlichen und individuellen Lebens vollzogen hat und noch immer vollzieht.

«Digitalität» wäre aus dieser Perspektive als der in heutigen Gesellschaften dominante Prozessmodus zu begreifen. In einer kulturtheoretischen Annäherung liesse sich auch von einem spezifischen «Set an Relationen» sprechen, das durch technische Neuerungen möglich und in verschiedenen individuellen und gesellschaftlichen Zusammenhängen unterschiedlich «realisiert wird» (Stalder 2016, S. 18). Dabei ist zu beachten, dass auch Handlungen im Modus der «Digitalität» eine materielle Grundlage haben (Ensmenger 2021) und die Repräsentation digitaler Daten selbst wiederum materielle Effekte zeitigt (Dourish 2017). Die «Verschaltung analoger und digitaler Prozesse» (Baecker 2017, S. 19) folgt entsprechend keinem übergeordneten Prinzip und wird auch nicht zwingend von der einen Seite dominiert. Sie erfordert vielmehr eine fortlaufende Neujustierung der individuellen und sozialen Routinen.

2.1 Gymnasien als «Early Adopters» und Laboratorien

Vielleicht etwas überraschend – und in der aktuellen Debatte selten erwähnt – ist, dass gerade auf der Sekundarstufe schon früh auf die digitale Transformation der Gesellschaft reagiert wurde. Joy Lisi Rankin (2018) zeichnet in ihrer «People's History of Computing» nach, wie in den USA noch vor der Erfindung des Mikro-, Heim- oder Personal Computers im Sekundarschulbereich Netzwerke entstanden, in denen über Terminals auf die Grossrechner der zentralen Universität zugegriffen werden konnte. Rankin sieht in den 1960er- und 1970er-Jahren nicht die Start-ups und Universitäten, sondern die Colleges und Sekundarschulen als die eigentlichen Orte der Innovation. Sie beschreibt die frühe Geschichte der Computerisierung als Ergebnis einer breiten Graswurzelbewegung, in der Dozierende und Lehrpersonen eine wichtige Rolle einnahmen. Einzelne, besonders engagierte Pädagoginnen und Pädagogen trieben die Entwicklung mit viel Enthusiasmus voran.

Ihre Dynamik bezog die Entwicklung aber erst daraus, dass die Angebote auf eine Schülerschaft stiessen, welche die Angebote in ihrem Sinne zu nutzen wusste. Dieses Kapitel der Computerisierung des Bildungswesens ist damit zugleich auch ein Stück Jugendgeschichte. Die Technologie des Time-Sharing erlaubte es den Jugendlichen und jungen Erwachsenen, parallel auf die wenigen zentralen Grossrechner zuzugreifen. Die am Dartmouth College explizit für pädagogische Zwecke entwickelte Programmiersprache BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) förderte eine schnelle und kreative Nutzung der neuen technologischen Möglichkeiten. Gerade auch der nicht-didaktisierte Gebrauch der Netzwerke eröffnete einen digitalen Raum, den es von den Jugendlichen und jungen Erwachsenen erst noch zu strukturieren galt. Mit PLATO (Programmed Logic for Automated Teaching Operation) – eigentlich ein umfassendes System für den computerunterstützten Unterricht – entstand dann gar ein nationales Netzwerk, über das Mitte der 1970er-Jahre elektronisch kommuniziert werden konnte (Rankin 2018; siehe zu PLATO auch Dear 2017).

Dieses Beispiel zeigt, wie in einer frühen Phase der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft den Bildungseinrichtungen, Dozierenden oder Lehrpersonen und – nicht zuletzt – den Schülerinnen und Schülern oder Studierenden eine bedeutende Rolle zukam, wenn es darum ging, die neuen technologischen Möglichkeiten zu erproben und die Entwicklungen voranzutreiben. Die Vision der *computing communities* oder des *computing citizen* diente als normative Grundlage, um das eigene Engagement zu legitimieren. Staatliche Akteure, Forschungseinrichtungen und Unternehmen waren zwar bedeutsam, wenn es darum ging, die entsprechenden Infrastrukturen zu entwickeln oder das notwendige Wissen zu verbreiten. Erst aber die kreative Nutzung der Hardware und der neuen Programmiersprachen sorgte dafür, dass deren Potenzial auch ausgeschöpft wurde (Rankin 2018).

Ende der 1960er-Jahre wurde das Thema der Computerbildung von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) aufgegriffen. Der Computer war zugleich Anlass und Symbol einer fortschrittlichen Gesellschaft, deren Mitglieder dazu befähigt werden sollten, mit den technologischen Neuerungen Schritt halten zu können (Hof & Bürgi 2021). In vielen Mitgliedstaaten der OECD wurden die neuen technischen Möglichkeiten unmittelbar als eine Einladung zum Experimentieren in den Schulhäusern verstanden – so auch in der Schweiz. Eine Umfrage zum Thema Computer und Sekundarstufe II aus dem Jahr 1973 gab den Anstoss für zahlreiche Aktivitäten einer «Koordinationsgruppe Informatik», die sich ab Mitte der 1970er-Jahre der systematischen Förderung der Computernutzung in den Schweizer Gymnasien annahm (Gymnasium Helveticum vom 10. März 1976). Fluchtpunkt der Aktivitäten der Koordinationsgruppe waren die Behörden in den Kantonen und beim Bund, die sich die Ziele der Koordinationsgruppe zu eigen machen sollten (EDK 1978).

Zu klären galt es zunächst, warum die Informatik überhaupt einen Platz im Curriculum der Mittelschulen beanspruchen sollte. Vollkommen offen war aber auch, wie sich eine solche Förderung des Informatikunterrichts in technischer, didaktischer und organisatorischer Hinsicht sinnvoll bewerkstelligen liesse. Auch sollte ein kantonsübergreifendes Monitoring dazu beitragen, dass die Fortschritte in der Computernutzung in den Kantonsschulen nachhaltig waren. Ein wichtiges Ziel bildete neben der besseren Vernetzung aller Beteiligten und einem fortlaufenden Informationsaustausch die Weiterbildung der Lehrkräfte (EDK 1978).

Denjenigen, die sich für eine breite Informatikbildung in den Schweizer Gymnasien einsetzten, war aber bewusst, dass sich dies nicht einfach auf Kosten anderer, bereits etablierter curricularer Inhalte würde durchsetzen lassen. Ein zusätzliches, gar obligatorisches Fach Informatik schien illusorisch zu sein. Als unmittelbar zuständig sahen sich Lehrpersonen aus der Mathematik, obwohl auch sie Vorbehalte hegten, die Informatik auf Kosten anderer Fachinhalte in den Unterricht zu integrieren. Die Informatik wurde zu diesem Zeitpunkt eher als ergänzendes Freifach oder als ein Instrument zum Mathematiklernen gesehen. Bereits Mitte der 1970er-Jahre wurde aber eine valable Alternative in Betracht gezogen: Informatik nicht als Fach, Hilfsmittel oder als Fachinhalt, sondern als ein spezifischer Denkmodus. Dieser musste nicht an ein bestimmtes Fach gebunden sein, sondern konnte mit ganz unterschiedlichen curricularen Inhalten des Gymnasiums verbunden werden (Gymnasium Helveticum vom 10. März 1976).

Während sich die Diskussion um eine verstärkte Förderung der Informatik in den Gymnasien vornehmlich an den Fortschritten in der Computertechnologie orientierte, erschwerte ein zweiter Kontext eine klare Taxierung der gegenwärtigen Herausforderungen. Computerbildung war einerseits ein Mittel zu einem klar definierten Zweck. In einer Gesellschaft, in der mikrochipbasierte Anwendungen die Wirtschaft zukünftig stärker bestimmen würden, mussten auch in den Bildungseinrichtungen die entsprechenden Angebote ausgebaut werden. Da die elektronischen Rechner in der Wissenschaft, privaten und staatlichen Verwaltung eine immer grössere Rolle spielten, war es naheliegend, diejenigen damit stärker in Kontakt zu bringen, die hier später auch entsprechende Funktionen wahrnehmen würden: Führungskräfte, Forscherinnen und Forscher.

Computerbildung diente in dieser frühen Phase einer entstehenden digitalen Gesellschaft aber nicht nur der Vorbereitung auf den Umgang mit elektronischen Rechnern. Zugleich gehörte sie zu den zahlreichen Versuchen einer stärkeren Implementierung von Bildungstechnologien in den Unterricht: Programmierter Unterricht, Sprachlaboreinsatz und *computer-assisted instruction* (CAI) zielten allesamt darauf ab, den schulischen Unterricht nicht nur effizienter und effektiver zu organisieren, sondern auch dem individuellen Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler endlich mehr Rechnung zu tragen (Bosche & Geiss 2011; De Vincenti & Hoffmann-Ocon 2016; Hof 2017). Wie in anderen hochindustrialisierten Staaten auch war der elektronische Computer zunächst aber nur ein Instrument neben anderen, um den Unterricht technologiegetrieben zu verbessern (Capel 1991).

Die Vermischung dieser beiden Diskussionen, einer didaktischen Nutzung neuer technologischer Möglichkeiten und der Vorbereitung auf eine zunehmend computerisierte Gesellschaft, blieb über die folgenden Jahrzehnte ein Merkmal der pädagogischen und bildungspolitischen Reaktionen auf die digitale Transformation der sozialen und ökonomischen Verhältnisse.

2.2

Pilotprojekte und Koordinationsversuche

Historisch lässt sich gut nachzeichnen, dass der digitale Wandel zwar in den Tagesmedien und Positionspapieren häufig als «revolutionär» beschrieben wurde, sich aber meist eher eine stetige Transformation der ökonomischen, individuellen und privaten Routinen vollzog. So beeindruckend die Fortschritte in der Hardware und den Softwareanwendungen den Zeitgenossen auch erschienen: Die wirklich tiefgreifenden Veränderungen kamen auf leiser Sohle daher oder erfolgten im Kleinen. Malte Thiessen hat jüngst in einer Regionalstudie für das westdeutsche Nordrhein-Westfalen rekonstruiert, wie dort die stetige digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft erfolgte. Er verweist auf die Bedeutung der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV) in den 1970er- und 1980er-Jahren, aber auch auf das parallel weiterhin intensiv genutzte analoge Speichermedium der Lochkarte. Vor der Erfindung des Mikrocomputers war elektronische Datenverarbeitung noch teuer und dadurch relativ exklusiv. Die notwendige Infrastruktur wurde im Verbund genutzt, was eine aufwendige Koordination voraussetzte (Thiessen 2019).

In den kaufmännischen Berufen wurde entsprechend besonders früh und umfassend auf den technologischen Wandel der öffentlichen und privatwirtschaftlichen Verwaltung reagiert – so auch in der Schweiz. In den 1960er-Jahren wurde in einigen Kantonen zunächst mit einer Lochkartenlehre experimentiert, die sich aber nicht durchsetzen konnte. Schnell wurde klar, dass die Arbeit an und mit dem Computer systematisch in die kaufmännische Ausbildung einbezogen werden musste (Wettstein 2020).

Die Fortschritte in der Halbleitertechnologie fanden in der Schweiz wie andernorts auch ein gewaltiges mediales Echo. Der Mikrochip, immer günstiger und leistungsfähiger, war hierbei Verheissung und Bedrohung zugleich. Er gab den Anstoss zu einer Reihe von Impulsprogrammen, die besonders auf die Forschung, Qualifizierung und Entwicklung an den Hochschulen sowie die berufliche Weiterbildung zielten (Geiss 2020; Geiss 2021). In der Europäischen Union entstanden in dieser Zeit zunächst Programme zu einer gezielten Innovationsförderung, dann aber auch Mobilitäts- und Qualifikationsoffensiven für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen (Flury et al. 2020).

In der Schweiz arbeitete die national zusammengesetzte «Koordinationsgruppe Informatik» unter dem Titel «24 Stunden Informatik» ein Programm für die Gymnasien aus, das der wachsenden Bedeutung des Computers im Alltag curricular Rechnung tragen sollte. Im Rahmen dieses Pilotversuchs wurde die Vermittlung informatischen Wissens einerseits als Teil der Allgemeinbildung definiert, womit dem Ziel der vertieften Gesellschaftsreife entsprochen wurde. Andererseits sollte die Einführung in die Informatik auch die allgemeine Studienreife befördern, indem sie als Grundlage für Frei- und Ergänzungsfächer, aber auch als erster Schritt hin zum Computereinsatz in anderen Schulfächern konzipiert wurde (WZB 1982).

In den wenigen Jahren zwischen der Einsetzung der Koordinationsgruppe Informatik und den Pilotversuchen an den Mittelschulen mit «24 Stunden Informatik» verschoben sich die Grundlagen, auf denen die Massnahmen erfolgten, bereits massiv. Mit dem Mikrocomputer machte die Computerisierung der sozialen Verhältnisse in den 1980er-Jahren einen entscheidenden Schritt nach vorn. Der Computer zog nun als «Heimcomputer» in die privaten Haushalte ein. Die Angebote wurden erschwinglicher und die Nutzung einfacher, was breiten Schichten der Bevölkerung – und vor allem der Jugend – den direkten und kreativen Umgang mit den neuen Technologien erlaubte (Albert 2019).

Diese starke Rezeption der Computertechnologie im Alltag der Konsumentinnen und Konsumenten bedeutete aber auch, dass die zentralen Lernfortschritte der breiteren Bevölkerung sich nun ausserhalb der traditionellen Bildungseinrichtungen vollzogen. Um einen Heimcomputer überhaupt bedienen zu können, waren rudimentäre Programmierkenntnisse notwendig. Anders als bei den späteren Smart Devices mussten für die Durchsetzung des Computers in den Privathaushalten noch gewaltige Hürden genommen werden. Entsprechend war die *computer literacy* in den 1980er-Jahren Bestandteil umfassender ausserschulischer Ansätze zur Popularisierung praktischen informatischen Wissens (Lean 2016; Nooney et al. 2020).

Im Bildungswesen selbst führten diese neuen technologischen Möglichkeiten zu ambitionierten Programmen wie der Entwicklung eigener Bildungscomputer, mit denen das nun massiv gewachsene Spektrum des Computereinsatzes im Unterricht ausgeschöpft werden sollte. Beispiele sind hier der «BBC Micro» in Grossbritannien, der «Compis» in Schweden oder der «Smaky», der vor allem in der Westschweiz zum Einsatz kam. Zugleich konkurrierten zahlreiche private Firmen darum, ihre Geräte an die Schulen und Bildungsverwaltungen zu verkaufen. Das Bildungswesen wurde mit der Durchsetzung des Mikrocomputers zu einem interessanten Absatzmarkt für Produzenten von Hard- und Software (Lean 2013; Tatnall 2013; Albert & Oldenziel 2014; Schröder 2018).

Doch die Entwicklung und der Vertrieb von Bildungscomputern und -software ist nur eine Facette dieser Geschichte. Zugleich wurden in vielen europäischen Staaten, West wie Ost, zahlreiche Massnahmenpakete lanciert, um die Computerisierung von Wirtschaft und Gesellschaft pädagogisch zu begleiten. In der Schweiz bedeutete dies, dass nunmehr nicht nur für die Hochschulen, Gymnasien und einzelne Berufe die Förderung der Informatikbildung koordiniert werden sollte, sondern auch die Volks- und Berufsschulen systematisch in den Blick genommen wurden. Mitte der 1980er-Jahre machte es sich die EDK zur Aufgabe, einen Überblick über die Anstrengungen im Bereich der Informatik in den verschiedenen Kantonen zu gewinnen. Darüber hinaus war sie bestrebt, für die unterschiedlichen Schulstufen und -typen eine systematische Perspektive zu entwickeln – so auch für die Mittelschulen (EDK 1986; EDK 1987).

Diese frühe Phase der Computerisierung in den Schulen darf in ihren Effekten aber nicht überschätzt werden. Den Ambitionen standen gewaltige finanzielle und organisatorische Hürden im Weg, worunter die sinnvolle Integration eines Informatikcurriculums nur eine war. Die Fortschritte in der Hard- wie Software forderten Pädagogik, Didaktik und Bildungsadministration gleichermaßen. Die in unterschiedlichen Staaten entwickelten Schulcomputer konnten die an sie gesetzten Erwartungen nur selten erfüllen (siehe etwa Kaiserfeld 1996; Kaiserfeld 2000). Es drohte dasselbe Schicksal, das die teuren und raumgreifenden Sprachlabore ein Jahrzehnt zuvor bereits ereilt hatte (Bosche & Geiss 2011) – dass sie in den Schulhäusern verstaubten und dann letztlich entfernt würden. Dort, wo die Nachfrage besonders gross war, konnte man umgekehrt den Bedarf mitunter kaum bedienen. Das galt nicht nur für die staatlichen Programme zur Entwicklung von Bildungscomputern, sondern auch für private Anbieter, die auf den plötzlichen Ansturm nicht vorbereitet waren (Veraart 2014, S. 42).

Die eigentliche Diffusion von Computerkenntnissen erfolgte vorerst andernorts: in den Privathaushalten und in Jugendclubs, bei den Hackern, in Angeboten der Volkshochschulen und anderer Weiterbildungsanbieter, in den Unternehmen und in der Berufsbildung. Mit der breiten Durchsetzung von Office-Anwendungen und einer menügesteuerten Benutzeroberfläche, die Kenntnisse in Programmiersprachen als verzichtbar erscheinen liessen, wurde ambitionierten Programmen zur informatischen Bildung zunehmend die Legitimationsgrundlage entzogen.

2.3

Curriculare Antworten und ein bewegliches Ziel

Aus Sicht der Befürworter einer breiten Einführung der Informatik in die Mittelschulen waren die weiteren curricularen Entwicklungen eher ernüchternd. Paradoxerweise führte die breite Nutzung von Computern in Arbeitswelt und Privathaushalten gerade nicht zu einer umfassenden Revision des gymnasialen Unterrichts. Dies lag aber nicht unbedingt im fehlenden Engagement der Beteiligten begründet. Vielmehr veränderten sich seit den grösseren Anstrengungen zum Monitoring und zur Koordination der informatischen Bildung in den Volks-, Berufs- und Mittelschulen die technologischen Grundlagen nochmals beträchtlich.

Mit einer Teilrevision der Maturitäts-Anerkennungsverordnung (MAV) machte der Bundesrat 1986 gleichzeitig einen Schritt nach vorn und einen zurück. Zwar sollten nun alle Besucher eines Schweizer Gymnasiums, gleich welchen Typus, einen Einführungskurs in Informatik besuchen (EDK 1987). Es wurde jedoch auch beim Typus C des Gymnasiums (mathematisch-naturwissenschaftliche Richtung) kein eigenes Maturitätsfach Informatik geschaffen (Année politique Suisse 1986; Meylan 1996, S. 26).

Immerhin hatte eine gesamtschweizerische Umfrage der EDK ergeben, dass das von der Koordinationsgruppe pilotierte Programm der «24 Stunden Informatik» mittlerweile an nahezu allen Schweizer Gymnasien in irgendeiner Form Eingang in den Unterricht gefunden hatte. Zum Teil existierten auch obligatorische Angebote, meist aber war die Informatik als ergänzender Bestandteil des gymnasialen Unterrichts konzipiert worden (Neue Zürcher Nachrichten vom 5. Oktober 1984). Mitte der 1980er-Jahre boten nahezu alle Schweizer Gymnasien Einführungskurse ins Programmieren an (Zehnder 2018).

Nach der Teilrevision der MAV sollten nun also alle Schülerinnen und Schüler an den Gymnasien ein wenig Programmieren lernen, in den wenigen Lektionen aber auch über die Hardwarekomponenten eines Computers unterrichtet werden, etwas über «Informationen und Daten» erfahren, einige Anwendungen kennenlernen und – nicht zuletzt – die gesellschaftliche Dimension der Computernutzung reflektieren können (Döbeli Honegger et al. 2013, S. 164).

Die nachfolgenden Schwierigkeiten mit dem Informatikunterricht lagen nicht allein darin begründet, dass das Programmieren die Schülerinnen und Schüler zu sehr forderte oder sich die Lehrkräfte lieber auf die leichter zu präparierenden Aspekte des Informatikunterrichts konzentrierten. Der Erfolg der leicht zu bedienenden Nutzeroberflächen und Alltagsanwendungen und die breite Rezeption des Internets nach der Durchsetzung des World Wide Web liessen eine anspruchsvolle, eng an der Fachdisziplin orientierte informatische Bildung als obsolet erscheinen (Döbeli Honegger et al. 2013, S. 163–166).

Mit der Reform der Maturität in den 1990er-Jahren wurden die spezifischen Schultypen aufgehoben, eine Einheitsmatura geschaffen und den Schülerinnen und Schülern durch die Einführung von Schwerpunkt- und Ergänzungsfächern sowie einer Maturaarbeit eine grössere Wahlfreiheit ermöglicht (Bonati 2020). Während nun eine Reihe von nicht-traditionellen Fächern Eingang in den etablierten Fächerkanon an den Gymnasien fand, wurde die Informatik mit der Reform geschwächt. Aufseiten der schweizerischen Informatiklehrpersonen hatte bereits die erste Ankündigung «über den drohenden Verlust des Faches Informatik» für erhebliche Irritationen gesorgt (Interface 1992, Nr. 4, S. 15). In der Vernehmlassung zur MAV-Revision drängte der Schweizerische Verein für Informatik in der Ausbildung (SVIA) denn auch darauf, den etablierten Einführungskurs in die Grundlagen der Informatik beizubehalten, die Fachinformatik zu einem Wahlfach auf Maturitätsniveau aufzuwerten und einen Rahmenlehrplan für Informatik auf den Weg zu bringen (Interface 1993, Nr. 1, S. 31–32).

In der Arbeitsgruppe zur Ausarbeitung der MAV-Revision wurde hingegen argumentiert, dass die Vorbildung im Bereich der Informatik in der Volksschule verankert werden solle und für die Gymnasien keine schweizweit einheitliche Regelung notwendig sei. Stattdessen sollten pragmatische Lösungen in den Schulen resp. Kantonen gefunden werden (Interface 1994, Nr. 2, S. 76). Im Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen von 1994 wurde dann explizit festgehalten, dass die Informatik «bewusst nicht als eigenes Fach aufgeführt» werde, sondern vielmehr in den einzelnen Fächern «zu integrieren» sei (Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen vom 9. Juni 1994, S. 25). Im Reglement über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen von 1995 tauchte die Informatik nicht mehr auf (MAR 1995). Die in Form einer umfangreichen Habilitationsschrift ausgearbeitete wissenschaftliche Begründung der Notwendigkeit eines eigenen Grundlagenfachs Informatik (Eberle 1996a) – auch als Basis für eine interdisziplinäre Verknüpfung mit den anderen Fächern – kam für die Diskussion zu spät. Auch eine direkte Intervention beim Bundesrat und dem Präsidium der EDK durch den SVIA (Interface 1995, Nr. 1, S. 48) blieb folgenlos. Der mangelnde Status der noch jungen wissenschaftlichen Disziplin der Informatik und das Fehlen einer gut vernetzten Lobby (Eberle 1996b, S. 199) führten dazu, dass sich das neue Schulfach vorerst nicht durchsetzen liess.

Noch Anfang des neuen Jahrtausends wies der Bundesrat in seiner Stellungnahme zu einer Interpellation im Nationalrat darauf hin, dass er keine systematische Förderung der Informatik in den Gymnasien anstrebe und es den Kantonen überlassen sei, diesbezüglich eigene Schwerpunkte zu setzen (Stellungnahme des Bundesrates vom 14. Februar 2001 zur Interpellation Informatik als Maturitätsprüfungstoff). Diese Situation änderte sich erst mit einer Erweiterung der Ergänzungsfächer, die 2007 im Rahmen einer Teilrevision des MAR verabschiedet wurde (Döbeli Honegger et al. 2013, S. 166). Ab dem Schuljahr 2008/09 wurde es Schülerinnen und Schülern an den Schweizer Gymnasien ermöglicht, Informatik als Ergänzungsfach zu wählen (Steuergruppe des Studienganges Informatik an Gymnasien 2011, S. 5, S. 33).

Mit dieser Anpassung konnten die Schülerinnen und Schüler sich nun also in Fragen der Informatik vertiefen. Ein entsprechendes Angebot war aber nur gewährleistet, wenn sich eine hinreichende Zahl interessierter Personen an einem Schulstandort finden liess. An einem Grossteil der Gymnasien war dies der Fall, auch weil entsprechende Angebote mitunter bereits für sehr kleine Gruppen geschaffen wurden. In gewisser Weise wiederholte sich mit dem fakultativen Ergänzungsfach Informatik eine Situation, wie sie bereits zu Beginn der Computernutzung in den Schweizer Gymnasien schon einmal eingetreten war. Das Engagement einzelner Personen, das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Informatik und nicht formalisierte Netzwerke begünstigten das Zustandekommen eines hinreichenden Angebots (Roos et al. 2016).

Seitens der Fachdisziplin Informatik wurde diese Teilrevision und die damit ausgelöste Dynamik in den Gymnasien als Abkehr von einer verfehlten Ausrichtung des Umgangs mit den neuen Technologien gedeutet: Endlich schien wieder die Informatik als akademische Disziplin die Grundlage für den Fachunterricht zu bilden und der transdisziplinäre Irrweg als solcher erkannt worden zu sein. Die «missratene Maturareform von 1995» (Bruderer 2009, S. 444) und die damit verpasste Chance einer fundierten Ausbildung in den informatischen Grundlagen an den Schweizer Gymnasien schienen nun also wenigstens partiell wettgemacht worden zu sein.

Weitere zehn Jahre später wurde mit einer erneuten Teilrevision des MAR die Informatik erneut gestärkt. Das Fach wurde für obligatorisch erklärt. Umstritten war dabei aber die Frage, ob die Informatik fortan den Status eines obligatorischen Faches oder gar eines Grundlagenfachs erhalten sollte. Seitens der Bundesbehörden und Fachorganisationen wurde Letzteres befürwortet. Die Kantone hingegen teilten sich in dieser Frage in zwei Lager auf, von denen eines die Schaffung eines eigenständigen Grundlagenfachs ablehnte (EDK, Beschluss Plenarversammlung vom 27. Oktober 2017).

Das neue obligatorische Fach Informatik wird als Teil des Lernbereichs «Naturwissenschaften und Mathematik» ausgewiesen, was eine Abgrenzung sowohl von einer sozialwissenschaftlichen Orientierung als auch dem früheren transdisziplinären Ansatz bedeutet. Diese disziplinäre Ausrichtung war aber bereits im Rahmenlehrplan von 2008 angelegt. Deutlich erkennbar ist die Distanzierung von früheren Entwicklungen, in denen oft die Nutzung von spezifischen Anwendungen etwa aus dem Office-Bereich im Zentrum standen. Vielmehr wurde nun die notwendige Fokussierung auf das Erlernen des Programmierens betont (Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen: Informatik vom 12. Juni 2008).

Während sich die einführenden Bemerkungen zur wachsenden Bedeutung von Informatik und digitalen Anwendungen in den bildungspolitischen Programmpapieren und curricularen Dokumenten seit den 1970er-Jahren doch sehr ähneln, ist eine andere, jüngere Entwicklung durchaus bemerkenswert: Im begründenden Teil des Rahmenlehrplans Informatik von 2017 wird einerseits festgehalten, wie schnell sich die Anwendungen und Möglichkeiten im digitalen Bereich weiterhin verändern. Andererseits verweist der Rahmenlehrplan auf die bereits historisch gewordene Dimension der digitalen Gesellschaft und hebt hervor, dass die den Entwicklungen «zugrundeliegenden informatischen Konzepte weit weniger schnelllebig» seien als die Anwendungen. Nur auf dieser Grundlage lässt sich auch dafür argumentieren, warum die Informatik Eingang in den obligatorischen Fächerkanon der schweizerischen Maturitätsschulen finden sollte, der ja neben der Allgemeinen Studierfähigkeit auch für eine vertiefte Gesellschaftsreife sorgen soll (Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen: Informatik vom 27. Oktober 2017, S. 2).

Zugleich betont der Lehrplan Informatik den allgemeinen Bildungswert des Erlernens informatischer Konzepte und Praktiken. Diese werden also nicht nur als Mittel zum Zweck einer fachspezifischen Didaktik begriffen. Vielmehr soll das algorithmische Denken dafür sorgen, dass die Schülerinnen und Schüler nach dem Besuch eines Gymnasiums über «universelle Kompetenzen wie systematische Problemlösungsstrategien, strukturiertes Denken und präzises Arbeiten» verfügen, sich kreativ betätigen sowie verständig und reflektiert in einer digitalen Umwelt bewegen können (Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen: Informatik vom 27. Oktober 2017).

3 Zukünftige Bürgerinnen und Bürger auf anspruchsvolle Aufgaben vorbereiten

Stellt man sich die Absolventinnen und Absolventen der Maturitätsschulen in der Schweiz als zukünftige Gestalterinnen und Gestalter der Gesellschaft und des öffentlichen Diskurses vor, so besteht eine der Herausforderungen darin, dass die digitale Transformation keinen Bereich des sozialen und individuellen Lebens unberührt lässt.

Das gilt in gewisser Hinsicht bereits für die elektronische Datenverarbeitung, dann sicher für die breite Computerisierung der wirtschaftlichen Abläufe oder den Einzug des Computers in die Privathaushalte. Und es gilt erst recht für das Internet sowie für Smart Devices oder intelligente Vernetzung und aktuell für die künstliche Intelligenz. Die bisherigen Versuche, curriculare Antworten auf diese Herausforderungen zu finden, können als eine ständige Suchbewegung inmitten der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft gelesen werden.

3.1 Die grosse Transformation: Kein Bereich der Gesellschaft bleibt unberührt

Kaum ein Positionspapier zum digitalen Wandel kommt derzeit ohne den einleitenden Hinweis aus, dass kein Bereich des individuellen und sozialen Lebens vom digitalen Wandel unberührt geblieben ist. Das Argument ist damit nicht mehr allein auf die Zukunft gerichtet, sondern schliesst bereits eine historische Diagnose mit ein. Es geht nun nicht mehr nur darum, über eine progressive Bildungspolitik eine ungewisse Zukunft zu gestalten, sondern inmitten der digitalen Transformation Vergangenheit und Zukunft in ein Verhältnis zu setzen. Während viele der politischen, sozialen und kulturellen Herausforderungen, die mit dem digitalen Wandel verbunden scheinen, noch nicht gelöst sind, stellen sich mit jeder technologischen Innovation bereits wieder neue Aufgaben. Dies ist auch für die Reform der gymnasialen Maturität in einer digitalen Gesellschaft zu berücksichtigen, wenn sie Maturandinnen und Maturanden angemessen auf anspruchsvolle Entscheidungssituationen vorbereiten soll.

Während die einzelnen technologischen Innovationen also die Politik vor immer neue Probleme stellen, die prospektiv kaum zu lösen sind und entsprechend gewaltig erscheinen, erfolgt die eigentliche digitale Transformation meist eher stetig und nicht selten im Kleinen. Das lässt sich etwa daran ablesen, dass Firmen aus dem vordigitalen Industriezeitalter eine wichtige Rolle in der ersten Phase der Computerisierung der Gesellschaft spielten. So wurde das Unternehmen International Business Machines (IBM) eigentlich mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Lochkartensystemen gross (Heide 2009,

S. 105–127), spielte dann aber eine zentrale Rolle in der Produktion von Grossrechneranlagen und der darauffolgenden Durchsetzung des Personal Computers. Auch der italienische Schreibmaschinenfabrikant Olivetti war in Europa neben IBM und anderen ein wichtiger Wettbewerber im Bereich der Mikrocomputer (Ther 2016, S. 243).

Viele der mit den digitalen Technologien mittlerweile nicht selten sogar eingelösten Utopien, Visionen und Ideen sind deutlich älter als die eigentliche Phase der digitalen Transformation. Die Einführung der elektronischen Datenverarbeitung in der öffentlichen Verwaltung war nur ein Schritt auf dem langen Weg der Mechanisierung staatlicher Tätigkeiten. Bürokratie ist im Kern hochformalisierte Informationsverarbeitung. Informationstechnologien und staatliches Handeln brachten sich wechselseitig hervor und veränderten das Geschäft des Regierens damit nachhaltig (Agar 2003).

In der Industrie wiederum schien der Elektronenrechner die Vision einer «mensenleeren Fabrik» (Uhl 2019) Wirklichkeit werden zu lassen. Der Wunsch nach einer Steigerung der Effizienz und Effektivität in zahlreichen gesellschaftlichen Teilbereichen führte bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in mehreren Wellen zu neuen Ansätzen und Moden der Rationalisierung des Sozialen. Viele der späteren Diskussionen um die gesellschaftlichen Folgen der Computertechnologie entstammen hingegen dem sogenannten Automatisierungsdiskurs der 1950er- und 1960er-Jahre. Die Angst vor der Ersetzung menschlicher Arbeit durch autonom agierende Maschinen (Hessler 2015) fand eine direkte Entsprechung in den Szenarien einer computerisierten Gesellschaft. Es ist somit auch nicht verwunderlich, dass es in der Schweiz wie andernorts die Gewerkschaften waren, die sich früh und intensiv mit den Fortschritten in der Halbleitertechnologie beschäftigten (Geiss 2021).

Die digitale Transformation war in der Privatwirtschaft zunächst nur in einzelnen Branchen oder Arbeitsbereichen spürbar. Dabei lassen sich zwei Entwicklungslinien unterscheiden, die für eine gewisse Zeit relativ unabhängig voneinander verliefen. Zum einen zeigten sich die Folgen der Fortschritte in der Rechnerleistung und Computertechnologie bereits früh in den administrativen und kaufmännischen Berufen. Zum anderen veränderte der Computer zunächst nur diejenigen Bereiche der Produktion, in denen einzelne Innovationen die Abläufe nachhaltig umgestalteten. Beispiele hierfür sind das Druckergewerbe, das den Wandel bereits seit den 1970er-Jahren zu spüren bekam (Uhl 2018), oder die Konstruktion, wo das Computer Aided Design (CAD) schon früh deutliche Spuren hinterliess. Der Einsatz von CNC-Maschinen (*computerised numerical control*) in der Industrie und das Computer Integrated Manufacturing (CIM) wiesen darauf hin, dass möglicherweise ein neues Zeitalter angebrochen war (Hachtmann 2015; Thorade 2020).

Für einzelne Berufe und Arbeitsbereiche hatte die Computertechnologie also bereits Folgen gezeitigt, bevor mit dem Mikrocomputer eine Transformation alltäglicher Praktiken auch in den Büros gewöhnlicher Unternehmen und in den Privathaushalten einsetzte. Trotz aller weiterer Produktinnovationen strukturiert der Computer als Arbeitsgerät bis heute den Berufsalltag. Mit Thomas Haigh liesse sich sogar sagen, dass noch nie so viele Computer zum Einsatz kamen wie heute, dass aber die Geräte häufig nicht mehr als solche identifiziert werden (Haigh 2018, S. 4 f.). Der digitale Wandel ist – das zeigt die Beharrungskraft manch erfolgreicher kleiner Innovation – nur selten revolutionär.

Eine tiefgreifende Veränderung bewirkten aber die Erfindung des World Wide Web und die bis heute im Ausbau begriffenen neuen Möglichkeiten der Kommunikation und virtuellen wie materiellen Vernetzung (Berners-Lee 2000; Abbate 2010; Haigh et al. 2015). Damit zog das Internet nicht nur in die berufliche Kommunikation und Organisation ein, sondern veränderte auch die individuelle Informationssuche und Wissensproduktion (siehe etwa Möllenkamp 2015). Besonders in den Dienstleistungsberufen bedeutete dies eine Entwertung ganzer Aufgabenbereiche und eine tiefgreifende Transformation des gesamten Sektors. Die globale politische Ökonomie wurde grundsätzlich neu justiert, indem mit den Technologiekonzernen Google, Apple, Facebook und Amazon (GAFA) neue Akteure ins Spiel kamen, denen die meisten Nationalstaaten steuertechnisch wie datenschutzrechtlich kaum etwas entgegenzusetzen haben. Die von diesen Unternehmen bereitgestellten «soziotechnischen Ökosysteme» lassen sich «als proprietäre Märkte» charakterisieren, da sie vollkommen von den Anbietern «kontrolliert werden» (Staab 2019, S. 173 f.).

Aufgrund der grossen Fortschritte im Bereich des «Machine Learning» in jüngerer Zeit, die erst durch den ungeheuren Zuwachs an verfügbaren Daten ermöglicht wurden, stellen sich zudem zahlreiche grundrechtliche und politische Fragen, die bisher nicht einmal ansatzweise beantwortet sind (O’Neil 2018). Dabei ist nicht zu vergessen, dass auch die fortgeschrittene digitale Gesellschaft mit ihren immateriellen Gütern auf physische Arbeit und materielle Infrastruktur angewiesen bleibt und ausgesprochen energieintensiv ist (Chan et al. 2020; Ensmenger 2021).

3.2

Digitale Antworten auf funktionale Probleme

Der Soziologe Armin Nassehi sieht in digitalen Technologien eine kongeniale Antwort auf die Probleme moderner funktional differenzierter Gesellschaften. Er geht davon aus, dass das «Verhältnis von Codierung und Programmierung in der digitalen Datenwelt» dem «Verhältnis von Codierung und Programmierung auf der Ebene der Differenzierung der modernen Gesellschaft in Funktionssysteme» (Nassehi 2019, S. 152) entspreche.

Nassehi argumentiert funktionalistisch, vor dem Hintergrund einer spezifischen Ausprägung der Systemtheorie, die aber mit prononcierten historischen Aussagen einhergeht. Aus dieser Perspektive zeichnen sich moderne Gesellschaften durch eine «funktionale Differenzierung» aus. Sie beschreibt einen bestimmten Modus, mit dem soziale Systeme Komplexität reduzieren können. Demnach haben sich in der Moderne verschiedene Funktionssysteme herausgebildet, die ihre Operationen entlang eines binären Codes vollziehen. Im Rechtssystem wäre dies etwa der Code Recht/Unrecht. Das jeweilige Funktionssystem organisiert und beobachtet sich dann entlang dieser Unterscheidung (Luhmann 1993).

Nassehi erkennt zumindest eine gewisse Verwandtschaft zwischen den digitalen Technologien und den Besonderheiten moderner Gesellschaften. Beide prozessieren Komplexität auf eine denkbar einfache Art und Weise und erlauben gerade durch die Reduktion eine erneute Steigerung von Komplexität (Nassehi 2019, S. 153 f.).

Im Folgenden gehe ich davon aus, dass für die Bestimmung der Herausforderungen in einer digitalen Gesellschaft die spezifischen Funktionsbereiche, in denen digitale Werkzeuge eingesetzt werden, berücksichtigt werden müssen. Die mit der digitalen Transformation verbundenen Probleme unterscheiden sich je nachdem, ob die Politik, das Rechtswesen, die Medizin, die Kunst oder die Wirtschaft betroffen ist.

Natürlich gibt es auch Themen und Problemzusammenhänge, die verschiedene Funktionsbereiche in ähnlicher Weise betreffen. Der Datenschutz ist eines davon. Aber die Herausforderungen, die zum Beispiel die künstliche Intelligenz mit sich bringt, sind ganz unterschiedlich, je nachdem, ob es um Medizin, öffentliche Verwaltung oder um Bildung geht.

Es lassen sich grob sechs gesellschaftliche Funktionssphären unterscheiden, in denen die digitale Transformation jeweils unterschiedliche Herausforderungen mit sich bringt: Erstens Politik und Verwaltung, zweitens Gesundheit, drittens Wirtschaft und Arbeitswelt, viertens die Justiz, fünftens Bildung und zuletzt Religion und Kultur. Schon diese grobe Einteilung lässt vermuten, dass auch innerhalb einer bestimmten Funktionssphäre sehr unterschiedliche Probleme mit der digitalen Transformation zusammenhängen können. Die Liste liesse sich auch noch erweitern, etwa um das Militär oder die Massenmedien. Um die gegenwärtigen Herausforderungen durch die digitale Transformation von Wissenschaft und Forschung geht es in einem späteren Abschnitt.

Gilardi et al. (2020) unterscheiden für die digitale Transformation der Politik drei verschiedene Bereiche, die in der Schweiz derzeit im Zentrum stehen: Erstens das sogenannte E-Government, also der Einsatz digitaler Technologien in der öffentlichen Verwaltung. Zweitens die politische Partizipation, wobei eine Reihe von Anwendungen neue Formen der Aushandlung und Mitbestimmung als denkbar erscheinen lässt. Und drittens die insbesondere durch soziale Medien veränderten Formen der öffentlichen Meinungsbildung. Dabei lässt sich für die Schweiz konstatieren, dass der Transformationsprozess in vielen Aspekten und in allen drei genannten Bereichen mitunter noch gar nicht so weit vorangeschritten ist, wie das in einem wirtschaftlich hochentwickelten Land vielleicht zu erwarten wäre (Neuroni et al. 2019).

Das Scheitern der Vorlage eines «E-ID»-Gesetzes (Bundesrat 2021) zeigt, wie sehr das Problem einer digitalen Transformation der Verwaltung derzeit die Öffentlichkeit beschäftigt. Dies ist für die Vorbereitung auf anspruchsvolle gesellschaftliche Aufgaben in der Gesellschaft auch deshalb relevant, weil Fragen des E-Governments unmittelbar die Bedeutung einer öffentlich finanzierten und getragenen Infrastruktur berühren. Der tatsächliche oder potenzielle Einsatz von digitalen Technologien in der Verwaltung erzwingt eine Auseinandersetzung mit der Frage, inwiefern hier ein neuer Regulierungsbedarf entstanden ist – oder umgekehrt Potenzial für eine stärkere Deregulierung gesehen werden kann. Zu entsprechend unterschiedlichen Schlussfolgerungen kommen die diversen Denkfabriken und Nichtregierungsorganisationen (Ammann & Schnell 2019; Brüesch et al. 2017).

Auch im Bereich Gesundheit lassen sich unterschiedliche Felder ausmachen, in denen der digitale Wandel derzeit eine Neujustierung elementarer Abläufe evoziert. Neben dem verstärkten Einsatz von Robotik und Sensorik und der Nutzung grosser Datensätze sind dies Ansätze, welche die alltägliche Praxis im Gesundheitswesen neu strukturieren wie etwa die Telemedizin oder elektronische Patientendossiers. Nicht zuletzt gehören dazu aber auch die Entwicklungen im privaten Umfeld wie etwa Aktivitätstracker (Angerer et al. 2019).

Wie im Bereich Regierung und Verwaltung werden im Gesundheitswesen mit der digitalen Transformation unterschiedliche Ziele verfolgt. Neben der besseren Gesundheitsversorgung durch Ausschöpfung und Verknüpfung von Datensätzen liegen diese in der Effizienzsteigerung und Kostensenkung, unter anderem auch durch eine Verantwortungsübertragung auf die Nutzerinnen und Nutzer. Die damit verbundenen ethischen, rechtlichen und politischen Herausforderungen sind bisher alles andere als gelöst (Biller-Andorno 2017; Blaser 2018; Zingg et al. 2019).

Historisch gesehen waren neben Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung die Wirtschaft und Arbeitswelt die ersten Bereiche, in denen sich der digitale Wandel manifestierte. Die Unternehmen sind seitdem immer wieder aufs Neue gefordert, die neuen technologischen Möglichkeiten auszuschöpfen und sinnvoll zu integrieren. Gleichzeitig verändern sich durch neue Monopole die globale politische Ökonomie genauso wie die individuellen Arbeitsbedingungen und Beschäftigungsaussichten (Bundesrat 2017; Staab 2019).

In der Schweiz schliesst eine Diskussion der Folgen des digitalen Wandels für die Wirtschaft immer auch die Berücksichtigung der Bedeutung der kleinen und mittleren Unternehmen für die Volkswirtschaft mit ein (Peter et al. 2020). Gerade für diese Firmen ist der anhaltende kostenintensive Veränderungszwang, der mit der fortlaufenden digitalen Transformation der Abläufe verbunden ist, nur schwer zu bewältigen (Uhl & Loretan 2019). Angesichts der bereits langanhaltenden digitalen Transformation der Privatwirtschaft sind die Bandbreite an möglichen Einsatzgebieten und die entsprechenden Herausforderungen hier besonders gross. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass in der Schweiz zwischen den einzelnen Wirtschaftsbranchen gewichtige Unterschiede in der Implementation digitaler Anwendungen bestehen, die sogar stärker ins Gewicht fallen als die Grösse eines Unternehmens (Beck et al. 2020, S. 21).

Wie das Gesundheitswesen und die öffentliche Verwaltung ist auch die Justiz in der Schweiz Gegenstand politisch initiierten Digitalisierungsanstrengungen. Ähnlich wie in diesen beiden Feldern sollen im Justizwesen zunächst durch elektronisch verfügbare Dokumente die Effizienz gesteigert und die Kosten reduziert werden. Zentral ist hierbei die Interoperabilität der unterschiedlichen in der Schweizer Justiz verwendeten IT-Systeme (Piesbergen 2018). Doch auch hier steht die eigentliche politische Aushandlung der Folgen dieser konzertierten Aktion noch aus. Es stellen sich einerseits Fragen des Datenschutzes und der Sicherheit, andererseits bestehen Zweifel an der Verfassungsmässigkeit und der Praktikabilität des geplanten E-Justiz-Gesetzes, mit dem Anwältinnen und Anwälte verpflichtet würden, eine gemeinsame Plattform zu nutzen (Neue Zürcher Zeitung vom 3. März 2021).

Bereits deutlich mehr mediale Aufmerksamkeit erfahren hat die Automatisierung in der Arbeit der Strafjustiz und der Polizei, welche die Gesellschaft ebenfalls vor enorme Herausforderungen stellt. Hierbei sind potenziell sowohl Ermittlung und Prognostik als auch die Praxis der Staatsanwaltschaften und Gerichte betroffen. Während Szenarien des *predictive policing* sogar schon Eingang in die Popkultur gefunden haben, stehen empirische Analysen zur tatsächlichen Anwendung der Automatisierung in der Schweizer Strafrechtspflege noch am Anfang. Aktuell scheint es aber so, als würden Algorithmen in den kantonalen Behörden noch sehr zurückhaltend eingesetzt werden (Simmler & Brunner 2021).

Ähnlich wie in der Strafjustiz stehen im Bildungswesen den Versprechungen und medial inszenierten Bedrohungsszenarien bezüglich des Einsatzes digitaler Technologien zum Teil nur geringe Kenntnisse zur tatsächlichen Praxis in der Schweiz gegenüber. Schulen und Berufsbildung galten bereits früh als zentrale Schaltstellen, um den digitalen Wandel zu gestalten. Computer und andere digitale Technologien sollten einerseits helfen, den Unterricht individualisierter, effizienter und effektiver zu gestalten (Dear 2017; Ferster 2014, S. 93–122). Andererseits schienen Schulen am besten dazu geeignet, den digitalen Wandel vorausschauend und nachhaltig zu gestalten – wenn auch häufig mit unbefriedigenden oder ambivalenten Ergebnissen (Cuban 2001; Ames 2019). Parallel dazu findet eine Entwicklung statt, welche die Schulen unmittelbar betrifft, an der diese aber nur mittelbar teilhaben: die Nutzung digitaler Tools durch Kinder und Jugendliche in ihren Familien und Peergroups (Genner 2017).

In der aktuellen Diskussion zu digitalen Anwendungen in schulischen Kontexten werden zwei Dimensionen häufig vermischt: die digitale Transformation von Schule und Klassenzimmer und die Vorbereitung auf eine digitale Gesellschaft. Für Erstere sind wiederum, in der Schweiz wie andernorts, unterschiedliche Problemzusammenhänge zu unterscheiden. Neben dem Einsatz einzelner Anwendungen im Unterricht selbst oder einer vollständigen Digitalisierung des Klassenzimmers werden in jüngerer Zeit vor allem Systeme im Bereich Learning Analytics und automatisierter Leistungsbewertung diskutiert. Für die Schweiz fehlt allerdings bisher ein umfassender Überblick, was tatsächlich bereits zum Einsatz kommt. Nicht vergessen gehen dürfen aber auch Anwendungen, welche die Praxis in den Schulen zwar betreffen, aber nicht im Klassenzimmer selbst zum Einsatz kommen, sondern in der Planung, Kommunikation und Koordination. Seit den ersten Schritten hin zu einer

digitalen Gesellschaft dienten Computer etwa der Erstellung von Stundenplänen und Einsatztafeln. In der Schweiz wird derzeit ein Algorithmus erprobt, mit dem sich die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Schulen gerechter organisieren lässt (Dlabac & Amrhein 2019; AlgorithmWatch 2021).

In den Religionsgemeinschaften sehen sich die Verantwortlichen einerseits einer Bevölkerung gegenüber, deren Alltag und Arbeitsleben zunehmend von digitalen Anwendungen bestimmt werden, was auch auf die Organisationen zurückwirkt (Peter et al. 2019). Zum anderen spielen digitale Instrumente in der religiösen Praxis eine wachsende Rolle. Das reicht von Social Media als Mittel zum Aufbau einer lebendigen religiösen Gemeinschaft (Sigg 2014) oder der Religionskritik (Richter 2021) über eine digitale Seelsorge bis hin zu grundlagentheoretischen Reflexionen zu Religiosität in einer digitalen Gesellschaft (Schlag 2018). An der Universität Zürich wird das Themenfeld der «Digital Religion(s)» in den nächsten Jahren in einem eigenen universitären Forschungsschwerpunkt umfassend bearbeitet.

In Kunst und Kultur kommen viele der zuvor diskutierten Entwicklungen zusammen. Arbeitsbedingungen, Wertschöpfungsketten und Produktionsbedingungen als auch die Ausdrucksformen selbst waren bereits früh einer digitalen Transformation unterworfen, die das kulturelle Feld tatsächlich neu zu konstituieren scheint (Betzler & Leuschen 2020). Zugleich sind Kunst und Kultur auch der Bereich, in dem digitale Technologien nicht nur als Ausdrucksmittel eingesetzt, sondern in denen die Folgen des digitalen Wandels und das Leben in einer digitalen Gesellschaft reflektiert werden können (so jüngst etwa Sanyal 2021).

Während die Schwierigkeiten der Synchronisierung von Abläufen innerhalb einzelner gesellschaftlicher Funktionssphären im Rahmen der Umstellung auf digitale Verfahren bereits immens sind, gilt dies für die Vernetzung zwischen diesen Sphären umso mehr. Die Rhetorik der Vernetzung, die mit der Durchsetzung des Internets als neuer Kulturtechnik sehr präsent wurde, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Komplexitätsreduktion durch die Anwendung digitaler Lösungen immer zugleich auch eine Steigerung von Komplexität bedeutet, da die Rekombinationsmöglichkeiten ständig erweitert werden. Das Problem der Synchronisierung innerhalb und zwischen einzelnen gesellschaftlichen Funktionssphären oder zwischen digitaler und analoger Welt wird Politik und Öffentlichkeit in der digitalen Gesellschaft (Knorr Cetina 2012; Karafillidis 2017; Häussling 2020) deshalb weiterhin stark beschäftigen.

3.3

Bürgerinnen und Bürger in einer digitalen Gesellschaft

Die Sensibilität für die spezifischen Herausforderungen der technologischen Transformation in den verschiedenen Funktionsbereichen sollte in einer digitalen Gesellschaft Teil der vertieften gesellschaftlichen Kompetenz sein. Wer für anspruchsvolle Aufgaben, für die aufmerksame und sachverständige Gestaltung gesellschaftlichen Wandels und für die Teilhabe am öffentlichen Diskurs gerüstet sein will, muss verstehen, dass die besonderen Herausforderungen in digitalen Gesellschaften nicht pauschal für alle Funktionsbereiche einer Gesellschaft benannt werden können.

Es ist jeweils zu überlegen, was genau das Problem ist, das mit einem digitalen Werkzeug gelöst werden soll, und welche Chancen und Folgeprobleme sich daraus ergeben. Wenn die digitale Transformation der Gesellschaft kein Selbstzweck sein, sondern das gesellschaftliche, individuelle und wirtschaftliche Leben langfristig verbessern soll, ist diese Kontextsensibilität zentral.

Vier unterschiedliche Ansätze in der Vorbereitung zukünftiger Bürgerinnen und Bürger auf besondere Herausforderungen in der digitalen Gesellschaft, die natürlich allesamt auch in Mischformen mit unterschiedlichen Gewichtungen vorkommen, lassen sich vor dem Hintergrund früherer Entwicklungen unterscheiden:

— In einer ersten Variante wäre dies die Konzentration auf den technologischen Kern des digitalen Wandels, also auf Informatik, Datenverarbeitung und Programmieren. In seiner radikalen, derzeit wieder dominanter werdenden Ausprägung stehen im Gymnasium dann fortgeschrittene Formen des *Computational thinking* im Zentrum. Der Bildungswert liegt hierbei dezidiert nicht in der historischen oder sozialwissenschaftlichen Kontextualisierung der Informatik und ihrer Anwendungen begründet, sondern im Denkmodus selbst.

— Zweitens findet sich eine Variante, die von den Verfechtern einer starken Informatik in den Schulhäusern mitunter als Schrumpfform der ersten Option kritisiert wird. Hier liegt der Fokus auf dem alltäglichen Umgang mit Anwendungen etwa im Office-Bereich und in der Websitegestaltung oder – noch basaler – dem Zehnfingersystem des Maschineschreibens. Besonders mit der Durchsetzung von Office-Anwendungen als neuem Standard in der Arbeitswelt und im Hochschulstudium schien es offensichtlich, dass ein souveräner Umgang mit diesen Angeboten zu den grundlegenden Fertigkeiten von Gymnasiastinnen und Gymnasiasten gehören muss.

— In einer dritten Variante stehen gerade nicht das *Computational thinking*, die Grundlagen der Informatik oder einzelne Anwendungen im Zentrum. Vielmehr werden diese in ihren historischen und gesellschaftlichen Kontexten zum Gegenstand von Bildungsbemühungen. Meist werden dabei Verstehen und Kritikkompetenz betont. Die Technologien werden als zentrales Moment gesellschaftlicher Entwicklungen verstanden und in ihren politischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und individuellen Konsequenzen kritisch hinterfragt.

— Eine vierte Variante geht davon aus, dass digitale Technologien die Routinen und Praktiken in vielen Gesellschaftsbereichen und wissenschaftlichen Disziplinen bereits so sehr verändert haben, dass ihre Grundlagen nur transdisziplinär unterrichtet werden können. Der Fokus liegt also gerade nicht auf einem einzelnen Fach, sondern auf einer Durchdringung möglichst vieler Schulfächer, in denen dann jeweils Aspekte des digitalen Wandels angewendet, thematisiert oder problematisiert werden sollen.

4 Die Qualifizierung zukünftiger Studentinnen und Studenten

Die Gymnasien in der Schweiz haben zwei Ziele: einerseits die vertiefte Gesellschaftsreife und andererseits die Allgemeine Studierfähigkeit (Eberle 2019). Die digitale Transformation der Gesellschaft hat nicht nur Auswirkungen auf das erste Ziel, sondern auch auf die Frage, wie Studierende angemessen auf das universitäre Studium vorbereitet werden können. In der empirischen Forschung werden über alle Disziplinen und Fakultäten hinweg immer mehr digitale Anwendungen eingesetzt, was sich zumindest längerfristig auch in den Studiengängen widerspiegelt. Doch während einige Studienfächer schon früh weitestgehend transformiert wurden, verändern neue Forschungswerkzeuge in anderen Fächern erst jetzt allmählich die universitäre Ausbildung. Dies ist ein fortlaufender Prozess.

4.1 Die fortlaufende Transformation von Forschung und universitärer Ausbildung

Bereits 2001 behauptete die New York Times in einem Artikel, dass mit dem fortgeschrittenen Einsatz von Computern in der Forschung mittlerweile alle Wissenschaft eigentlich Computer Science sei (New York Times vom 25. März 2001). Der Aufbau von «Computational Departments» an den universitären naturwissenschaftlichen Fakultäten seit den 1970er-Jahren ist Ausdruck einer institutionellen Verfestigung der computerisierten Forschung. Die computergestützte Simulation ergänzt in den Naturwissenschaften «Theorie, Experiment, Beobachtung und Messung» zunehmend «als neues Erkenntnisinstrument» (Gramelsberger 2010, S. 95).

Renate Mayntz bettet die Computerisierung der empirischen Wissenschaften in die längere Geschichte von Forschungstechnologien ein. Sie streicht hervor, dass die Computerisierung der empirischen Forschung vor allem für die Datenverarbeitung ganz neue Möglichkeiten eröffnete. Dies galt sowohl in den Natur- als auch in den Sozialwissenschaften, wo das neue Instrumentarium des elektronischen Computers entsprechend früh eingesetzt wurde. Neben der statistischen Auswertung von Datensätzen erlaubten die neuen Technologien aber auch gewaltige Fortschritte in der Modellierung, Simulation und Visualisierung (Mayntz 2011). Die «Transformation von der empirischen zur konstruktiven Forschung» ist aber in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen «unterschiedlich weit fortgeschritten» (Gramelsberger 2012, S. 105).

Der forcierte Computereinsatz transformierte bald nicht nur die Forschung, sondern auch Teile der universitären Ausbildung. An den Hochschulen waren etwa die technischen Studiengänge vom digitalen Wandel betroffen. In den USA wurden seit Mitte der 1980er-Jahre wiederholt Erhebungen durchgeführt, um herauszufinden, inwiefern im Ingenieurwesen der Bedarf der Industrie durch die Ausbildung an den Hochschulen auch unter den Bedingungen der fortschreitenden Computerisierung gestillt wurde. Hierbei wurden in den ersten Erhebungen gerade auch die Rückmeldungen derjenigen Personen gewürdigt, die sich nicht hinreichend auf die Herausforderungen vorbereitet sahen, die ihnen in der Praxis begegneten (Khashe et al. 2016).

Die Ergebnisse aus den verschiedenen amerikanischen Surveys zu den Computer Skills im Ingenieurwesen zeigen auf, wie sich der Fokus hier Schritt für Schritt von der Vermittlung generalistischer Kompetenzen zu immer anspruchsvolleren curricularen Konzepten entwickelte. Die Studien zeigen auch, wie sich in der universitären Ausbildung der Einsatz bestimmter Softwareangebote nach und nach normalisierte (Khashe et al. 2016).

In der Schweiz führten die in den technischen Berufen diagnostizierten Mängel im Bereich der Computertechnologie seit den späten 1980er-Jahren zu verschiedenen sogenannten Impulsprogrammen, die auch der Nachqualifikation der in der Industrie tätigen Ingenieurinnen und Ingenieure dienen sollten. So wurde 1979 aus temporären Bundesmitteln eine «Software Schule Schweiz» (Mey 1982) gegründet, um den Umweg einer Studiengangs- oder Berufsbildungsreform möglichst zu vermeiden und schnell für eine Möglichkeit zur Nachqualifizierung in den technischen Berufen zu sorgen.

Am Beispiel der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) lässt sich zeigen, wie selbst für diese Bildungsanstalt der schnelle technologische Wandel eine grosse Herausforderung darstellte – nicht nur für computergestützte Forschung, sondern auch für den Rechnereinsatz in der universitären Ausbildung. In den 1980er-Jahren erforderten die Fortschritte im Bereich der Mikrocomputer eine stetige Anstrengung, um nicht plötzlich einen längst überholten Technikpark vorrätig zu halten. Es war also zunächst nicht nur die Begeisterung über die gesteigerte Rechnerleistung, sondern auch die Sorge um eine gewisse Konzeptlosigkeit, welche die Computerspezialisten an der ETHZ umtrieben (Gugerli et al. 2005, S. 348–351).

Das zentrale Signum dieser Epoche der Computerisierung der Hochschule war die Vernetzung und Dezentralisierung sowie die parallele Installation von Rechnern am Arbeitsplatz, Letztere vor allem für Lehre und Verwaltung. Die im Vergleich späte Einführung von universitären Informatikstudiengängen musste an der ETH gegen und in Abgrenzung von anderen technischen Disziplinen erst durchgesetzt werden (Gugerli et al. 2005, S. 352–357; Zehnder 2013). Die Kapazitäten in diesem Bereich wurden dann in drei Schüben erweitert. Die Geschlechterverhältnisse in der Ausbildung in dieser relativ jungen Disziplin wiesen dabei durchgehend ein grosses Ungleichgewicht auf.

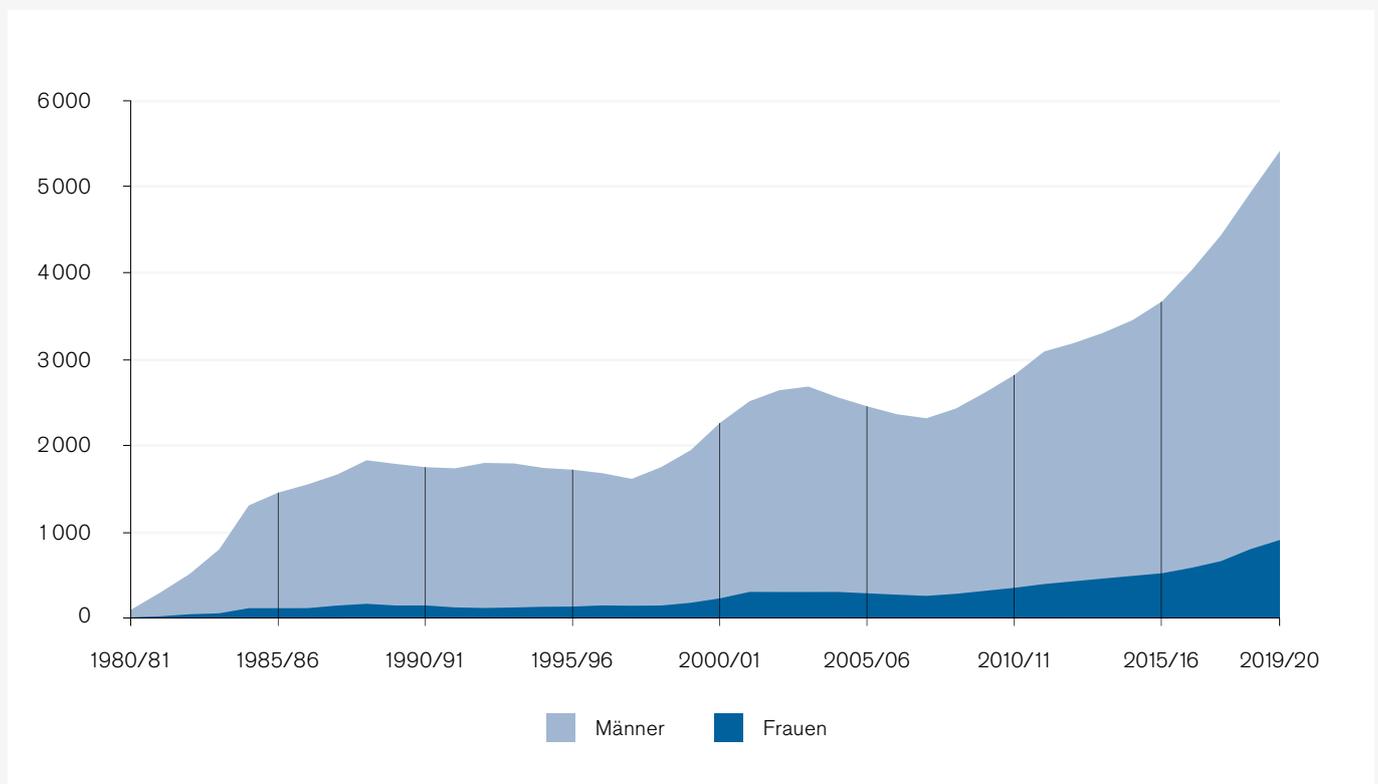


Abb. 3. Studierende der Informatik an den universitären Hochschulen der Schweiz nach Jahr und Geschlecht. (Quelle: BFS [2020]. Erhebung: Studierende und Abschlüsse der Hochschulen [SHIS-studex]. Zusammenstellung der Daten zu «Studierenden an den universitären Hochschulen nach Jahr, Fachrichtung, Geschlecht und Hochschule» über die Online-Datenbank STAT-TAB)

Aber auch ausserhalb der technischen und Naturwissenschaften veränderte sich die Ausbildung in allen wissenschaftlichen Disziplinen, in denen quantitative Methoden eine grosse Rolle spielen, besonders durch den Einsatz von Software zur Analyse der erhobenen Daten. In den Sozialwissenschaften und der Psychologie erkannte man schnell, dass sich die an den Universitäten vorhandenen Rechner nicht nur für naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen nutzen liessen, sondern nun auch in anderen Disziplinen mehr Variablen und grössere Datensätze zeitsparend untersucht werden konnten. Fortan spielten hierbei der Computer und eine – zumindest unter damaligen Gesichtspunkten – nutzerfreundliche Bedienung eine zentrale Rolle.

Softwarepakete wie SPSS (ursprünglich Akronym für Statistical Package for the Social Sciences) erweiterten die Möglichkeiten der quantitativen Forschung immens (Miller et al. 2002, S. 1 f.). Bevor Statistiksoftware wie SPSS zur Verfügung stand, mussten Forscherinnen und Forscher sowie ambitionierte Studierende der Sozialwissenschaften noch in der Sprache «Fortran» eigene Programme für die Datenauswertung schreiben. Mit dem Mikrocomputer und der weiten Verbreitung von SPSS änderte sich dann nicht nur die Forschungspraxis, sondern auch die Ausbildung in den quantitativen Methoden an den Universitäten. Der Wandel wurde einerseits dadurch eingeleitet, dass nun Hard- und Software verhältnismässig schnell und unkompliziert zugänglich waren. Andererseits standen nun aber auch zahlreiche Manuale und Einführungen zur Verfügung, welche die Arbeit mit den neuen Programmen erleichterten. Bemerkenswert ist, dass sich damit auch der Zugang zu den Grundlagen der Statistik veränderte, wie das Beispiel Grossbritannien zeigt. Anstelle der diskursiven Einführung in die konzeptuellen Grundlagen quantitativer Verfahren stand fortan die individualisierte pragmatische Nutzung der Tools im Zentrum (Uprichard et al. 2008).

In der qualitativen Forschung wurde nun ebenfalls eigene Software entwickelt, die bald auch in der universitären Ausbildung eingesetzt wurde. Die heute im deutschsprachigen Raum weit verbreitete Software MAXQDA wurde in den 1980er-Jahren unter dem Namen MAX entwickelt und dann 1989 in einer DOS-Version erstmals veröffentlicht. Der Name des Softwareprogramms bezog sich dabei auf den Soziologen Max Weber. Drei Jahre später wurde ein Lehrbuch publiziert, das Studierenden und Forschenden den Einstieg in MAXQDA erleichtern sollte (Rädiker & Kuckartz 2019, S. V). Parallel dazu entstand in Berlin mit dem Programm ATLAS/ti eine Software zur computergestützten qualitativen Auswertung von Texten, wie sie in den frühen 1990er-Jahren mehrfach entwickelt und veröffentlicht wurden (Muhr 1994).

Die Geisteswissenschaften brauchten am längsten, um die neuen digitalen Forschungswerkzeuge in Forschung und universitärer Ausbildung zu integrieren. Früh waren hier aber diejenigen Forscherinnen und Forscher an einer Erweiterung ihres Instrumentariums interessiert, bei denen statistische Ansätze eine grössere Rolle spielen, insbesondere in der Linguistik. Die Ursprünge der Computerlinguistik liegen in der Zeit, als der elektronische Computer erfunden wurde. Bereits am Anfang der 1950er-Jahre gab es eine erste maschinelle Lösung zur Spracherkennung. Der Wandel der theoretischen Paradigmen, die Verfügbarkeit grosser Datensätze und die Entwicklungen in der Computertechnologie waren in den folgenden Jahrzehnten eng miteinander verflochten (Jurafsky & Martin 2009, S. 9–14).

Mit den grossen Fortschritten in der statistischen Textanalyse, den digitalen Editionen und den stetig wachsenden, öffentlich zugänglichen grossen digitalen Textkorpora sehen sich die Geistes- und Kulturwissenschaften nun aber herausgefordert, sich mit ihren klassischen Fragestellungen gegenüber den neuen methodischen Möglichkeiten zu positionieren. Verhandelt wird diese Neujustierung in der Regel unter dem Begriff der «Digital Humanities». In einigen akademischen Disziplinen ist die Frage nach dem Umgang mit digitalen Werkzeugen in der universitären Ausbildung jedoch bisher unbeantwortet geblieben, kontrovers diskutiert oder gar entschieden zurückgewiesen worden. Die genaue Bestimmung der Digital Humanities selbst ist umstritten (Alexandrakis & Walther 2021) und reicht von der Erstellung digitaler Editionen bis hin zum Einsatz computerbasierter Verfahren der statistischen Inhaltsanalyse grosser Textkorpora. Hierbei ist die grundsätzliche Definierbarkeit der Digital Humanities sogar selbst zu einer Streitfrage geworden (Piotrowski 2020).

Ein in der wissenschaftsgeschichtlichen Forschung vielfach belegter, aber in der öffentlichen Debatte wenig zur Kenntnis genommener Effekt der Computerisierung in der Forschung ist die Veränderung der Forschungsgegenstände selbst. Während der Einsatz von Hard- und Software es zunächst schlicht erleichtert hat, grosse Datenmengen zu analysieren und mehr Faktoren in die Berechnung einzubeziehen, sind die Konzepte der Informatik und Informationswissenschaften mitunter selbst in die anderen Wissenschaftsbereiche eingewandert. Das *computational mindset* findet sich mittlerweile in zahlreichen Disziplinen (Ensmenger 2012, S. 755–756).

4.2

Allgemeine Studierfähigkeit in Zeiten des digitalen Wandels

Das Ziel der Allgemeinen Studierfähigkeit verlangt in einer digitalen Gesellschaft danach, den neuen Entwicklungen in Wissenschaft und Forschung durch eine Reform der gymnasialen Maturität Rechnung zu tragen. Die Schwierigkeit besteht nun aber darin, dass spezifische Veränderungen in den einzelnen curricularen Feldern nicht auf ein einzelnes Schulfach wie Informatik ausgelagert werden können. Die Ansätze im Bereich der statistischen Textanalyse und der Computerlinguistik etwa müssten im Deutsch-, Englisch-, Latein- oder Französischunterricht aufgegriffen werden, sofern dies von der jeweiligen Fachdisziplin als notwendige Vorbereitung auf ein Studium der Sprachen gesehen wird. Seitens der Computerlinguistik wird durchaus bereits argumentiert, dass dies machbar und auch notwendig wäre (Bünzli & Schneider 2021).

Die Qualifizierung im Bereich der Informatik ist heute unbestritten ein wichtiger Bestandteil des gymnasialen Unterrichts. Die digitale Gesellschaft erfordert eine vertiefte Kenntnis der technischen Grundlagen digitaler Anwendungen und Möglichkeiten. In diesem Sinne hat die Informatik an den Gymnasien der Schweiz, mit Schritten vor und zurück, mittlerweile deutlich mehr Gewicht erhalten. Damit trägt die Bildungspolitik den Entwicklungen der letzten Jahrzehnte nun endlich Rechnung. Die Vorbereitung im Bereich der Informatik wurde zu einem verbindlichen Teil der gymnasialen Maturität gemacht.

Aber die methodischen oder inhaltlichen Grundlagen des universitären Studiums ändern sich derzeit selbst in Studiengängen, die bis anhin kaum vom digitalen Wandel betroffen waren. Wenn das Schweizer Gymnasium weiterhin fächerübergreifend die Allgemeine Studierfähigkeit vermitteln soll, muss es dies berücksichtigen. Eine Herausforderung besteht aber darin, dass die bereits etablierten hochschulvorbereitenden Inhalte zugleich nicht einfach weniger wichtig werden. Die universitäre Ausbildung und Forschung bauen zu grossen Teilen auf Erkenntnissen aus dem vordigitalen Zeitalter auf. Die bisherigen propädeutischen Lehrplaninhalte können in diesem Fall nicht einfach durch neue Inhalte ersetzt werden. Doch es bleibt zu hinterfragen, wo dies tatsächlich der Fall ist und wo die Ausbildung an den Gymnasien (und zum Teil wohl auch den Universitäten) den Entwicklungen hinterherhinkt.

Die entsprechenden Vorstösse müssen hier aber aus den wissenschaftlichen Fachdisziplinen und den Fachdidaktiken selbst kommen. Dabei ist jeweils grundsätzlich zu überlegen, wie sich das jeweilige gymnasiale Schulfach verändern müsste, um eine Allgemeine Studierfähigkeit auch in der digitalen Gesellschaft zu gewährleisten. Für die Reform des Curriculums ist es dabei notwendig zu bestimmen, wo die Kompetenzen vermittelt werden könnten, die später für einzelne Fächer oder Fächergruppen an der Hochschule relevant werden. Dies ist im Rahmen konkreter Diskussionen zu einzelnen Schulfächern zu entscheiden. In der Informatik lassen sich zwar diejenigen Inhalte und Kompetenzen vermitteln, die auch in den anderen Fächern Verwendung finden können. Das Fach Informatik wird die Allgemeine Studierfähigkeit in einer digitalen Gesellschaft aber nicht alleine sicherstellen können.

5 Fehler, die es zu vermeiden gilt

Die digitale Gesellschaft hat bereits eine Geschichte, die weit ins 20. Jahrhundert zurückreicht. Sie ist also nicht nur eine auf die Zukunft projizierte Verlängerung einzelner aktueller Entwicklungen, sondern sie bestimmt die Gegenwart. In nahezu allen Bereichen des sozialen und individuellen Lebens sind Probleme (und Problemlösungen) mittlerweile digital konstituiert – oder zumindest durch digitale Anwendungen mitbestimmt. Eine zeitgemässe gymnasiale Maturität muss den Besonderheiten digitaler Gesellschaften deshalb Rechnung tragen. Zugleich sind andere Herausforderungen durch die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft nicht kleiner geworden. Selbstverständlich lassen sich die grossen Herausforderungen der Gegenwart nicht allein im digitalen Wandel verorten. Doch auch andere gesellschaftliche Problemlagen haben heute zu meist eine digitale Dimension.

Wenn die historische Forschung zu Bildungsreformen eines gezeigt hat, dann ist es dies: Schulen und Unterrichtspraktiken lassen sich nicht allein durch Appelle von aussen verändern. Selbst Curriculumsreformen haben hier nur einen begrenzten Einfluss (Tyack & Tobin 1994; Tyack & Cuban 1995). Das gilt auch für dramatische gesellschaftliche Veränderungen wie die digitale Transformation ganzer Gesellschaften.

Wenn die Änderungen nicht durch die Lehrpersonen mitgetragen und nicht in der engeren Fachentwicklung gezielt vorangetrieben werden, bleiben die Anpassungen oberflächlich – oder verschwinden trotz erheblichem Aufwand wieder. Die Neuerungen müssen deshalb bei den Fachlehrpersonen ansetzen und auf ihre Expertise und Wahrnehmung bauen, um nachhaltig Effekte zu zeitigen – gerade auch dann, wenn es um den technologischen Wandel geht. Wenn es zu einer umfassenden und nachhaltigen Reform der gymnasialen Maturität im Zeichen der digitalen Gesellschaft kommen soll, müssen die Veränderungen einerseits in der Lehrerbildung, andererseits aber auch aus den wissenschaftlichen Communities und ihren Fachdidaktiken selbst heraus angestossen werden.

Das Gymnasium hat in der Schweiz derzeit zwei Aufgaben: zum einen die Allgemeine Studierfähigkeit sicherzustellen, zum anderen die Absolventinnen und Absolventen zu befähigen, «anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft» (MAR 1995, Art. 5) wahrzunehmen. Solange diese Aufgabenstellung nicht verworfen oder revidiert wird, hat sich auch eine Reform der gymnasialen Bildung in der digitalen Gesellschaft daran zu orientieren.

Die umfassende digitale Transformation des individuellen und gesellschaftlichen Lebens lässt keine Facette der gymnasialen Bildung in der Schweiz unangetastet. Das bedeutet aber auch, dass es keine globalen Antworten auf die digitalen Herausforderungen geben kann. Vielmehr müssen sie für jedes einzelne Schulfach und für die vertiefte Gesellschaftsreife in verschiedenen Funktionsbereichen jeweils neu ausgehandelt werden.

Obwohl der digitale Wandel sich schon seit mehreren Jahrzehnten vollzieht, hat er in einigen wissenschaftlichen Disziplinen die Inhalte der universitären Ausbildung im Kern noch kaum berührt. Und was die richtigen Antworten auf die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft sind, wird immer noch – oder mitunter auch erst jetzt – heftig debattiert.

Die Schwierigkeiten, den neuen Herausforderungen in politischer, psychologischer oder rechtlicher Hinsicht zu begegnen, zeigen, dass auch eine Reform der gymnasialen Maturität, welche die Wirklichkeit einer digitalen Gesellschaft angemessen berücksichtigt, nicht als abschliessend betrachtet werden kann. Zwar können die Konturen der digitalen Gesellschaft mittlerweile klarer bezeichnet werden – nicht zuletzt dank einer intensiven historischen Forschung. Es stellen sich mit jeder digitalen Innovation aber neue Fragen, ohne dass die bisherigen bereits hinreichend beantwortet worden sein müssen.

In der Geschichte des Schweizer Gymnasiums lassen sich, das wurde oben gezeigt, bisher vier verschiedene Antworten auf die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft finden – wenn auch meist nebeneinander oder in Mischvarianten.

- Zunächst ist da, erstens, der Versuch, durch ein Unterrichtsfach – oder zumindest eine klar umgrenzte Lerneinheit – im Bereich der Informatik diejenigen technischen Verfahren und Denkweisen im gymnasialen Curriculum zu behandeln, auf denen eine digitale Gesellschaft aufbaut. Gleich zu Beginn der Einführung von Computern in den allgemeinbildenden Teil der Sekundarstufe II war dieser Ansatz, der im Kern Programmieren und Computerkunde umfasste, die naheliegende Antwort auf den offenkundigen Bedarf einer «informations- und kommunikationstechnologischen Bildung».
- Diese Konzentration auf die Kerntechnologien und -prozesse einer digitalen Gesellschaft ist, zweitens, dann im Zuge der Durchsetzung von Office-Software und anderen vergleichsweise leicht zu bedienenden Anwendungen ins Hintertreffen geraten.
- Drittens lässt sich in der Geschichte der gymnasialen Maturität in der Schweiz ein weiterer Ansatz ausmachen, wonach Kontexte und gesellschaftliche Folgen des digitalen Wandels im Zentrum stehen sollen.
- Viertens setzte sich für eine gewisse Zeit – in Ablösung oder Ergänzung der informatikorientierten Kompetenzvermittlung – ein transdisziplinärer Ansatz durch, bei dem man davon ausging, dass die digitale Transformation mittlerweile so weit fortgeschritten war, dass man sie eigentlich in allen Fächern unterrichten müsste. Mit der jüngsten Aufwertung der Informatik zu einem obligatorischen Fach scheint dieser Ansatz aber vorerst diskreditiert zu sein.

Auch der vorliegende Bericht geht davon aus, dass die Stärkung der Informatik und deren Aufwertung zu einem obligatorischen Fach unumgänglich war. Angesichts der gegenwärtigen Anstrengungen in der Schweiz, die Grundlagen bereits auf der Primarstufe und der Sekundarstufe I zu vermitteln und die Informatikdidaktik an den Pädagogischen Hochschulen entsprechend auszubauen, ist es nur folgerichtig, an diese Vorarbeiten auch im allgemeinbildenden Teil der Sekundarstufe II anzuschliessen.

Es lässt sich aber aus einer historisch informierten Perspektive gut aufzeigen, dass sich hier nicht einfach nach Belieben zusätzliche Inhalte integrieren lassen. Wenn die Behandlung der politischen und sozialen Herausforderungen, die aus dem digitalen Wandel hervorgehen, nicht zulasten des engen Informatikunterrichts gehen, aber auch nicht einfach nur am Rande thematisiert werden sollen, müssen sie andernorts ein integrierter Teil des fachlichen Curriculums sein – oder es werden.

Für die einzelnen Unterrichtsfächer ist jeweils zu unterscheiden, ob digitale Phänomene Gegenstand des Unterrichts sein sollen oder ob bestimmte Themen im Unterricht mit digitalen Anwendungen bearbeitet werden sollen. Beides ist möglich und in vielen Fällen auch sinnvoll, muss aber didaktisch unterschiedlich begründet werden.

In dem vorliegenden Bericht wurde argumentiert, dass kaum eine Facette von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft von der digitalen Transformation unberührt geblieben ist und dass sich daraus gerade für die Zukunft der politischen Ordnung zahlreiche Fragen ergeben, die bisher nicht annähernd beantwortet sind. Für eine solche Problematisierung bietet sich etwa der Geschichtsunterricht an, in dem die gesellschaftlichen Folgen des technologischen Wandels bereits jetzt eine wichtige Rolle spielen. Die gegenwärtigen Entwicklungen können im Fach «Wirtschaft und Recht» aufgegriffen werden. Aber auch in den Sprachen, im bildnerischen Gestalten und in der Musik lassen sich etwa die ästhetischen Ausdrucksformen einer digitalen Gesellschaft gut thematisieren.

Eine stärkere Betonung der technologischen Dimension in der Geschichte und Gegenwart von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bedeutet keinen Bruch mit den derzeitigen Fachcurricula. Um dem Anspruch einer vertieften Gesellschaftsreife aber gerecht zu werden, müssen diese noch viel akzentuierter Eingang in den gymnasialen Unterricht ausserhalb der Informatik finden.

Anspruchsvolle gesellschaftliche Aufgaben sind mittlerweile in einer Weise digital strukturiert, die Konsequenzen für die gymnasiale Bildung hat. Dem ist bei der Reform der Fachcurricula für die Gymnasien Rechnung zu tragen. Das Unterrichtsfach Informatik wird überladen, wenn es gleichzeitig und ähnlich umfassend sowohl die technischen Grundlagen einer digitalen Gesellschaft als auch ihre sozialen, rechtlichen, kulturellen, ökonomischen und individuellen Voraussetzungen und Folgen behandeln müsste.

Deutlich schwieriger zu beantworten ist die Frage, wie sich die digitale Transformation der universitären Forschung und Ausbildung in den gymnasialen Fächern wiederfinden soll. Dort wo sich die digitale Transformation der Forschung nicht umfassend in der universitären Lehre widerspiegelt, wird sie auch nicht in den Unterricht an den Maturitätsschulen Eingang finden. Und diese Umgestaltung ist in einzelnen Studiengängen erst am Anfang und auch nicht unumstritten.

Eine Möglichkeit, die Lösung dieses Problems nicht auf die lange Bank zu schieben, besteht darin, die Gymnasien wieder stärker – wie in den Anfangsjahren der digitalen Transformation der Gesellschaft – als Experimentierstätten zu begreifen. Während nicht jede Fachlehrperson gewillt sein dürfte, den eigenen Unterricht vor allem unter digitalen Gesichtspunkten zu betrachten, würden es Kooperationen etwa mit den Informatiklehrpersonen oder mit universitären Expertinnen und Experten erlauben, die Unterrichtsgegenstände mit neuen Methoden zu erschliessen. So liessen sich Methoden der Computerlinguistik auch im Deutschunterricht oder im Fach «Wirtschaft und Recht» erproben. Noch mehr Raum bieten die Freifächer an den Schweizer Gymnasien oder die Maturaarbeit, um sich mit Computersimulationen oder dem Data- und Textmining zu befassen.

Auch eine solche verstärkte experimentelle Zusammenarbeit zwischen den jeweiligen Fachlehrpersonen, den Schülerinnen und Schülern und den Forschenden müsste sich aber an einem Kernprogramm einer Reform der gymnasialen Maturität in einer digitalen Gesellschaft orientieren. Wenn die Forderungen nach einer Allgemeinen Studierfähigkeit und einer vertieften Gesellschaftsreife nicht aufgegeben werden sollen, müssen die aktuellen Reformen der Schweizer Maturitätsschulen der fortlaufenden digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft offensiv begegnen.

Angesichts der in diesem Bericht dargelegten Entwicklungen ergeben sich folgende Kompetenzanforderungen an zukünftige Absolventinnen und Absolventen eines Schweizer Gymnasiums:

- Erstens ist sicherzustellen, dass die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten umfassend mit den fachlichen Grundlagen der Informatik vertraut gemacht werden.
- Absolventinnen und Absolventen einer Schweizer Maturitätsschule müssen, zweitens, in der Lage sein, die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft in ihren historischen Bedingungen und ihren aktuellen Auswirkungen zu verstehen. Ihnen muss vermittelt werden, wie sich der verstärkte Einsatz digitaler Werkzeuge in den verschiedenen Funktionsbereichen moderner Gesellschaften auswirkt und wie sich dadurch die soziale Ordnung verändert.

— Drittens müssen sie lernen, wie der Inhalt eines bestimmten Schulfachs mit elaborierten digitalen Werkzeugen zugänglich gemacht werden kann und wie sich dieser Gegenstand dadurch anders darstellt. Immer wird jedoch abzuwägen sein, welche Grundlagen einer bestimmten Universitätsdisziplin sich trotz der forcierten digitalen Transformation nicht verändert haben und deshalb weiterhin Kernbestand des gymnasialen Fachunterrichts bleiben sollen, und welche Elemente angesichts des technologischen Wandels ganz neu betrachtet werden müssen.

Was bedeutet dies nun für die Arbeitsteilung von Informatik und einem transversalen Bereich der Digitalität (EDK 2020)? Die Informatik kann – auch als gestärktes obligatorisches Fach – nicht der einzige Ort sein, an dem die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten auf die spezifischen Herausforderungen in einer digitalen Gesellschaft vorbereitet werden. Die Informatik wird aber dasjenige Fach sein, in dem die Studierenden an die technischen Kenntnisse und Fertigkeiten herangeführt werden, die sie sowohl für ein Verständnis des operativen Kerns einer digitalen Gesellschaft als auch für das Studium zahlreicher universitärer Fächer in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften benötigen werden.

Die aktuelle Reform der gymnasialen Maturität fordert nun aber insbesondere alle anderen Fächer heraus, in der Curriculumsentwicklung ebenfalls angemessen auf den digitalen Wandel zu reagieren. Die Antworten werden sich unterscheiden, je nachdem, ob sie sich stärker auf den normativen Anspruch der «vertieften Gesellschaftsreife» oder das Ziel einer «Allgemeinen Studierfähigkeit» beziehen.

In der Fachdebatte finden sich dazu derzeit zwei Zugänge, die nur wenig Überschneidungsfläche zu haben scheinen. Entweder soll der Unterricht an den Schulen so reorganisiert werden, dass er das einer digitalen Gesellschaft entsprechende *Computational thinking* nicht nur im Informatikunterricht, sondern auch in anderen Schulfächern fördert. Oder aber die Reform des Unterrichts soll von einer umfassenderen «Kultur der Digitalität» ausgehen, die nicht nur die Inhalte, sondern auch die Sozialformen des Unterrichtens und den Medieneinsatz umfasst.

Sowohl das Konzept des *Computational thinking* als auch das einer «Kultur der Digitalität» benennen wichtige Aspekte, um daraus Prinzipien für eine Reform des transversalen Bereichs der gymnasialen Maturität in einer digitalen Gesellschaft herzuleiten. Die seit nunmehr anderthalb Jahrzehnten unter dem Rubrum *Computational thinking* verhandelten didaktischen Konzepte reichen von eng auf die Informatik bezogenen Kompetenzmodellen über allgemeinere Formen lösungsorientierten Denkens bis hin zu Ansätzen, die soziale Kooperation und Kreativität betonen (Bocconi et al. 2016). *Computational thinking* meint nicht – oder zumindest nicht nur – Programmierkenntnisse (Wing 2006, S. 35).

Auch die weiter gefassten Ansätze zur Förderung des *Computational thinking* bleiben aber auf das bezogen, was Informatikerinnen und Informatiker jeweils tun, wenn sie ein Problem lösen wollen. Zwar sind Kreativität und Teamarbeit Teil dieser Praxis. Der Kern des Ansatzes bleibt aber das problemlösungsorientierte «Denken in Algorithmen», also die Entwicklung von abstrakt formulierten Lösungen, die sich auf eine ganze Klasse an Fällen anwenden lassen (Curzon & McOwan 2018, S. 1–6). Das kreative Moment liegt hier gerade in der Schaffung «logischer Artefakte» (Kong et al. 2019). Der weiterhin enge Bezug auf die Praxis der Informatik dürfte es unwahrscheinlich machen, dass das Konzept in allen gymnasialen Fächern als Anker für den transversalen Bereich dienen kann. Und für das Ziel der «vertieften Gesellschaftsreife» ist es auch fraglich, ob sich die dazu notwendigen Kompetenzen tatsächlich in dem erschöpfen, was derzeit als *Computational thinking* diskutiert wird. Nicht aller gymnasialer Unterricht ist Problemlösen.

Die gerade in medienpädagogischen Kontexten derzeit stark rezipierten «Formen der Digitalität», also «Referentialität, Gemeinschaftlichkeit und Algorithmizität», die laut Stalder (2016) seit der Jahrtausendwende eine abgrenzbare «neue, spezifische kulturelle Umwelt» hervorgebracht hätten, laden in ihrer Abstraktheit hingegen dazu ein, sie mit einer ganzen Reihe von Reformanliegen zu verknüpfen, die nicht zwingend alle mit der digitalen Transformation der Gesellschaft zusammenhängen. Dies gilt ähnlich für das bereits ältere Konzept der «digitalen Kompetenz» oder «Digital Literacy», das sowohl zur Begründung rein arbeitsmarktorientierter Ansätze als auch einer umfassenden Gesellschaftskritik herangezogen werden kann (Pangrazio et al. 2020).

Die aus dem technologischen Wandel herrührenden Anforderungen an die gymnasiale Bildung haben sich seit den ersten Experimenten mit der digitalen Bildung in den Mittelschulen wiederholt verändert. Und es sieht derzeit nicht danach aus, als wäre die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft bereits an ein Ende gelangt. Ein Vorgehen im Sinne des *Computational thinking*, die Nutzung digitaler Medien, neue Formen der Zusammenarbeit im Unterricht oder eine kritische Kontextualisierung können hilfreiche methodische Umsetzungen eines solchen Programms sein. Sie geben aber keine allgemeinen Prinzipien für den transversalen Bereich der Digitalität vor.

Ich schlage stattdessen vor, von dem oben skizzierten Verständnis einer sich weiterhin wandelnden «digitalen Gesellschaft» auszugehen. Von hier aus liesse sich der transversale Bereich der gymnasialen Bildung so definieren, dass er möglichst bis zur nächsten Reform der gymnasialen Maturität Bestand hat:

Der transversale Bereich an den Gymnasien sollte deshalb Maturandinnen und Maturanden darin unterrichten,

1. wie sich das Verhältnis von «digital» und «analog» bei den behandelten Gegenständen genau gestaltet,
2. welche Bedeutung den spezifischen Kontexten für Formen und Folgen der digitalen Transformation einzelner Phänomene zukommt
3. und wie zwischen den Versprechungen und tatsächlichen Realisierungen digitaler Vorhaben unterschieden werden kann.

Wie in der gymnasialen Bildung auf den technologischen Wandel reagiert worden ist, hing in den letzten Jahrzehnten davon ab, welche Probleme der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft gerade im Zentrum des öffentlichen Interesses standen. Die Entwicklungen im Bildungswesen sind nicht unabhängig von diesen geteilten Problemwahrnehmungen zu denken. Dabei ist bemerkenswert, wie ein bestimmter Stand der historischen Selbstvergewisserung durch spezifische technologische Innovationen auch wieder verloren gehen konnte.

Die Ausrichtung der Bildungspolitik wird aber auch durch das Engagement von «Interessensgruppen» (Kliebard 2004; Moe 2016) bestimmt – etwa den Fachcommunities und externen Stakeholdern. Welcher Ansatz der schulischen Vorbereitung auf besondere Herausforderungen in der digitalen Gesellschaft gerade favorisiert wird, hängt also nicht allein von objektiv gegebenen Notwendigkeiten und wissenschaftlichen Erkenntnissen ab, sondern auch von Diskurslagen und der Durchsetzungsstärke einzelner Verbände, Behörden und anderer Organisationen. Das gilt es bei jeder curricularen Reform zu berücksichtigen.

Ich bedanke mich beim Schweizerischen Wissenschaftsrat für die Gelegenheit, zu diesem wichtigen Thema Stellung zu nehmen. Insbesondere möchte ich mich bei Franz Eberle und der Geschäftsstelle SWR bedanken, die mich in den organisatorischen und inhaltlichen Fragen freundlich beraten, mir aber auch stets signalisiert haben, dass sie vor allem an einem Blick von aussen interessiert seien.

Ich hätte diesen Bericht in der kurzen Zeit, die mir zur Verfügung stand, nicht ohne Carmen Flury fertigstellen können, die mich bei der Recherche, Systematisierung und Textkorrektur unterstützt hat, vor allem aber eine kompetente Gesprächspartnerin war, wenn es darum ging, die historischen Zusammenhänge einzuordnen. Ich durfte im Februar 2021 den Mitgliedern des Wissenschaftsrates einen ersten Entwurf des Berichts vorstellen und möchte mich nochmals für die herzliche Atmosphäre und die vielen Rückmeldungen bedanken, die zu einem grossen Teil in den Bericht eingegangen sind.

Dieses Gutachten entstand inmitten einer Pandemie, die mir und vielen anderen die zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen in einer digitalen Gesellschaft nochmals sehr plastisch vor Augen geführt hat. Ein guter Zeitpunkt, um über eine angemessene Reform der gymnasialen Maturität in der Schweiz nachzudenken.

- Abbate, J. (1999). *Inventing the Internet*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Abbate, J. (2010). Privatizing the Internet: Competing Visions and Chaotic Events, 1987–1995. *IEEE Annals of the History of Computing*, 32(1), 10–22.
- Agar, J. (2003). *The Government Machine: a Revolutionary History of the Computer*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Albert, G. J. (2019). Der vergessene «Brotkasten». Neue Forschungen zur Sozial- und Kulturgeschichte des Heimcomputers. *Archiv für Sozialgeschichte*, 59, 495–530.
- Albert, G. J. & Oldenziel, R. (2014). Introduction: How European Players Captured the Computer and Created the Scenes. In *Hacking Europe: From Computer Cultures to Demoscenes* (S. 1–22). London: Springer.
- Alexandrakis, K. & Walther, D. (2021, März 10). Digitale Geisteswissenschaften in der Forschungs-, Arbeits- und Medienwelt von heute und morgen – ein Interview mit Dr. Mareike König. *wbg-community.de*. <https://wbg-community.de/themen/gastbeitrag-digital-humanities-geistes-kulturwissenschaften-im-fokus-digitalisierung-von-katja-alexandrakis-dr-daniel-walther-fzi-forschungszentrum-informatik>. Zugegriffen: 9. April 2021.
- AlgorithmWatch (2021). New Swiss Algorithm to Desegregate Schools, One Block at a Time. *AlgorithmWatch*. <https://algorithmwatch.org/en/zurich-schools-algorithm>. Zugegriffen: 8. April 2021.
- Ames, M. G. (2019). *The Charisma Machine: the Life, Death, and Legacy of One Laptop per Child*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ammann, M. & Schnell, F. (2019). *Digitale Direkte Demokratie*. Zürich: Avenir Suisse. <https://www.avenir-suisse.ch/publication/digitale-direkte-demokratie/>. Zugegriffen: 8. April 2021.
- Angerer, A, Russ, C. & Ultsch, S. (2019). *Digital Health – Revolution oder Evolution? Strategische Optionen im Gesundheitswesen*. <https://doi.org/10.21256/zhaw-18267>.
- Année politique Suisse: Schweizerische Politik. Publication de l'Association suisse de science politique.
- Baecker, D. (2017). Wie verändert die Digitalisierung unser Denken und unseren Umgang mit der Welt?: Ausgangspunkte einer Theorie der Digitalisierung. In *Handel 4.0: die Digitalisierung des Handels – Strategien, Technologien, Transformation* (S. 3–24). Berlin: Springer Gabler.
- Beck, M., Plekhanov, D. & Wörter, M. (2020). *Analyse der Digitalisierung in der Schweizer Wirtschaft* (Report). KOF Studies (Bd. 153). ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000432882>.
- Berend, B. & Brohm-Badry, M. (2020). *New Work: Souveränität im postdigitalen Zeitalter: Zeitenwende für Unternehmer, Personalverantwortliche, Coaches und Angestellte*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29684-1>.
- Berners-Lee, T. (2000). *Weaving the Web: the Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by its Inventor*. New York: Harper.
- Betzler, D. & Leuschen, L. (2020). Digitised Value Chains in the Creative Industries: Is There a Convergence of Swiss Film and Game Production? *Creative Industries Journal*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/17510694.2020.1796440>.
- BFS (2013). *Maturitäten und Übertritte an Hochschulen 2012*. Neuchâtel: BFS.
- BFS (2020). *Quote der Erstabschlüsse auf der Sekundarstufe II und Maturitätsquote*. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.assetdetail.14715477.html>.
- Biller-Andorno, N. (2017). Ethische Ansprüche, Patientenorientierung und die digitale Transformation im Gesundheitssektor. *Schweizerische Ärztezeitung*, 98(0102), 18–19. <https://doi.org/10.4414/saez.2017.05284>.
- Blaser, J. (2018). Herausforderungen der digitalen Medizin. *Praxis*, 107(13), 712–716. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003008>.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A. & Engelhardt, K. (2016). *Developing Computational Thinking in Compulsory Education: Implications for Policy and Practice*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2791/715431>. Zugegriffen: 10. Juni 2021.
- Bonati, P. (2017). *Das Gymnasium im Spiegel seiner Lehrpläne. Untersuchungen, Praxisimpulse, Perspektiven*. Bern: hep.
- Bonati, P. (2020). Der Bildungszielartikel in den Maturitätsordnungen – Herzstück oder Fremdkörper? *Gymnasium Helveticum (online)*, (4). https://www.vsg-sspes.ch/fileadmin/user_upload/publikationen/Gymnasium_Helveticum/GH-Digital/GH-digital_2020-04_d/GH2020-04_Bonati-Peter_Bildungszielartikel_MAR-Art5_ganz.pdf.

- Bosche, A. & Geiss, M. (2011). Das Sprachlabor: Steuerung und Sabotage eines Unterrichtsmittels im Kanton Zürich, 1963–1976. In *Jahrbuch für Historische Bildungsforschung* (S. 119–139). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Bruderer, H. (2009). Das neue gymnasiale Ergänzungsfach Informatik setzt sich langsam durch. *Mitteilungen der Schweizer Informatik Gesellschaft*, (5), 440–445.
- Brüesch, C., Mertes, A., Flick Witzig, M. U., Giger, M.-A., & Steinbrecher, M. (2017). *Digitale Verwaltung: eine Studie des Institutes für Verwaltungs-Management (IVM) und KPMG Schweiz*. <https://doi.org/10.21256/zhaw-3389>.
- Brüggenbrock, Ch., Eberle, F. & Oelkers, J. (2016). Die jüngeren Entwicklungen des Gymnasiums und der Matura in der Schweiz. In Kramer, J., Neumann, M. & Trautwein, U. (Hrsg.), *Abitur und Matura im Wandel. Historische Entwicklungslinien, aktuelle Reformen und ihre Effekte*. Edition ZfE (S. 59–80). Wiesbaden: Springer VS.
- Bundesrat (2017). *Auswirkungen der Digitalisierung auf Beschäftigung und Arbeitsbedingungen – Chancen und Risiken: Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 15.3854 Reynard vom 16.09.2015 und 17.3222 Derder vom 17.03.2017*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Bundesrat (2021). Das Portal der Schweizer Regierung: Dokumentation «Bundesgesetz über elektronische Identifizierungsdienste (E-ID-Gesetz)». <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/abstimmungen/20210307/bundesgesetz-uber-elektronische-identifizierungsdienste.html>.
- Bünzli, A. & Schneider, G. (2021). Sinn und Zweck – Geisteswissenschaft im Zeitalter der Digitalisierung. In Frey, P., Baumgartner, S. & Pfister, A. (Hrsg.), *Bildung im 21. Jahrhundert* (Bd. 2). Aarau: VSDL.
- Capel, R. (1991). Social Histories of Computer Education: Missed Opportunities? In Beynon, J. & Mackay, H. (Hrsg.), *Technological Literacy and the Curriculum* (S. 38–65). London: The Falmer Press.
- Chan, J., Selden, M. & Pun, N. (2020). *Dying for an Iphone: Apple, Foxconn, and the Lives of China's Workers*. Chicago: Haymarket Books.
- Chiusi, F., Fischer, S., Kayser-Bril, N., Mätzener, A. & Spielkamp, M. (Hrsg.) (2021). Automating Society Report 2020 – Schweiz. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/automating-society-report-2020-schweiz>. Zugegriffen: 6. April 2021.
- Christen, M., Mader, C., Čas, J., Abou-Chadi, T., Bernstein, A., Braun Binder, N., Dell'Aglio, D., Fábíán, L., George, D., Gohdes, A., Hilty, L., Kneer, M., Krieger-Lamina, J., Licht, H., Scherer, A., Som, C., Sutter, P. & Thouveninet, F. (2020). *Wenn Algorithmen für uns entscheiden: Chancen und Risiken der künstlichen Intelligenz*. Zürich: vdf. <https://doi.org/10.3218/4002-9>.
- Combet, B. & Oesch, D. (2020). The Social-origin Gap in University Graduation by Gender and Immigrant Status: a Cohort Analysis for Switzerland. *Longitudinal and Life Course Studies*. <https://doi.org/10.1332/175795920X16034769228656>.
- Cramer, F. & Jandrić, P. (2021). Postdigital: a Term That Sucks but is Useful. *Postdigital Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00225-9>.
- Criblez L. (Hrsg.) (2008). *Bildungsraum Schweiz. Historische Entwicklung und aktuelle Herausforderungen*. Bern: Haupt.
- Criblez, L. (2014). Das Schweizer Gymnasium: ein historischer Blick auf Ziele und Wirklichkeit. In Eberle, F., Schneider-Taylor, B. & Bosse, D., (Hrsg.), *Abitur und Matura zwischen Hochschulvorbereitung und Berufsorientierung* (S. 15–49). Wiesbaden: Springer VS.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Curzon, P. & McOwan, P. W. (2018). *Computational Thinking: Die Welt des algorithmischen Denkens – in Spielen, Zauberkünsten und Rätseln*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56774-6>.
- De Vincenti, A. & Hoffmann-Ocon, A. (2016). Technologische Lenkungsversuche. In Heinrich, M. & Kohlstock, B. (Hrsg.), *Ambivalenzen des Ökonomischen: Analysen zur «Neuen Steuerung» im Bildungssystem* (S. 73–96). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10084-1_5.
- Dear, B. (2017). *The Friendly Orange Glow: the Untold Story of the PLATO System and the Dawn of Cyberculture*. New York: Pantheon Books.
- Dlabac, O. & Amrhein, A. (2019). *Durchmischung in städtischen Schulen – eine politische Aufgabe*. Aarau: Zentrum für Demokratie Aarau.
- Döbeli Honegger, B., Kuhnt, B. & Zehnder, C. A. (2013). Informatik, ICT und Medienbildung. In Kohlas, J., Schmid, J. & Zehnder, C. A.. *informatik@gymnasium* (S. 161–192). Zürich: NZZ Verlag.

- Dourish, P. (2017). *The Stuff of Bits: an Essay on the Materialities of Information*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Eberle, F. (1996a). *Didaktik der Informatik bzw. einer informations- und kommunikationstechnologischen Bildung auf der Sekundarstufe II*. Aarau: Sauerländer.
- Eberle, F. (1996b). Zum Bildungswert der Informatik am Gymnasium. *Gymnasium Helveticum*, (4), 190–199.
- Eberle, F. (2009). Schweizerische Maturität – Ausbildungsstandards für Maturandinnen und Maturanden. In Bosse, D. (Hrsg.), *Gymnasiale Bildung zwischen Kompetenzorientierung und Kulturarbeit* (S. 91–106). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91485-5_7.
- Eberle, F. (2018). Die Maturitätsreform 1995. In Imlig, F., Lehmann, L. & Manz, K. (Hrsg.), *Schule und Reform: Veränderungsabsichten, Wandel und Folgeprobleme* (S. 213–227). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19498-7_17.
- Eberle, F. (2019). Das Gymnasium – modern oder altbacken? Zur Zukunft der gymnasialen Matura. *Gymnasium Helveticum*, 73(1), 6–10.
- Eberle, F. & Brüggencrock, C. (2013). *Bildung am Gymnasium*. Bern: EDK.
- EDK siehe unter: Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK.
- Ensmenger, N. (2010). *The Computer Boys Take over: Computers, Programmers, and the Politics of Technical Expertise*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ensmenger, N. (2012). The Digital Construction of Technology: Rethinking the History of Computers in Society. *Technology and Culture*, 53(4), 753–776. <https://doi.org/10.1353/tech.2012.0126>.
- Ensmenger, N. (2021). The Cloud Is a Factory. In Mullaney, Thomas S., Peters, Benjamin, Hicks, Mar & Philip, Kavita (Hrsg.), *Your Computer Is on Fire* (S. 29–49). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ferster, B. (2014). *Teaching Machines Learning from the Intersection of Education and Technology*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Fleiner, T. (2005). Das Bildungssystem im schweizerischen Föderalismus. *Recht der Jugend und des Bildungswesens*, 53(3), 346–354.
- Flury, C., Geiss, M. & Guerrero Cantarell, R. (2020). Building the Technological European Community through Education: European Mobility and Training Programmes in the 1980s. *European Educational Research Journal*, 20(3), 348–364 <https://doi.org/10.1177/1474904120980973>.
- Geiss, M. (2020). In Steady Search for Optimization: the Role of Public and Private Actors in Switzerland's Political Economy of Adult Education. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 43(2), 227–239. <https://doi.org/10.1007/s40955-020-00157-0>.
- Geiss, M. (2021). Trade Unions, Digital Technologies and the Skill Question in Switzerland. In Dernbach-Stolz, S., Eigenmann, P., Kamm, C. & Kessler, S. (Hrsg.), *Transformationen von Arbeit, Beruf und Bildung in internationaler Betrachtung* (S. 79–95). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Genner, S. (2017). *Digitale Transformation: Auswirkungen auf Kinder und Jugendliche in der Schweiz – Ausbildung, Bildung, Arbeit, Freizeit*. Zürich: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Gilardi, F., Dermont, C. & Kubli, M. (2020). Die digitale Transformation der Demokratie. In Braun Binder, N., Feld, L. P., Huber, P. M., Poier, K. & Wittreck, F. (Hrsg.), *Jahrbuch für direkte Demokratie 2019* (S. 13–37). <https://doi.org/10.5167/uzh-195321>.
- Gramelsberger, G. (2010). *Computerexperimente*. Bielefeld: transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839409862>.
- Gramelsberger, G. (2012). Epistemische Praktiken des Forschens im Zeitalter des Computers. In Bippus, E. (Hrsg.), *Kunst des Forschens. Praxis eines ästhetischen Denkens* (S. 91–108). Zürich: diaphanes.
- Gugerli, D. (2018). *Wie die Welt in den Computer kam: Zur Entstehung digitaler Wirklichkeit*. Frankfurt am Main: S. Fischer.
- Gugerli, D., Speich, D. & Kupper, P. (2005). *Die Zukunftsmaschine. Konjunkturen der ETH Zürich, 1855–2005*. Zürich: Chronos.
- Gugerli, D. & Zetti, D. (2019). Computergeschichte als Irritationsquelle. In Heßler, M. & Weber, H. (Hrsg.), *Provokationen der Technikgeschichte. Zum Reflexionszwang historischer Forschung* (S. 193–228). Paderborn: Schöningh.
- Gymnasium Helveticum: Zeitschrift des Vereins Schweizerischer Gymnasiallehrer.

- Hachtmann, R. (2015). Rationalisierung, Automatisierung, Digitalisierung. Arbeit im Wandel. In Bösch, F. (Hrsg.), *Geteilte Geschichte: Ost- und Westdeutschland 1970–2000* (S. 195–238). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Haigh, T. (2018). Finding a Story for the History of Computing. *Working paper series / SFB 1187 Medien der Kooperation*, 3. <https://doi.org/10.25969/MEDIAREP/3796>.
- Haigh, T., Russell, A. L. & Dutton, W. H. (2015). Histories of the Internet: Introducing a Special Issue of «Information & Culture». *Information & Culture*, 50(2), 143–159.
- Häussling, R. (2020). Daten als Schnittstellen zwischen algorithmischen und sozialen Prozessen. Konzeptuelle Überlegungen zu einer Relationalen Techniksoziologie der Datafizierung in der digitalen Sphäre. In *Soziologie des Digitalen – Digitale Soziologie?* (S. 134–150). Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783845295008-134>.
- Heide, L. (2009). *Punched-card Systems and the Early Information Explosion, 1880–1945*. Baltimore, Md: Johns Hopkins University Press.
- Hessler, M. (2015). Die Ersetzung des Menschen? *Technikgeschichte*, 82(2), 108–135. <https://doi.org/10.5771/0040-117X-2015-2-108>.
- Hof, B. (2017). From Harvard via Moscow to West Berlin: Educational Technology, Programmed Instruction and the Commercialisation of Learning after 1957. *History of Education*, 47(4), 445–465. <https://doi.org/10.5167/uzh-144667>.
- Hof, B. & Bürgi, R. (2021). The OECD as an Arena for Debate on the Future Uses of Computers in Schools. *Globalisation, Societies and Education*, 19(2), 154–166. <https://doi.org/10.1080/14767724.2021.1878015>.
- Interface: Zeitschrift des Schweizerischen Informatik-Lehrervereins.
- Jiang, J. & Vetter, M. A. (2020). The Good, the Bot, and the Ugly: Problematic Information and Critical Media Literacy in the Postdigital Era. *Postdigital Science and Education*, 2(1), 78–94. <https://doi.org/10.1007/s42438-019-00069-4>.
- Jurafsky, D. & Martin, J. H. (2009). *Speech and Language Processing: an Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition* (2nd ed., 3th printing). Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.
- Kaiserfeld, T. (1996). Computerizing the Swedish Welfare State: The Middle Way of Technological Success and Failure. *Technology and Culture*, 37(2), 249–279. <https://doi.org/10.2307/3106816>.
- Kaiserfeld, T. (2000). A Case Study of the Swedish Public Technology Procurement Project «The Computer in the School» (Compis), 1981–1988. In Edquist, C., Hommen, L. & Tsipouri, L. (Hrsg.), *Public Technology Procurement and Innovation* (S. 121–141). Boston, MA: Springer US.
- Karafilidis, A. (2017). Synchronisierung, Kopplung und Kontrolle in Netzwerken. Zur sozialen Form von Unterstützung und Assistenz. In Biniok, P. & Lettkemann, E. (Hrsg.), *Assistive Gesellschaft: Multidisziplinäre Erkundungen zur Sozialform «Assistenz»* (S. 27–58). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Khashe, D. J., Gerber, D. J. & Smith, I. F. C. (2016). Surveying the Evolution of Computing in Architecture, Engineering, and Construction Education since 2012. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000580](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000580).
- Kliebard, H. M. (2004). *The Struggle for the American Curriculum, 1893–1958* (3rd ed.). New York, NY: Routledge Falmer.
- Knorr Cetina, K. (2012). Von Netzwerken zu skopischen Medien: Die Flussarchitektur von Finanzmärkten. In Kalthoff, H. & Vormbusch, U. (Hrsg.), *Soziologie der Finanzmärkte* (S. 31–62). Bielefeld: transcript-Verlag.
- Kong, S.-C., Abelson, H. & Lai, M. (2019). Introduction to Computational Thinking Education. In Kong S.-C. & Abelson H. (Hrsg.), *Computational Thinking Education* (S. 1–10). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_1.
- Lean, T. (2013). Mediating the Microcomputer: The Educational Character of the 1980s British Popular Computing Boom. *Public Understanding of Science*, 22(5), 546–558. <https://doi.org/10.1177/0963662512457904>.
- Lean, T. (2016). *Electronic Dreams: How 1980s Britain Learned to Love the Computer*. London: Bloomsbury Sigma.
- Luhmann, N. (1993). *Das Recht der Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Manz, K. (2011). «Schulkoordination ja – aber nicht so!» die Anfänge der schweizerischen Schulkoordination (1960–1985). Bern: hep.

- Mayntz, R. (2011). Research Technology, the Computer and Scientific Progress. In Gramelsberger, G. (Hrsg.), *From Science to Computational Sciences. Studies in the History of Computing and its Influence on Today's Sciences* (S. 195–207). Zürich: diaphanes.
- Mey, H. (1982). Die Software-Schule Schweiz. *Hasler-Mitteilungen*, 41(2), 21–27.
- Meylan, J.-P. (1996). Die Erneuerung des Gymnasiums und die Anerkennung der Maturitäten. – Stationen der Debatte 1968–1995. In EDK (Hrsg.), *Von der «Mittelschule von morgen» zur Maturitätsreform 1995*. Bern.
- Miller, R. L., Acton, C., Fullerton, D. A., Maltby, J. & Campling, J. (2002). Introduction. In Miller, R. L., Acton, C., Fullerton, D. A., Maltby, J. & Campling, J. (Hrsg.), *SPSS for Social Scientists* (S. 1–9). London: Macmillan Education UK.
- Moe, T. M. (2016). The Comparative Politics of Education: Teachers Unions and Education Systems Around the World. In Wiborg, S. & Moe, T. M. (Hrsg.), *The Comparative Politics of Education: Teachers Unions and Education Systems around the World* (S. 269–324). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316717653.010>.
- Möllenkamp, A. (2015). Wikipedianer in der Wissensgesellschaft: Die Ureinwohner einer digitalen Agora. In Wozniak, T., Nemitz, J. & Rohwedder, U. (Hrsg.), *Wikipedia und Geschichtswissenschaft* (S. 205–226). Berlin: De Gruyter Oldenbourg.
- Muhr, T. (1994). ATLAS/ti: ein Werkzeug für die Textinterpretation. In Boehm, A., Mengel, A. & Muhr, T. (Hrsg.), *Texte verstehen: Konzepte, Methoden, Werkzeuge* (Bd. 14, S. 317–324). Konstanz: UVK.
- Mullaney, T. S., Peters, B., Hicks, M. & Philip, K. (Hrsg.) (2020). *Your Computer is on Fire*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Nassehi, A. (2019). *Muster: Theorie der digitalen Gesellschaft*. München: C.H. Beck.
- Neuroni, A., Kissling-Näf, I. & Riedl, R. (2019). E-Government und smarterer Staat: Die Schweiz auf halbem Weg. In Stember, J., Eixelsberger, W., Spichiger, A., Neuroni, A., Habel, F.-R. & Wundara, M. (Hrsg.), *Handbuch E-Government: Technikinduzierte Verwaltungsentwicklung* (S. 163–180). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21402-9_12.
- Nooney, L., Driscoll, K. & Allen, K. (2020). From Programming to Products: Softtalk Magazine and the Rise of the Personal Computer User. *Information & Culture*, 55(2), 105–129.
- O'Neil, C. (2018). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. London: Penguin Books.
- Pangrazio, L., Godhe, A.-L. & Ledesma, A. G. L. (2020). What is Digital Literacy? A Comparative Review of Publications across Three Language Contexts. *E-Learning and Digital Media*, 17(6), 442–459. <https://doi.org/10.1177/2042753020946291>.
- Passoth, J.-H. & Rammert, W. (2020). Digitale Technik entspricht digitaler Gesellschaft?: Symposiumsbeitrag zu: Nassehi, Armin, Muster. Theorie der digitalen Gesellschaft. München: Beck 2019, 352 S., gb., 26,00. *Soziologische Revue*, 43(3), 312–320. <https://doi.org/10.1515/srsr-2020-0045>.
- Peter, M. K., Kraft, C. & Josi, T. (2019). *Die reformierte Kirche im digitalen Zeitalter: Traditionelle Werte treffen auf digitalen Zeitgeist*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13911.42401>.
- Peter, M. K., Kraft, C. & Lindeque, J. (2020). Strategic Action Fields of Digital Transformation: an Exploration of the Strategic Action Fields of Swiss SMEs and Large Enterprises. *Journal of Strategy and Management*, 13(1), 160–180. <https://doi.org/10.1108/JSMA-05-2019-0070>.
- Piesbergen, J. (2018). Justitia 4.0 – Digitalisierung und Transformation der Justiz. *Justice – Justiz – Giustizia*, (2). https://richterzeitung.weblaw.ch/rzissues/2018/2/justitia-4.0---digit_26f4faf74d.html_ONCE&login=false. Zugegriffen: 8. April 2021.
- Piotrowski, M. (2020). Ain't No Way Around It: Why We Need to Be Clear About What We Mean by «Digital Humanities». Preprint. <https://doi.org/10.31235/osf.io/d2kb6>.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video*. Bielefeld: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rankin, J. L. (2018). *A People's History of Computing in the United States*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Richter, L. (2021). Laughing about Religious Authority – But Not Too Loud. *Religions*, 12(2), 73. <https://doi.org/10.3390/rel12020073>.

- Roos, M., Obrist, G., Wandeler, E. & Mosimann, M. (2016). *Implementation des Ergänzungsfachs Informatik an Schweizer Gymnasien*. Baar: spectrum³ <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2617.1127>.
- Sanyal, M. M. (2021). *Identitti. Roman* (2. Auflage). München: Carl Hanser Verlag.
- Schlag, T. (2018). «Öffentlichkeit 4.0»: kirchentheoretische Überlegungen zur Gestalt und Gestaltung von Kirche in der digitalen Gesellschaft. In Merzyn, K., Schnelle, R. & Stäblein, C. (Hrsg.), *Reflektierte Kirche: Beiträge zur Kirchentheorie: Festschrift für Jan Hermelink zum 60. Geburtstag* (S. 321–335). Leipzig: Evangelische Verlagsanstalt Leipzig.
- Schröder, M. (2018, Dezember 18). PC-Geschichte: Smaky, das Erfolgsmodell aus der Westschweiz. *pctipp.ch*. <https://www.pctipp.ch/news/software/pc-geschichte-smaky-das-erfolgsmodell-aus-der-westschweiz-2263788.html>. Zugegriffen: 7. April 2021.
- Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK (1978). *L'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire*. Genève: Secrétariat CDIP.
- Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK (1986). *Informatik: Leitideen und Richtziele für die Volksschule und Lehrerbildung*. Bern: EDK.
- Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK (1987). *Informatik-Einführungskurse an den Maturitätsschulen = Cours d'initiation à l'informatique dans les écoles de maturité*. Bern: Sekretariat EDK.
- Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK (1994). *Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen vom 9. Juni 1994*. Bern: EDK.
- Schweizerische Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren EDK (2020). *Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität. Projekt Rahmenlehrplan: Kapitel II – Transversale Bereiche*. Bern: EDK.
- Schweizerischer Wissenschaftsrat SWR (2018). *Soziale Selektivität: Empfehlungen des Schweizerischen Wissenschaftsrates; Expertenbericht von Rolf Becker und Jürg Schoch im Auftrag des SWR*. Schweizerischer Dokumentenserver Bildung. <https://edudoc.ch/record/133983>. Zugegriffen: 16. Juli 2021.
- Sigg, S. (2014). Mit «Social Media» kirchliche Gemeinschaft aufbauen. In Baumann-Neuhaus, E. & Aus der Au, C. (Hrsg.), *Religion im Umbau* (S. 157–166). St. Gallen: Edition SPI.
- Simmler, M. & Brunner, S. (2021). Smart Criminal Justice in der Schweiz – Die Kantone im Bann der Algorithmen? In Simmler, M. (Hrsg.), *Smart Criminal Justice. Der Einsatz von Algorithmen in der Polizeiarbeit und Strafrechtspflege*. (S. 9–32). Basel: Helbing Lichtenhahn Verlag.
- SKBF (2018). *Bildungsbericht Schweiz 2018*. Aarau: SKBF.
- Staab, P. (2019). *Digitaler Kapitalismus: Markt und Herrschaft in der Ökonomie der Unknappheit*. Berlin: Suhrkamp.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Steuergruppe des Studienganges «Informatik an Gymnasien» (2011). *EFI-CH Abschlussbericht_ Deutscheschweiz*. Zürich: Universität Zürich.
- Steuergruppe Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität (2019). *Auslegeordnung zur Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität. Bericht der Steuergruppe im Rahmen des Auftrags von EDK und WBF vom 6. September 2018 «Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität: Mandat für eine Auslegeordnung zu den Referenztexten»*. Bern: EDK.
- Taffel, S. (2016). Perspectives on the Postdigital: beyond Rhetorics of Progress and Novelty. *Convergence*, 22(3), 324–338. <https://doi.org/10.1177/1354856514567827>.
- Tatnall, A. (2013). The Australian Educational Computer That Never Was. *IEEE Annals of the History of Computing*, 35(01), 35–47. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2012.16>.
- Ther, P. (2016). *Europe since 1989: a History*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Thiessen, M. (2019). NRW 2.0: Zur Digitalgeschichte eines Landes von 1960 bis heute. *Geschichte im Westen*, 34, 65–94.
- Thorade, N. (2020). *Vernetzte Produktion. Computer Integrated Manufacturing (CIM) als Vorgeschichte von Industrie 4.0*. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Tyack, D. B. & Cuban, L. (1995). *Tinkering toward Utopia: a Century of Public School Reform*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Tyack, D. & Tobin, W. (1994). The «Grammar» of Schooling: Why Has it Been so Hard to Change? *American Educational Research Journal*, 31(3), 453–479. <https://doi.org/10.3102/00028312031003453>.

- Uhl, K. (2018). Die langen 1970er Jahre der Computerisierung. Die Formalisierung des Produktionswissens in der Druckindustrie und die Reaktionen von Gewerkschaften, Betriebsräten und Arbeitern. In Lindemann, C. & Neß, H. (Hrsg.), *Vom Buchdrucker zum Medientechnologen. Wege der Druckindustrie in die Welt der Digitalisierung* (S. 84–99). Hamburg: VSA.
- Uhl, K. (2019). Eine lange Geschichte der «menschenleeren Fabrik»: Automatisierungsvisionen und technologischer Wandel im 20. Jahrhundert. In Butollo, F. & Nuss, S. (Hrsg.), *Marx und die Roboter. Vernetzte Produktion, Künstliche Intelligenz und lebendige Arbeit* (S. 74–90). Berlin: Dietz Verlag.
- Uhl, A. & Loretan, S. (2019). Die Bedeutung der digitalen Transformation für Schweizer KMUs. In Uhl, A. & Loretan, S. (Hrsg.), *Digitalisierung in der Praxis: So schaffen KMU den Weg in die Zukunft* (S. 1–16). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26137-5_1.
- Uprichard, E., Burrows, R. & Byrne, D. (2008). SPSS as an «Inscription Device»: From Causality to Description? *The Sociological Review*, 56(4), 606–622. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.2008.00807.x>.
- Veraart, F. C. A. (2014). Transnational (Dis)Connection in Localizing Personal Computing in the Netherlands, 1975–1990. In Alberts, G. & Oldenziel, R. (Hrsg.), *Hacking Europe: From Computer Cultures to Demoscenes* (S. 25–48). London: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5493-8_2.
- Wettstein, E. (2020). *Berufsbildung – Entwicklung des Schweizer Systems*. Bern: hep.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- WZB (1982). *Die Einführung der Informatik an den Mittelschulen. Zwischenbericht*. Genève: Centre suisse pour le perfectionnement des professeurs de l'enseignement secondaire.
- Zehnder, C. A. (2013). Eine neue Wissenschaft erkämpft sich ihren Platz: der Weg zum eigenen Studiengang für Informatik an der ETH Zürich. In Betschon, F., Betschon, S. & Schlachter, W. (Hrsg.), *Ingenieure bauen die Schweiz: Technikgeschichte aus erster Hand* (S. 492–500). Zürich: NZZ Verlag.
- Zehnder, C. A. (2018). Informatik. In *Historisches Lexikon der Schweiz (online)*. <https://hls-dhs-dss.ch/articles/008272/2018-12-20/>. Zugegriffen: 7. April 2021.
- Zetti, D. & Gugerli, D. (2018). Digitale Gesellschaft. In *Historisches Lexikon der Schweiz (online)*. <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/055503/2018-10-21/>. Zugegriffen: 7. April 2021.
- Zingg, T., Sojer, R. & Röthlisberger, F. (2019). Digitalisierung in der ambulanten Gesundheitsversorgung. *Schweizerische Ärztezeitung*, 100(05), 113–116. <https://doi.org/10.4414/saez.2019.17521>.

Impressum

Schweizerischer Wissenschaftsrat SWR
Conseil suisse de la science CSS
Einsteinstrasse 2
CH-3003 Bern
T +41 (0)58 463 00 48
F +41 (0)58 463 95 47
swr@swr.admin.ch
www.wissenschaftsrat.ch

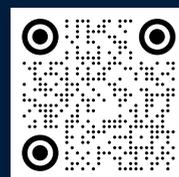
ISBN 978-3-906113-67-8
Bern 2021

Lektorat / Lectorat: Doris Tranter, Stéphane Gillioz
Konzept und Design / Concept et mise en page: Modulator AG, Branding + Design

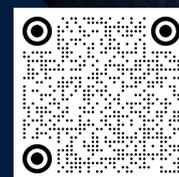
Schweizerischer Wissenschaftsrat SWR
Conseil suisse de la science CSS
Einsteinstrasse 2
CH-3003 Bern

T +41 (0)58 463 00 48
F +41 (0)58 463 95 47
swr@swr.admin.ch
www.wissenschaftsrat.ch

Blog



LinkedIn



Twitter

