

**Konzepte und Wirkungszusammenhänge bei
Beschaffung und Betrieb
von Informatikmitteln an Schulen**

A B H A N D L U N G

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Beat Döbeli Honegger

Dipl. Informatik-Ing. ETH

geboren am 29.3.1970

von Zürich und Seon (AG)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. W. Schaufelberger, Referent

Prof. Dr. C. A. Zehnder, Korreferent

VORWORT

Als ich kurz vor der Matur die Präsentation der Studie *Informatik und Computernutzung im Schweizerischen Bildungswesen* an der ETH Zürich besuchte, hätte ich nicht gedacht, dass mich dieses Thema Jahre später intensiv beschäftigen würde. Im Rückblick reihen sich solch scheinbar zufällige Ereignisse zu einem stimmigen und folgerichtigen Ablauf mit vielen Beteiligten, denen ich hiermit danken möchte.

Ein erster Dank gilt Prof. Carl August Zehnder – dem späteren Betreuer dieser Arbeit – der mir nach Studienabschluss eine Stelle in seiner Forschungsgruppe anbot, obwohl ich damals keine Dissertation plante. In der Folge brachte mich meine Semesterarbeit in Informatikdidaktik (Höheres Lehramt für Informatik) nicht nur dem Thema der vorliegenden Arbeit näher. Mit Prof. Werner Hartmann und Marc Pilloud begann anlässlich einer „Cyber Roadshow“ eine bis heute andauernde Zusammenarbeit und Freundschaft, die ich sehr schätze. Prof. Werner Hartmann unterstützte mich insbesondere zu Beginn meiner Dissertation mit zahlreichen Hinweisen und Kontakten. Marc Pilloud hat nicht nur grossen Anteil an der Fallstudie der vorliegenden Arbeit, sondern er brachte auch in spannenden Diskussionen neue Aspekte ein.

Es ist der Motivation durch Prof. Carl August Zehnder zu verdanken, dass ich 1999 diese Arbeit in Angriff nahm. Seine grosszügige Unterstützung in allen Belangen war sehr wertvoll. Erst allmählich wird mir bewusst, wie stark mich neben seiner begrifflichen und gedanklichen Schärfe und seinem Blick für die langlebigen und gesellschaftlichen Aspekte der Informatik insbesondere seine menschliche Kommunikations- und Managementkultur geprägt haben. Dafür bin ich ihm zu grossem Dank verpflichtet. Interessante Gespräche für diese Arbeit entstanden in seiner Forschungsgruppe *Entwicklung und Anwendung*. Besonders erwähnenswert ist der Gedankenaustausch mit Dr. Reinhard Dietrich zu Modellbildung sowie zu Chancen und Gefahren der wissenschaftlichen Interdisziplinarität.

Verschiedene Studenten haben mit ihren Semesterarbeiten nützliche Beiträge zu dieser Dissertation geleistet. Für ihre engagierte Mitarbeit sei Yvan Grepper, Nils Aulie, Chris Welti, David Macherel, Fabian Schmid, Patrik Kobler und Jürg Randegger bestens gedankt.

Die Semesterarbeiten zum ETH-Projekt *Neptun* waren Auslöser für wertvolle Diskussionen mit den Projektleitern Franta Kraus und Immo Noack. Darüber hinaus waren sie der Grund für den Kontakt zu Prof. Walter Schaufelberger, der sich erst als Korreferent und schliesslich als Referent für diese Arbeit zur Verfügung stellte. Von seinen Hinweisen und kritischen Fragen zum entwickelten Systemmodell profitierte ich viel, herzlichen Dank.

In den Schulen der Stadt Solothurn konnten die vorgeschlagenen Konzepte umgesetzt und überprüft werden. Für diese Möglichkeit danke ich allen Beteiligten, besonders Rolf Steiner, Herbert Kocher und Peter Lüthi. Diese noch heute aktiven Kontakte waren entscheidend für meinen Wechsel an die Pädagogische Hochschule Solothurn.

Ein spezieller Dank gebührt Michael Naef und Dr. Vincent Tschertter für die Durchsicht der Arbeit. Schliesslich gilt mein Dank auch meiner Frau, meinen Eltern und meinen FreundInnen, welche diese Arbeit durch wohlwollendes Nachfragen vorantrieben und mir gleichzeitig Unterstützung und willkommene Ablenkung boten.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	3
INHALTSVERZEICHNIS	4
ZUSAMMENFASSUNG	11
ABSTRACT	12
1 EINLEITUNG.....	13
1.1 Problemstellung.....	13
1.1.1 Auf dem Weg in die Informationsgesellschaft.....	13
1.1.2 Motivation für ICT in der Schule.....	14
1.1.3 ICT-Einsatz in der Schule	16
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung	18
1.2.1 Zielsetzung	18
1.2.2 Abgrenzung	19
1.3 Hauptresultate und Gliederung der Arbeit	19
1.3.1 Begriffsbildung und Systemmodell.....	19
1.3.2 Konzepte.....	19
1.3.3 Beispiel und Fallstudie	20
2 SYSTEMMODELL „ICT-EINSATZ IN DER SCHULE“	21
2.1 Motivation	21
2.2 Methodik	21
2.2.1 Qualitatives Systemdenken	21
2.2.2 Das Sensitivitätsmodell von Vester.....	26
2.2.3 Quantitatives Systemdenken: system dynamics.....	28
2.2.4 Kritik am qualitativen Systemdenken	28
2.3 Systemabgrenzungen.....	30
2.3.1 Verwendung eines qualitativen Wirkungsmodells.....	30

2.3.2	Beschränkung auf Wachstumsphase	30
2.3.3	Zeithorizont +/- 6 Jahre	33
2.3.4	Weglassung von Akteuren	33
2.3.5	Keine Qualitäts- und pädagogische Wirkungsbewertung der ICT-Nutzung	33
2.4	Systemvariablen	33
2.4.1	Übersicht	33
2.4.2	Nutzung, Nutzungsarten	33
2.4.3	Benötigter Betriebsaufwand	35
2.4.4	Finanzielle Mittel	35
2.4.5	Know-how der Beteiligten	35
2.4.6	Technische Variablen	35
2.4.7	Weiterbildungen für die Beteiligten	36
2.4.8	Externe Variablen	36
2.4.9	Sicht der BenutzerInnen	36
2.4.10	Weitere Variablen	37
2.5	Systemeigenschaften	37
2.5.1	Variablenkategorisierung nach Vester	37
2.5.2	Rückkoppelungsschlaufen	39
3	ZEITLICHE ASPEKTE	41
3.1	Einleitung	41
3.2	Zeitliche Modelle der Informatikmittelentwicklung in Unternehmen	41
3.2.1	Das Moore'sche Gesetz (1965)	41
3.2.2	Das Phasenmodell von Nolan (1973, 1979, 1993)	42
3.2.3	Das S-Kurven-Modell von Foster (1986)	44
3.2.4	Das Capability Maturity Model (1989)	45
3.2.5	Der Hype Cycle der Gartner Group (1995)	46
3.3	Zeitliche Modelle des Informatikmitteleinsatzes in Schulen	47
3.3.1	Von der Wirtschaft in die Schulen	47
3.3.2	Das Moore'sche Gesetz in der Schule	48
3.3.3	Das Phasenmodell von Nolan in der Schule	48
3.3.4	Das S-Kurvenmodell von Foster in der Schule	49
3.3.5	Das Capability Maturity Model in der Schule	49

3.3.6	Der Hype Cycle in der Schule.....	49
3.4	Diskussion.....	50
4	ORGANISATORISCHE ASPEKTE.....	51
4.1	Der Lebenszyklus von Informatikmitteln.....	51
4.2	Betrieb von Informatikmitteln in Unternehmen.....	55
4.2.1	Mehrschichtiger Support.....	55
4.2.2	Outsourcing.....	56
4.2.3	Service Level Agreement.....	57
4.3	Unterschätzte Bedeutung des Informatikmittelbetriebs in Schulen.....	57
4.3.1	Hinweise in der Fachliteratur.....	57
4.3.2	Umfragen bei Informatikverantwortlichen von Schulen.....	59
4.3.3	Gründe.....	59
4.3.4	Folgen.....	60
4.4	Aufgabenbereiche.....	61
4.4.1	Historische Aufteilung in pädagogische und technische Systembetreuung.....	61
4.4.2	Inhaltliche Aufteilung der Systembetreuung.....	63
4.4.3	Mehrdimensionale Aufteilung.....	64
4.5	Akteure.....	65
4.6	Rollen.....	66
4.7	Modelle.....	66
4.7.1	Kombinationsmöglichkeiten Akteure – Rollen – Aufgabenbereiche.....	66
4.7.2	Dezentrale Modelle.....	67
4.7.3	Modelle mit zentralen Funktionen.....	70
5	FINANZIELLE ASPEKTE.....	71
5.1	Das Prinzip der Gesamtkostenrechnung.....	71
5.2	Gesamtkostenrechnung bei Informatikmitteln in Schulen.....	74
5.3	Quantitative Angaben zum Betriebsaufwand von Informatikmitteln an Schulen.....	75
5.3.1	Erfassung und Vergleich des Betriebsaufwandes.....	75
5.3.2	Ist- und Soll-Zustandsverwechslung.....	76
5.3.3	Problematik der zahlreichen Systemvariablen.....	77
5.3.4	Problematik der empirischen Erfassbarkeit.....	78

5.3.5	Problematik der Systemdynamik	78
5.3.6	Problematik der Masseinheiten	82
5.4	Auf der Suche nach einer Betriebsaufwandformel	83
5.4.1	Die Idee einer Formel.....	83
5.4.2	Arfman und Roden / Project Athena, MIT (1992).....	83
5.4.3	Grepper und Döbeli, allgemein bildende Schulen (1999).....	85
5.4.4	Michigan Technology Staffing Guidelines (2000).....	86
5.4.5	Weitere Quellen.....	88
5.5	Überprüfung der Betriebsaufwandformeln – Empirische Daten.....	89
5.5.1	Methodische Bemerkungen.....	89
5.5.2	Durchschnittlicher personeller Betriebsaufwand nach Schulstufe.....	89
5.5.3	Streuung des Betriebsaufwands	91
5.5.4	Empirische Daten aus Unternehmen.....	92
5.6	Diskussion	94
6	TECHNISCHE ASPEKTE.....	95
6.1	Einführung.....	95
6.2	Unterschiede der ICT-Nutzung von Unternehmen und Schulen	96
6.2.1	BenutzerInnen	96
6.2.2	Programme und Hardware	97
6.2.3	Daten	98
6.3	Konzepte zur Systeminstallation und Systemwiederherstellung	99
6.4	Computerarchitekturen.....	101
6.4.1	Einleitung	101
6.4.2	Differenzierungskriterien	102
6.4.3	Terminalsysteme	103
6.4.4	Unvernetzte Personal Computer (PC).....	104
6.4.5	Peer-to-Peer Systeme	104
6.4.6	Client Server Systeme	105
6.4.7	Serverlose Vernetzung	106
6.4.8	Thin Client Systeme	107
6.4.9	Ausbildungsspezifische Computerarchitekturen (Bsp. Ceres).....	109
6.5	Dilemma zwischen Standardisierung und Flexibilität	111

6.5.1	Problematik	111
6.5.2	Lösungen	112
7	NOTEBOOKS ALS BEISPIEL SICH WANDELNDER COMPUTERNUTZUNG.....	113
7.1	Motivation	113
7.1.1	Markttendenzen zu Gunsten von Notebooks	113
7.1.2	Grundsatzforderungen nach persönlichen Notebooks für SchülerInnen.....	114
7.2	Notebookeinsatz in Unternehmen	114
7.3	Notebookeinsatz in Schulen	115
7.3.1	Einsatzarten	115
7.3.2	Einsatzgründe	116
7.3.3	Standardisierung.....	116
7.4	Notebooks als Herausforderung	117
7.4.1	Notebooks sind anspruchsvoller als Desktops	117
7.4.2	Technische Aspekte in Unternehmen und Schulen.....	117
7.4.3	Organisatorische Aspekte in Unternehmen und Schulen.....	118
7.4.4	Schulspezifische Aspekte.....	118
7.5	Einfluss von Notebooks auf Nutzung und Betriebsaufwand	119
7.6	Zukünftige Entwicklungen.....	119
7.6.1	Weitere Zunahme des Notebookanteils am Gerätepark.....	119
7.6.2	Ernüchterung bei ENpS-Projekten.....	120
7.6.3	Technologische Entwicklungen	122
7.7	Diskussion	122
8	FALLSTUDIE SOLOTHURN	125
8.1	Projektrahmen	125
8.2	Ziel und Struktur des ICT-Konzepts	125
8.3	Die sieben Massnahmen.....	127
8.3.1	ICT-Infrastruktur	127
8.3.2	Professioneller Betrieb	129
8.3.3	Weiterbildung Lehrpersonen.....	130
8.3.4	ICT-Integrator	131
8.3.5	Einbettung in die Gesamtzusammenhänge	132

8.4	Konzept-Umsetzung.....	134
8.4.1	Bewilligung durch Gemeindeversammlung.....	134
8.4.2	Gliederung der Systembetreuung.....	134
8.4.3	Vernetzungskosten.....	135
8.4.4	Zeitdruck.....	135
8.5	Innovative Aspekte.....	136
8.5.1	Fokussierung auf Lehrpersonen.....	136
8.5.2	Obligatorium statt Freiwilligkeit bei Notebooks für Lehrpersonen.....	136
8.5.3	Serverloses Konzept.....	136
8.5.4	Eigenverantwortung für Datensicherung.....	136
8.5.5	Einmalige Beschaffung für einen Zeitraum von vier Jahren.....	137
8.6	Externe Evaluation.....	137
8.6.1	Untersuchungsmethodik.....	137
8.6.2	Zufriedenheit mit den umgesetzten Massnahmen.....	137
8.6.3	Auswirkungen auf Motivation und Nutzungsverhalten.....	139
8.6.4	Verbesserungsmöglichkeiten.....	140
8.6.5	Empfehlungen aufgrund der Evaluation.....	141
8.7	Erfolgsfaktoren.....	141
8.8	Signalwirkung.....	142
8.9	Diskussion.....	142
9	ERGEBNISSE UND AUSBLICK.....	143
9.1	Ergebnisse.....	143
9.2	Ausblick.....	144
A	GLOSSAR.....	145
B	SYSTEMMODELL.....	147
	LITERATUR.....	178
	LEBENS LAUF.....	191

ZUSAMMENFASSUNG

Die zunehmende Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) in der Arbeits- und Lebenswelt macht auch vor der Schule nicht Halt. Der erhoffte didaktische Mehrwert sowie die Forderungen nach ICT-Know-how und Medienkompetenz der Schülerinnen und Schüler führen dazu, dass immer mehr Informatikmittel in Schulen anzutreffen sind.

Schulen und Schulbehörden stehen damit vor einer neuen Herausforderung. Während die ersten Computer in Schulen noch von Lehrpersonen nebenamtlich oder in der Freizeit individuell beschafft und installiert wurden, erfordern heute die grosse Zahl benötigter Computer und die Komplexitätszunahme bereits bei der Beschaffung ein professionelleres Vorgehen. Spätestens im laufenden Betrieb rächen sich fehlende oder falsche Planung. Die Gesamtsicht erfordert ein so genanntes ICT-Konzept, das didaktische, technische und betriebliche Aspekte berücksichtigen muss.

Diese notwendige Interdisziplinarität ist bei der Erstellung von ICT-Konzepten für Schulen oft ein Problem: Während Schulen und Schulbehörden meist das notwendige Informatik- und Projektmanagementwissen fehlt, verfügen Informatikunternehmen selten über Erfahrungen mit dem Alltag allgemein bildender Schulen.

Die vorliegende Dissertation bietet eine systematische, von situations-, technologie- und produktespezifischen Voraussetzungen unabhängige Beschreibung von *Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an Schulen*. Das gemeinsame Problemverständnis von Informatikfachleuten, Lehrpersonen und Schulbehörden wird mit einer klaren und konsistenten Begriffsbildung und einem qualitativen Systemmodell gefördert. Dieses Systemmodell macht Zusammenhänge, gegenseitige Abhängigkeiten und Einflussmöglichkeiten bei der Förderung der ICT-Nutzung in der Schule sichtbar und grenzt sie auch ab. Zusammen mit den in der Arbeit dargestellten technischen, organisatorischen und finanziellen Konzepten und Erfahrungen bietet diese Arbeit einen Werkzeugkasten zur Entwicklung von innovativen und nachhaltigen ICT-Lösungen für Schulen.

Anhand einer grossen Fallstudie einer Schweizer Stadt wird gezeigt, dass die entwickelte Systematik in der Praxis anwendbar ist und wie eine zeitgemässe ICT-Lösung für Schulen konkret aussehen kann.

ABSTRACT

The increasing penetration of information and communication technology (ICT) at work and at home does not skip school. The expected added didactical value and the demand for ICT know-how and media literacy of students lead to an increasing proliferation of ICT infrastructure in schools.

Schools and school authorities have to cope with a new challenge. While the first computers in schools were purchased and installed individually by teachers in their spare time, today the large number of computers needed and the increasing complexity demand first for a professional purchasing process. Missing or wrong planning show up in everyday operation at the latest. A holistic approach calls for an ICT plan which integrates didactical, technical and operational aspects.

This inevitable interdisciplinarity is often a problem for schools trying to develop an ICT concept. While schools and school authorities mostly lack the know-how needed in the domains of ICT and project management, IT companies rarely have experience with everyday life at general-education schools.

This doctoral thesis offers a systematic description of purchase and operation of ICT infrastructure in schools, independent from specific local situations, technology or products. The shared understanding among IT professionals, teachers and school authorities is supported by a clear and consistent vocabulary and a qualitative system model. This system model shows relations, interdependencies and possibilities of control in promoting the use of ICT in schools. Together with the technical, organizational and financial concepts described, this thesis provides a tool kit for the development of innovative and sustainable ICT solutions for schools.

With a case study in a Swiss city we show the practicability of the concepts developed in this doctoral thesis and give an example of a modern IT solution for schools.

1 EINLEITUNG

1.1 *Problemstellung*

1.1.1 **Auf dem Weg in die Informationsgesellschaft**

Im Zuge der Verbreitung des Computers hat die Bedeutung von Information weltweit in den letzten fünfzig Jahren massiv zugenommen. In den USA überstiegen im Jahr 1991 die Ausgaben von Unternehmen für Informationstechnologie erstmals jene für Produktionstechnologien [Bruck, Geser 2000]. Diese Verlagerung kann als Zeitpunkt für den Übergang von der Industriegesellschaft in die *Informationsgesellschaft* bezeichnet werden.

Dank der zunehmenden Miniaturisierung und Verarbeitungsgeschwindigkeit der Mikroelektronik wird diese zur *Informationsverarbeitung*, zur *Informationsspeicherung* und auch zur Informationsübertragung verwendet. Deshalb kommt es zunehmend zu einer *Konvergenz* von ursprünglich getrennter Computertechnologien und Kommunikationstechnologien. Als *Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT)* werden alle Konzepte und Produkte bezeichnet, die zur Datengewinnung, Datenverarbeitung, Datenübermittlung, Datenspeicherung und Datenpräsentation verwendet werden.

Folgende Beispiele illustrieren, wie weit diese Entwicklung zu Beginn des 21. Jahrhunderts bereits vorangeschritten ist:

- **Verbreitung von ICT am Arbeitsplatz:** Im Jahr 2000 verfügen 94% der Unternehmen in der Schweiz über mindestens einen Computer. 80% der Schweizer Unternehmen sind am Internet angeschlossen [BfS 2002].
- **Verbreitung von ICT in Privathaushalten:** Im Jahr 2000 besitzen 64% der EinwohnerInnen in der Schweiz ein Mobiltelefonabonnement und 61% der Haushalte mindestens einen Computer [BfS 2002].
- **ICT verdrängt traditionelle Dienstleistungen:** Der Zürcher Verkehrsverbund (ZVV) druckt seit dem Jahr 2000 kein ausführliches Kursbuch mit allen Fahrplänen mehr auf Papier. Komplexere Fahrplanabfragen sind nur noch per Computer, Internet oder Telefon möglich [TA 2000].

Diese drei Beispiele zeigen deutlich, wie tief ICT ins Berufs- und Privatleben eingedrungen ist. Bereits sind erste Bereiche des öffentlichen Lebens ohne ICT nicht mehr zugänglich.

1.1.2 Motivation für ICT in der Schule

Die grosse Verbreitung von ICT in der Arbeits- und Lebenswelt hat auch Auswirkungen auf die Schule. In der aktuellen Diskussion lassen sich drei Begründungen für einen verstärkte Beschäftigung mit ICT in der Schule unterscheiden [Kerres 2000], [Wöckel 2002]:

- A. **Kulturtechnik:** Die kompetente Nutzung von ICT ist zu einer Kulturtechnik geworden, die in der Schule vermittelt und geübt werden muss.
- B. **Medienkompetenz:** Der souveräne und kritische Umgang mit den neuen Medien ist eine Voraussetzung für das selbst bestimmte Leben in der Informationsgesellschaft und muss daher in der Schule vermittelt werden.
- C. **Didaktischer Mehrwert:** Die richtige Nutzung von ICT bietet neue didaktische Möglichkeiten und fördert den Lernerfolg.

A. Kompetente Nutzung von ICT als Kulturtechnik

Die Durchdringung von Arbeits- und Lebenswelt mit Informations- und Kommunikationstechnologien rechtfertigt nach Ansicht zahlreicher Experten die Bezeichnung der kompetenten Nutzung von ICT als *vierte Kulturtechnik* neben Lesen, Schreiben und Rechnen (z.B. [Kerres 2000], [Hartmann, Reichert 2001], [Hartmann, Nievergelt 2002]). Um am beruflichen und kulturellen Leben in der Informationsgesellschaft teilhaben zu können, sind Grundfertigkeiten in der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien notwendig. So weisen HARTMANN und REICHERT darauf hin, dass heute ein Hochschul-Studium zwar ohne Führerschein, nicht aber ohne ICT-Kenntnisse möglich sei [Hartmann, Reichert 2001].

Da sich die Produkte im Bereich ICT aufgrund der raschen technischen Entwicklung laufend verändern und mit neuen Möglichkeiten aufwarten, genügt entsprechendes *Produktwissen* nicht. Stattdessen müssen in der Ausbildung grundlegende und langlebige Konzepte von ICT vermittelt werden, die den Produkten zugrunde liegen. Erst dieses *Konzeptwissen* ermöglicht ein Verständnis der Produktentwicklung und damit das längerfristige Schritthalten mit der technischen Entwicklung [Zehnder 2000].

Die Unterscheidung zwischen rasch veraltendem Produktwissen und langlebigem Konzeptwissen entkräftet auch den Einwand verschiedener Computerkritiker, dass sich notwendige ICT-Kenntnisse problemlos im Erwachsenenalter aneignen liessen und ICT als Unterrichtsthema in der Schule somit überflüssig sei (z.B. [Hentig 1993], [Stoll 1999]).

B. Medienkompetenz

Aus Sicht der Medienpädagogik genügt die Beherrschung von ICT und ihrer Gestaltungsmöglichkeiten nicht (z.B. [Moser 1997], [Struck 1998]). Für ein selbst bestimmtes und souveränes Leben in der Informationsgesellschaft sind laut MOSER neben der oben beschriebenen *technischen* Ebene von Medienkompetenz drei weitere Ebenen notwendig [Moser 1997]:

- Kulturelle Ebene von Medienkompetenz: Vertrautheit mit den ästhetischen und gesellschaftlichen Ausdrucksformen von Medien.
- Soziale Ebene von Medienkompetenz: Fähigkeit, die durch Medien angebotenen Kommunikationsmöglichkeiten sinnvoll zu nutzen.
- Reflexive Ebene von Medienkompetenz: Kritische Beurteilung der Wirkung und der eigenen Nutzung von Medien.

Zur Erreichung dieser umfassenden Medienkompetenz müssen neben den traditionellen auch die neuen Medien im Unterricht genutzt und thematisiert werden.

C. Didaktischer Mehrwert von ICT

Die dritte Begründung verspricht günstigeres oder schnelleres Lernen mit Hilfe von ICT. Die Idee, mit Hilfe von Maschinen das Lernen zu verbessern oder effizienter zu gestalten, ist nicht neu. Der 1926 erschienene Artikel „*A simple apparatus which gives tests and scores and teaches*“ von SIDNEY L. PRESSEY gilt als Geburtsstunde der Diskussion über Lernmaschinen [Pressey 1926]. Bereits PRESSEYS Maschine, die den Lernenden Multiple Choice Fragen präsentierte und über einen Lern- und einen Prüfmodus verfügte, bot individuelles Lerntempo und unmittelbare Rückmeldungen.

Die technische Entwicklung und unterschiedliche Lerntheorien haben in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer grossen Anzahl verschiedener Ansätze geführt, wie Computer und später auch das Internet zu einer Verbesserung des Lernens genutzt werden können.

Die Frage, welchen Einfluss ICT auf die Schule hat und haben soll, wird dabei sehr kontrovers beurteilt. Es gibt prominente Stimmen, die eine positive Veränderung durch ICT prophezeien oder gar das Ende der traditionellen Schule voraussehen, wie die entsprechenden Titel teilweise suggerieren: *Computers, Networks and Education*, [Kay 1991], *School's out* [Perelman 1992], *Revolution des Lernens*, [Papert 1993].

Bei den negativ-kritischen Stimmen gehen die einen davon aus, dass der Einsatz von ICT keine nennenswerte Verbesserung des Lernens bringt und sich der Aufwand deshalb nicht lohnt. Damit verwandt ist das Argument, dass beim Einsatz von ICT bisher immer technische statt inhaltliche und didaktische Aspekte im Vordergrund standen. In diese Richtung argumentieren beispielsweise CLARK in *Media will never influence learning* [Clark 1994] oder CUBAN in *Oversold and underused* [Cuban 2001].

Der andere Teil der negativ-kritischen Stimmen warnt vor negativen Entwicklungen beim Einsatz von ICT in der Schule. Durch den ICT-Einsatz würden Zeit und Geld für andere Themen und Werkzeuge in der Schule fehlen. Prominent wird diese Meinung durch WEIZENBAUM [Weizenbaum 1990], STOLL [Stoll 1999] oder VON HENTIG [Hentig 1993], [Hentig 2002] vertreten.

Einen aktuellen Stand der wissenschaftlichen Diskussion zu Möglichkeiten und Mehrwert des ICT-Einsatzes in der Ausbildung bieten beispielsweise [Schulmeister 1996] und die Sammelwerke [Keil-Slawik, Kerres 2002] und [Issing, Klimsa 2002].

1.1.3 ICT-Einsatz in der Schule

Die im letzten Abschnitt genannten Gründe sprechen nicht nur für eine Thematisierung, sondern auch für den Einsatz von ICT in der Schule. Beim Einsatz lassen sich zwei grosse Problembereiche unterscheiden: Auf der einen Seite die *Nutzung* von Informatikmitteln und auf der anderen Seite die *Beschaffung* und der *Betrieb* von Informatikmitteln. Für diese Begriffe gelten folgende Definitionen:

Nutzung:	<i>Produktiver Einsatz von Informatikmitteln durch AnwenderInnen.</i>
Beschaffung:	<i>Projektmassige Planung und Bereitstellung von geeigneten Informatikmitteln.</i>
Betrieb:	<i>Alle Tätigkeiten und Aufwendungen, die zum produktiven Einsatz der Informatikmittel nach der Inbetriebnahme und vor der Entsorgung (d.h. während der Nutzungsdauer) notwendig sind.</i>

Fragen der Nutzung

Bei der Nutzung von Informatikmitteln in der Schule stellen sich die Fragen, *warum, wann und wie* Informatikmittel eingesetzt werden sollen. Diese Fragen sind primär aus einer pädagogischen/didaktischen Perspektive zu beantworten. Daneben sind aber auch Kenntnisse der technischen Möglichkeiten und Grenzen von ICT notwendig.

Fragen von Beschaffung und Betrieb

Bei Beschaffung und Betrieb lauten die zwei Kernfragen: *Welche Informatikmittel sind zu beschaffen? Wie sind diese zu betreiben, um die Bedürfnisse der Nutzung in der Schule mit vernünftigem personellem und finanziellem Aufwand abzudecken?* Zur Beantwortung dieser Fragen ist primär technisches und betriebliches Wissen notwendig. Daneben ist aber auch *branchenspezifisches* Wissen zu den Möglichkeiten und Besonderheiten von Schulen erforderlich.

Historische Entwicklung

Die Hoffnung auf didaktischen Mehrwert der ICT-Nutzung hat dazu geführt, dass bereits sehr früh Informatikmittel in der Schule eingesetzt wurden. Schon vor der Entwicklung des Personal Computers wurden in Schulen sog. Terminals mit Anschluss an Universitätsrechner eingerichtet und auch schulspezifische Lernprogramme entwickelt. In den Siebzigerjahren begann die Nutzung von Klein- und programmierbaren Taschenrechnern. Kurz nach der Einführung von Personal Computern in Unternehmen standen auch die ersten Exemplare in Schulen. Der Einsatz von ICT in der Schule nahm darauf hin stetig zu. So verfügten beispielsweise 1989 in der Schweiz bereits alle Schulen der Sekundarstufe II über Computer für Schülerinnen und Schüler [Niederer, Frey 1990].

Die Erfindung des World Wide Web (WWW) sorgte ab 1995 für eine starke Verbreitung des Internets. Dies führte in der Folge auch zu einer neuen Welle von Beschaffungsinitiativen für Informatikmittel an Schulen. Neben der rein zahlenmässigen Zunahme der Informatikmittel hatte dies wegen der Vernetzung und Anbindung der Geräte ans Internet eine Komplexitäts-

zunahme zur Folge. Damit war an vielen Schulen die Grenze der Leistungsfähigkeit und -bereitschaft der Lehrpersonen erreicht, die bisher weitgehend unbezahlt und ohne Entlastung Informatikmittel in der Schule installiert und betreut hatten.

Bei den meisten staatlichen oder privaten Initiativen zur Förderung des ICT-Einsatzes in der Schule handelte es sich gegen Ende des 20. Jahrhunderts um reine Beschaffungsmassnahmen, welche die Probleme des laufenden Betriebs der Informatikmittel in den Schulen nicht oder zuwenig berücksichtigten. Oft fehlte daher anschliessend das Geld oder die Arbeitskraft oder beides, um die notwendigen Unterhaltsarbeiten vorzunehmen. In der Folge standen die Geräte zwar in den Schulen, funktionierten aber nicht zuverlässig. Dies trug neben der fehlenden Unterstützung der Lehrpersonen dazu bei, dass die Nutzung von ICT in den Schulen nicht in dem Masse zunahm, wie in die Infrastruktur investiert worden war.

Im deutschsprachigen Raum wurde das ungelöste Problem des Informatikmittelbetriebs an Schulen ab 1998 offensichtlich und durch Experten und Betroffene publik gemacht [Kubicek, Breiter 1998a], [Mayrhofer 1998], [PROFSYS 1998], [Bruck, Stocker et al. 1998]. Als Reaktion auf die Kostenexplosion beim Betrieb von Informatikmitteln in der Schule wurden in einem ersten Schritt unter anderem Konzepte aus Unternehmen zum Betrieb von Informatikmitteln ungeprüft für schulische Installationen übernommen. Dies half zwar erlaubte zwar in einigen Fällen, die Kosten zu senken, doch entsprachen die installierten Systeme oft nicht den Bedürfnissen der Schule.

Probleme des Betriebs auch im Jahr 2004 noch ungelöst

Diese Situation hat sich bis ins Jahr 2004 nicht grundlegend gebessert. Die Bedeutung des Betriebs von Informatikmitteln für Nutzung und Gesamtkosten der ICT-Infrastruktur wird weiterhin vielerorts unterschätzt. Es werden oft ohne die notwendigen Fachkenntnisse und entsprechende Planung konzeptlos neue Informatikmittel beschafft, die im Betrieb nicht den Bedürfnissen entsprechen oder unbezahlbare Folgekosten zur Folge haben. Dies kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden:

- Die Zahl der fundierten Untersuchungen zum Thema Informatikmittelbeschaffung und -betrieb an Schulen ist gering. Es fehlen Best-Practice-Beispiele, die ein klar dokumentiertes Konzept aufweisen und sich verallgemeinern lassen.
- Oft fehlen immer noch interdisziplinäre ExpertInnen, die das notwendige Wissen aus den Bereichen Informatik *und* Schule mitbringen. Werden bei der Planung einseitig nur Schul- *oder* InformatikspezialistInnen herangezogen, so entstehen Lösungen, die entweder nur aus der Schul- oder der Informatikperspektive ideal sind. Werden Schul- *und* InformatikspezialistInnen bei der Planung zugezogen, fehlt oft bereits das gemeinsame *Begriffs- und Problemverständnis*.
- Das Bewusstsein für das Problem des Betriebs von Informatikmitteln an Schulen hat erstaunlicherweise in der Zeit von 2000 bis 2004 stark nachgelassen. Es erreichte im Gefolge der Verbreitung des World Wide Web und die darauf folgenden Beschaffungsmassnahmen im Jahr 2000 den vorläufigen Höhepunkt (siehe Abbildung 1-1). Der im deutschsprachigen Raum durch die Veröffentlichung des internationalen Vergleichs von Schulleistungen ausgelöste *Pisa-Schock* führte jedoch ab 2002 in zweifacher Hinsicht zu einer Abnahme des Problembewusstseins in Bezug auf den Informatikmittelbetrieb an Schulen. Einerseits wurde die Beschäftigung mit dem Thema *ICT in der Schule* mancherorts durch das Thema *Lesekompetenz* verdrängt. Andererseits

wurde beim Thema ICT die Aufmerksamkeit weg von *technischen* auf *pädagogische Fragestellungen* verlegt.

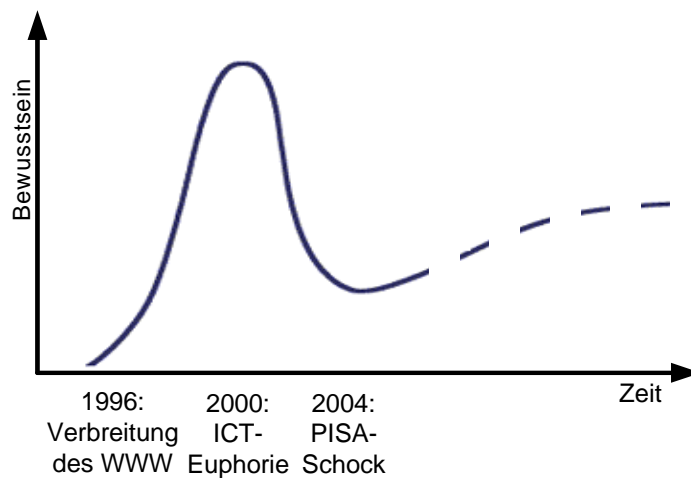


Abbildung 1-1: Zeitliche Entwicklung der Aufmerksamkeit, die dem Thema „Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an Schulen“ geschenkt wird

Die Frage des effektiven und effizienten Betriebs von Informatikmitteln bleibt damit weiterhin meist ungelöst. Die weiter zunehmende Verbreitung von Informatikmitteln an Schulen, Sicherheitsprobleme und neue Nutzungsformen, die mit der technischen Entwicklung einher gehen, werden das Problembewusstsein in den nächsten Jahren vermutlich wieder erhöhen. Die in Abbildung 1-1 dargestellte zeitliche Entwicklung des Problembewusstseins entspricht einem Muster, welches im ICT-Bereich unter der Bezeichnung *hype cycle* bekannt wurde (siehe 3.2.5).

In den letzten Jahren sind zwar zahlreiche Konzepte zur Ausstattung von Schulen mit Informatikmitteln entstanden und zum Teil auch publiziert worden. Bisher fehlt jedoch eine *systematische* Betrachtung der Thematik, die weder auf lokale Gegebenheiten noch kurzfristig gültige technische Voraussetzungen beschränkt ist.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

1.2.1 Zielsetzung

Mit der vorliegenden Arbeit soll das Thema *Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an Schulen* systematisch und unabhängig von situations-, technologie- und produktespezifischen Voraussetzungen beschrieben und weiter entwickelt werden. Zu dieser systematischen Betrachtung gehören eine klare und konsistente Begriffsbildung sowie eine Analyse des Gesamtsystems mit Wirkungszusammenhängen und Einflussmöglichkeiten. Aus den Erfahrungen von Unternehmen und Schulen mit Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln sollen typische Muster herausgearbeitet und als Prinzipien in verdichteter Form dargestellt werden.

Die klare Begriffsbildung, das zu erarbeitende Systemmodell und die aus jahrelangen Erfahrungen gewonnenen Prinzipien sollen als *Werkzeugkasten* zur Entwicklung von zukunfts-trächtigen ICT-Konzepten für Schulen dienen, die für verschiedenste didaktisch-methodische

Nutzungsformen offen sind. Das mit dieser Arbeit zu entwickelnde Instrumentarium soll dabei den gedanklichen und kommunikativen Spielraum aller Beteiligten erweitern und strukturieren und auf diesem Weg neuartige Lösungsansätze ermöglichen.

Anhand einer Fallstudie soll gezeigt werden, dass die in der Theorie entwickelte Systematik in der Praxis anwendbar ist und zu innovativen und nachhaltigen Lösungen führen kann.

1.2.2 Abgrenzung

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf *Beschaffung und Betrieb* von Informatikmitteln an Schulen. Fragen der *Nutzung* werden nur soweit behandelt als sie Auswirkungen auf Beschaffung und Betrieb haben.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die *Situation an öffentlichen Schulen im deutschsprachigen Raum*, da die Ausgangslage und Möglichkeiten stark von kulturellen Faktoren und finanziellen Gegebenheiten abhängig sind. Während sich technische Überlegungen oft auch auf andere Industrienationen anwenden lassen, ist dies bei organisatorischen Aspekten nicht ohne weiteres möglich.

In zeitlicher Hinsicht erfasst diese Arbeit die Erfahrungen seit den Neunzigerjahren und macht Aussagen mit einem Zeithorizont von sechs Jahren. Aussagen in die weitere Zukunft sind aufgrund der technischen Entwicklung schwierig. Der abgedeckte Zeitraum ist als *Wachstumsphase* gekennzeichnet. Die Arbeit macht keine Aussagen zur danach zu erwartenden *Reife- bzw. Sättigungsphase*.

1.3 Hauptresultate und Gliederung der Arbeit

1.3.1 Begriffsbildung und Systemmodell

In Kapitel 2 werden die Beschaffung und der Betrieb von Informatikmitteln an Schulen als vernetztes System mit Variablen und Wirkungszusammenhängen dargestellt. Dieses Systemmodell dient der *Begriffsbildung* und der Abgrenzung des Themas. Es vermittelt einen neuartigen *strukturierten Überblick* des Betriebs von Informatikmitteln an Schulen, der in den folgenden Kapiteln vertieft und durch zahlreiche Literaturverweise im Anhang B untermauert wird.

Begriffsdefinitionen und Systemmodell bieten verbesserte Voraussetzungen für konstruktive interdisziplinäre Zusammenarbeit von Fachleuten aus den Bereichen Informatik und Schule bei Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an Schulen.

1.3.2 Konzepte

Die Kapitel 3 bis 6 beleuchten das Thema dieser Arbeit aus unterschiedlichen Perspektiven und bieten Konzepte zur koordinierten Planung und Umsetzung von Informatikmittelbeschaffung und -betrieb an Schulen.

- Kapitel 3 stellt fünf Modelle von zeitlichen Entwicklungen im Bereich Informatikmitteleinsatz in Unternehmen vor und untersucht deren Übertragbarkeit auf schulische Verhältnisse.

- Kapitel 4 behandelt organisatorische Aspekte des Informatikmitteleinsatzes. Dabei werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Einsatzes in Unternehmen und in Schulen dargestellt.
- Durch die finanzielle Betrachtung in Kapitel 5 werden qualitative Aussagen vorheriger Kapitel quantitativ vertieft. Das in der Unternehmenswelt verankerte *Total Cost of Ownership*-Konzept (TCO) wird auf die Schulwelt übertragen. Verschiedene Formeln zur Berechnung des personellen Betriebsaufwandes von Informatikmitteln an Schulen werden miteinander verglichen und empirischen Zahlen gegenüber gestellt.
- In Kapitel 6 werden technische Konzepte des Informatikmitteleinsatzes in Schulen diskutiert. In einem ersten Teil werden Unterschiede in der Computernutzung in Unternehmen und Schulen in verschiedenen Kategorien aufgezeigt. Ausgehend von diesen Überlegungen werden die heute bekannten Computerarchitekturen vorgestellt und auf ihre Schultauglichkeit überprüft.

1.3.3 Beispiel und Fallstudie

Am Beispiel der aktuellen Tendenz weg von Desktops hin zu Notebooks werden in Kapitel 7 die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Konzepte konkretisiert.

In Kapitel 8 wird im Rahmen einer Fallstudie das ICT-Konzept der Stadtschulen Solothurn vorgestellt. In diesem Projekt konnten zahlreiche der in dieser Arbeit gemachten Überlegungen praktisch umgesetzt und auf ihre Tauglichkeit hin überprüft werden. Das ICT-Konzept der Stadtschulen Solothurn weist zahlreiche innovative Aspekte auf, die auf Konzepten der vorliegenden Arbeit beruhen und zuvor im deutschsprachigen Raum nicht zu finden waren. Die zum Schluss des Kapitels besprochene externe Evaluation des Projekts zeigt, dass mit den getroffenen Massnahmen die gesteckten Ziele zur grossen Zufriedenheit der NutzerInnen erreicht werden konnten.

2 SYSTEMMODELL „ICT-EINSATZ IN DER SCHULE“

2.1 *Motivation*

ICT-Einsatz in der Schule ist ein interdisziplinäres Thema. Für eine erfolgreiche Integration von ICT in die Schule ist Know-how der Informatikwelt und der Schulwelt notwendig. Erst eine Kombination dieser Kenntnisse führt zu angemessenen Lösungen.

In diesem Kapitel wird das Thema „ICT-Einsatz in der Schule“ als vernetztes System dargestellt. Dabei werden die relevanten Variablen des Systems und Zusammenhänge zwischen diesen Variablen erfasst. Die Darstellung verfolgt drei Ziele:

- **Systemabgrenzung:** Das Systemmodell macht die in dieser Arbeit vorgenommenen Abstraktionen und Einschränkungen explizit sichtbar.
- **Aufzeigen von Einflussmöglichkeiten:** Eine Sensitivitätsanalyse nach VESTER führt zu denjenigen Variablen, mit denen sich das System beeinflussen lässt.
- **Beschreibung von dynamischen Systemeigenschaften:** Gewisse dynamische Eigenschaften des Gesamtsystems können mit Regelkreisen einfach beschrieben werden.

Im nachfolgenden Abschnitt 2.2 werden zu diesem Zweck verschiedene Methodiken des Systemdenkens eingeführt. In Abschnitt 2.3 werden die für die vorliegende Arbeit am besten geeignete Methodik ausgewählt und weitere Abgrenzungen des Themas vorgenommen. Abschnitt 2.4 stellt die Variablen des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systemmodells vor und Abschnitt 2.5 beschreibt erste Systemeigenschaften.

2.2 *Methodik*

2.2.1 **Qualitatives Systemdenken**

Wirkungsdiagramme

Beim qualitativen Systemdenken werden kausale Zusammenhänge in einem betrachteten System aufgezeigt und analysiert. Die Gesamtheit solcher Zusammenhänge wird als *Wirkungsnetz* [Schweizer 1999] oder *Wirkungsgefüge* [Vester 1999] bezeichnet. Wird ein Wirkungsnetz oder Wirkungsgefüge graphisch dargestellt, so spricht man auch von einem *Wirkungs-*

diagramm [Vester 1999] oder einem *causal loop diagram* [Richardson 1976]. Weder die Bezeichnungen noch die Notationsdetails sind in der Literatur standardisiert. Die folgenden Erläuterungen lehnen sich an [Schweizer 1999] und [Vester 1999] an.

Wirkungsdiagramme bestehen aus den Variablen des modellierten Systems und den Wirkungen zwischen diesen Variablen. Es werden dabei zwei Arten von Beziehungen unterschieden:

- **Gleichgerichtete Wirkung $A \rightarrow B$:** Eine Erhöhung von A führt zu einer Erhöhung von B und eine Erniedrigung von A führt zu einer Erniedrigung von B. Im Folgenden werden solche Wirkungen mit einem durchgezogenen Pfeil dargestellt (siehe Abbildung 2-1).
- **Gegenläufige Wirkung $C \rightarrow D$:** Eine Erhöhung von C führt zu einer Erniedrigung von D und eine Erniedrigung von C führt zu einer Erhöhung von D. Im Folgenden werden solche Wirkungen mit einem gestrichelten Pfeil dargestellt (siehe Abbildung 2-1).

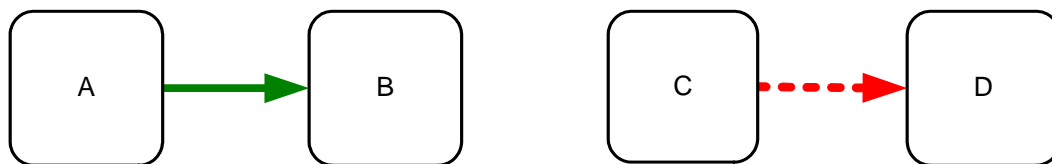


Abbildung 2-1: Gleichgerichtete Wirkungen werden als durchgezogene, gegenläufige Wirkungen als gestrichelte Pfeile dargestellt

Systemgrenze

Mit dem Erstellen eines Wirkungsdiagramms wird auch die Grenze des betrachteten Ausschnitts der Wirklichkeit definiert. Dies geschieht entweder explizit durch Angabe von Variablen, die nicht mehr zum betrachteten System gezählt werden. Oft ist die Definition der Systemgrenze jedoch implizit: Was nicht mehr zum betrachteten System gehört, wird nicht im Wirkungsdiagramm eingezeichnet. Damit fällt die Systemgrenze mit der Wahrnehmungsgrenze zusammen.

Rückkoppelungsschlaufen

Beeinflussen sich Variablen gegenseitig, so spricht man von *Rückkoppelungs-* oder *Feedbackschlaufen* (engl. *causal loops* oder *feedback loops*). Solche Rückkoppelungsschlaufen sind ein wesentlicher Aspekt systemischer Betrachtungsweise. Im einfachsten Fall von zwei Variablen hat eine Veränderung einer Variablen A nicht nur eine Veränderung auf eine Variable B zur Folge, sondern eine Veränderung von B führt auch zu einer Veränderung von A. Es lassen sich zwei Arten von Rückkoppelungsschlaufen unterscheiden:

- **Positive Rückkoppelung:** Besitzt eine Rückkoppelungsschleife eine gerade Anzahl gegenläufiger Wirkungen, so wird sie als positive Rückkoppelung bezeichnet. Die Veränderung einer Variablen in eine Richtung (Wachstum oder Schrumpfung) wird durch die Rückkopplung verstärkt. Man spricht deshalb auch von *selbst verstärkender Rückkoppelung* oder von einem *Teufelskreis*. Abbildung 2-2 zeigt zwei einfache Beispiele von positiven Rückkoppelungsschlaufen und das Symbol, welches im Folgenden zur Kennzeichnung von positiven Rückkoppelungsschlaufen verwendet wird.

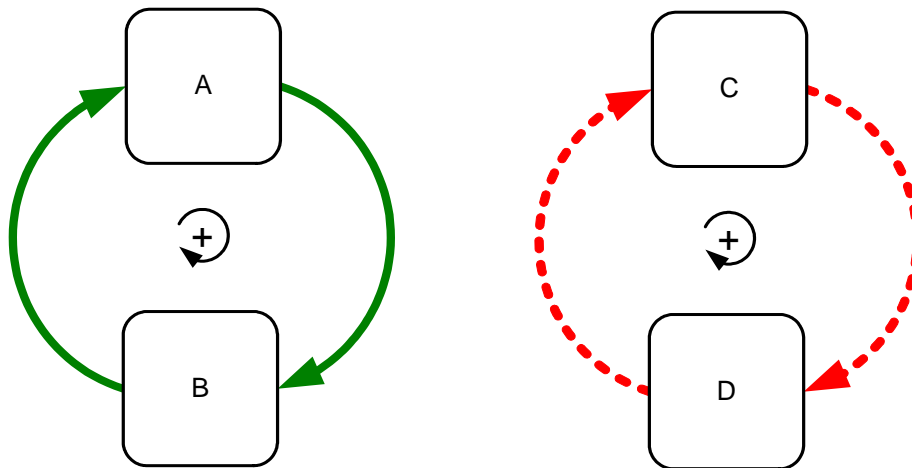


Abbildung 2-2: Zwei positive Rückkopplungsschleifen

- Negative Rückkoppelung:** Besitzt eine Rückkopplungsschleife hingegen eine ungerade Anzahl gegenläufiger Beziehungen, so wird dies als negative Rückkoppelung bezeichnet. Die Veränderung einer Variablen in eine Richtung wird von der negativen Rückkopplungsschleife neutralisiert, der ursprüngliche Wert der Variablen wird wieder erreicht oder angenähert. Aufgrund dieser stabilisierenden Wirkung spricht man deshalb auch von *selbst regulierenden Rückkopplungsschleifen*. Abbildung 2-3 zeigt ein einfaches Beispiel einer negativen Rückkoppelung und das zur Kennzeichnung verwendete Symbol.

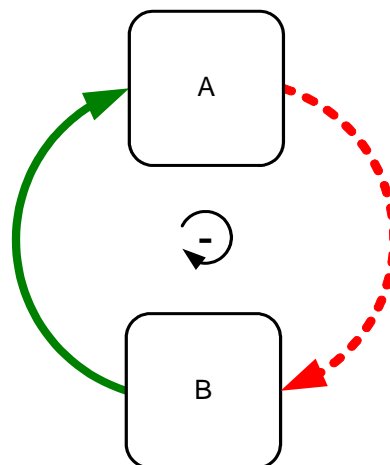


Abbildung 2-3: Eine negative Rückkopplungsschleife

Verzögerungen

Eine weitere Komponente bei der Modellierung von Systemen ist die Verzögerung. Gewisse Wirkungen treten nicht sofort, sondern mit einer gewissen Verzögerung ein. Das klassische Beispiel einer Rückkopplungsschleife mit Verzögerung ist der Duschschauch (dargestellt in Abbildung 2-4). Ist man mit der Temperatur des Wassers aus dem Duschschauch nicht zufrieden, so greift man beim Wasserhahn korrigierend ein. Es vergeht aber eine gewisse Zeit, bis diese Korrektur beim aus der Brause strömenden Wasser spürbar ist. Dadurch besteht die

Gefahr, dass man überkorrigiert oder unterkorrigiert, womit eine nachträgliche zweite Korrektur notwendig wird.

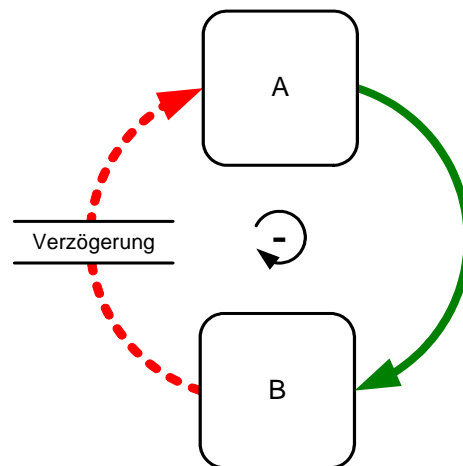


Abbildung 2-4: Negative Rückkopplung mit Verzögerung am Beispiel des Duschschlauchs

Systemarchetypen

In der Praxis entstehen bei systemischer Betrachtungsweise einer Situation meist Wirkungsdiagramme mit zahlreichen positiven und negativen Rückkopplungsschleifen. Zur Vereinfachung der Diskussion solcher Wirkungsdiagramme beschreibt SENGE zehn typische Kombinationen von positiven und negativen Rückkopplungsschleifen, die er *Systemarchetypen* nennt [Senge 1990]. Von der Zielsetzung her lassen sie sich mit den *Design Patterns* von GAMMA ET AL. im Bereich der objektorientierten Programmierung vergleichen [Gamma et al. 1994]: Typische Muster einer Thematik werden jeweils benannt, vorgestellt und detailliert diskutiert. In der Praxis kann danach auf diese Sammlung von Grundmustern zurück gegriffen werden.

WOLSTENHOLME führt die von SENGE beschriebenen zehn Systemarchetypen auf die vier in Abbildung 2-5 dargestellten Basissystemarchetypen mit je zwei Rückkopplungsschleifen zurück [Wolstenholme 2003]. Alle vier Basissystemarchetypen bestehen aus einer bewussten Rückkopplung (*intended consequence*) und einer unbewussten Rückkopplung (*unintended consequence*). In Abbildung 2-5 bedeutet das Symbol $\rightarrow | \leftarrow$, dass zwei Wirkungen einander entgegengesetzt sind.

Bei zwei der Basissystemarchetypen wird versucht, mit Hilfe einer negativen Rückkopplung eine Variable stabil zu halten:

- **Relative Control Archetype:** Ein Stabilisierungsversuch eines Akteurs A provoziert eine entgegen gesetzte Reaktion des Akteurs B. Beide Akteure arbeiten aus ihrer Perspektive an einer Stabilisierung des Zustandes. Aus übergeordneter Perspektive ist jedoch ersichtlich, dass sie ihr Ziel nie erreichen werden. Ein bekanntes Beispiel dieses Systemarchetyps ist das Wettrüsten der Grossmächte während der Zeit des kalten Krieges in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.
- **Out of Control Archetype:** Mit einer kurzfristigen Massnahme wird versucht, eine Situation in den Griff zu bekommen. Es wird dabei übersehen, dass dies eine positive Rückkopplungsschleife aktiviert, welche die kurzfristige Massnahme sabotiert und

evtl. in Zukunft ganz verhindert. Aufnahme eines Kleinkredits bei Finanzknappheit oder Alkoholkonsum zur Stressbewältigung sind zwei Beispiele dieser Symptombekämpfung, die das Problem letztendlich vergrößern, statt es zu lösen.

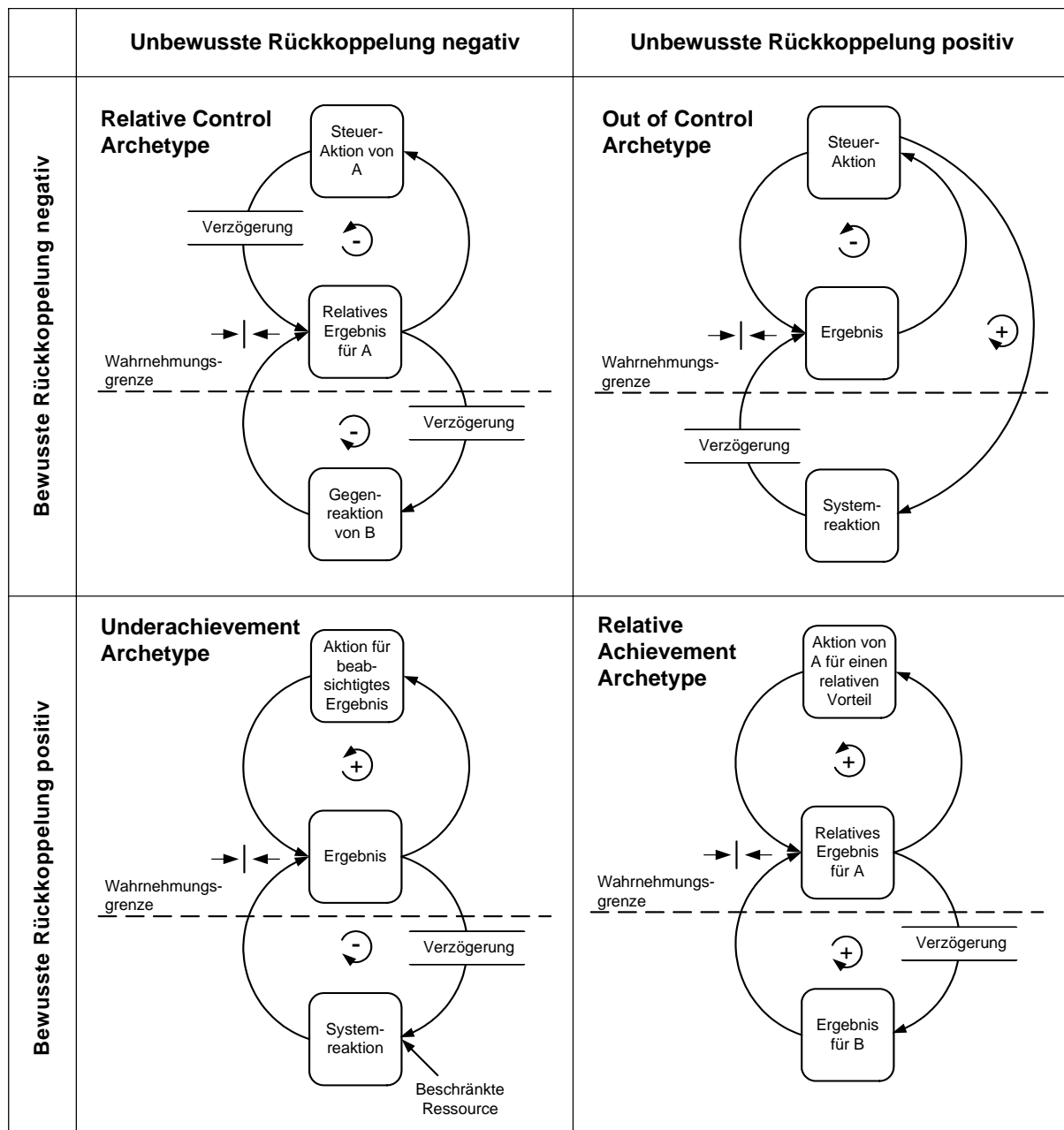


Abbildung 2-5: Die vier Basissystemarchetypen nach Wolstenholme [Wolstenholme 2003]

Bei den anderen beiden Basissystemarchetypen wird eine Veränderung, meist ein Wachstum angestrebt. Unbewusste Rückkoppelungen bremsen oder verhindern dies:

- Underachievement Archetype:** Es wird versucht, mit einer bewussten Massnahme eine Systemvariable zu verändern. Dabei wird übersehen, dass diese Veränderung eine verzögerte Gegenreaktion des Systems zur Folge hat, die der bewussten Massnahme entgegen gesetzt ist. Die Gegenreaktion ist dabei meist auf beschränkte Ressourcen

zurückzuführen. Die angestrebte Veränderung wird damit nur mit Verzögerung oder gar nicht erreicht. Das Hinzufügen von weiteren Mitarbeitenden zu einem Informatikprojektteam erhöht beispielsweise die Gesamtproduktivität des Teams. Jedes neue Teammitglied erhöht aber den Koordinationsbedarf innerhalb des Teams, so dass mit zunehmender Grösse des Teams der Produktivitätszuwachs durch neue Teammitglieder immer kleiner wird oder ab einem gewissen Zeitpunkt im Projektverlauf sogar vermindert [Zehnder 2003:201]. Diese Erkenntnis ist seit der Frühzeit der Informatik unter dem Namen *Brooks Law* bekannt: „Adding manpower to a late software project makes it later“ [Brooks 1972].

- **Relative Achievement Archetype:** Die bewusste Massnahme von A verbessert das relative Ergebnis für A. Mit einer Verzögerung hat dies eine Verschlechterung des Ergebnisses von B zur Folge. Diese Verschlechterung der Lage von B hilft A zusätzlich. Dazu ein Beispiel aus der Informatik: Wählt ein grosser Softwarehersteller bei mehreren konkurrierenden Standards einen aus, so hilft dies dem gewählten Standard nicht nur direkt. Mit der Wahl ist die Verbreitung des Standards und damit dessen Attraktivität für andere Hersteller gestiegen. Andere konkurrierende Standards werden es bei zukünftigen Entscheidungen wegen ihrer relativ betrachteten verringerten Verbreitung schwerer haben, sich durchzusetzen.

2.2.2 Das Sensitivitätsmodell von Vester

Die bisher beschriebene Methodik kommt ohne jegliche Quantifizierungen aus. VESTERS Sensitivitätsmodell erweitert den rein qualitativen Ansatz um einige einfache quantitative Aspekte. Die mit Hilfe der *Einflussmatrix* vorzunehmenden Berechnungen sind so einfach durchzuführen, dass dies auch ohne Computerhilfe möglich ist. VESTER bezeichnet die Methode darum auch als Papiercomputer [Vester 1999].

Zur Erstellung einer Einflussmatrix gemäss dem Sensitivitätsmodell von VESTER ist folgendermassen vorzugehen:

1. Jeder Wirkungsbeziehung wird ein Wert zwischen 1 und 3 zugeordnet. Dabei bedeutet:
 - 1 eine schwache, unterproportionale Beziehung,
 - 2 eine proportionale und
 - 3 eine starke, überproportionale Beziehung.
2. Zu jeder Variable lassen sich nun zwei Summen bilden:
 - **Aktivsumme:** Summe der Werte aller von dieser Variablen ausgehenden Wirkungsbeziehungen. Je höher die Aktivsumme einer Variablen, desto stärker reagiert das Gesamtsystem auf Veränderungen dieser Variable.
 - **Passivsumme:** Summe der Werte aller diese Variable beeinflussenden Wirkungsbeziehungen. Je höher die Passivsumme einer Variablen, desto stärker wird diese Variable durch das restliche System gesteuert.
3. Die Variablen lassen sich nun gemäss ihrer Aktiv- und Passivsummen in ein zweidimensionales Diagramm eintragen. Die Aktivsumme einer Variable bestimmt dabei die Position in der Vertikalen, die Passivsumme die Position in der Horizontalen.

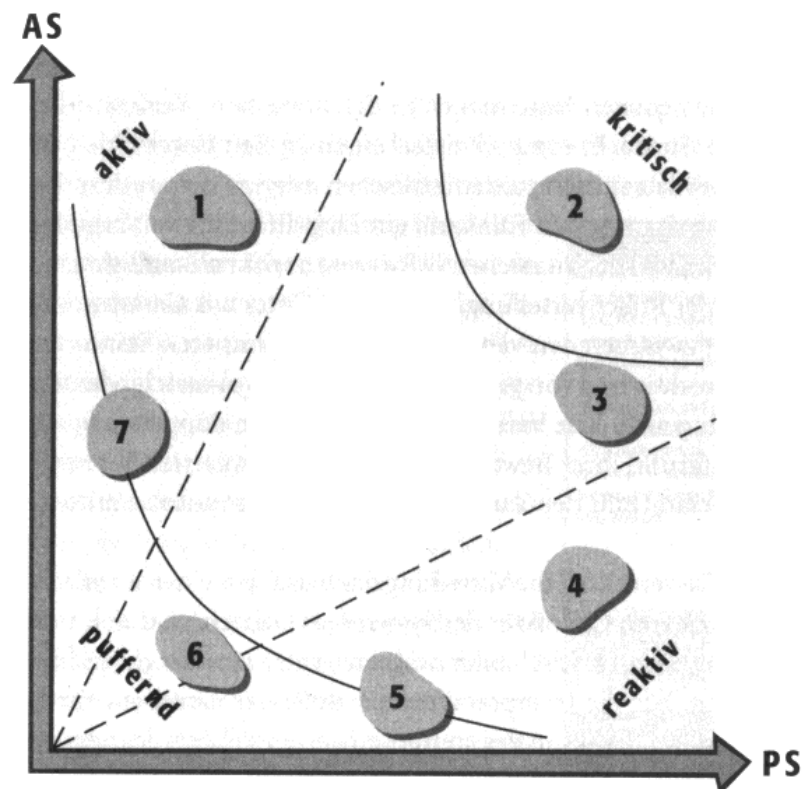


Abbildung 2-6: Kategorisierung von Systemvariablen auf Grund von Aktivsumme (AS) und Passivsumme (PS) [Vester 1999]

Mit Hilfe dieser Visualisierung lassen sich die Variablen des Systems leicht in verschiedene Kategorien einteilen. Abbildung 2-6 zeigt die Kategorisierung nach VESTER in 8 Bereiche. Neben einem Neutralbereich in der Mitte postuliert er folgende Bereiche [Vester 1999:205]:

1. **Aktive Variablen** sind Schalthebel des Systems; eine Veränderung dieser Variablen ermöglicht eine Systemsteuerung ohne dass dessen Stabilität dadurch gefährdet wird.
2. **Kritische Variablen** sind Beschleuniger und Katalysatoren, die sich zur Initialisierung einer Veränderung eignen. Sie gefährden aber die Systemstabilität.
3. **Kritisch/reaktive Variablen** gelten als Indikatoren für ein potenziell instabiles System.
4. **Reaktive Variablen** eignen sich nicht zur Beeinflussung eines Systems. Entsprechende Versuche sind nur Symptombekämpfung.
5. **Puffernd/reaktive Variablen** sind eher träge und beeinflussen das Gesamtsystem wenig.
6. **Puffernde Variablen** führen selten zu Systemveränderungen, ausser wenn gewisse Schwellwerte überschritten werden, die dann das System kippen lassen.
7. **Puffernd/aktive Variablen** stellen schwache Schalthebel mit wenig Nebenwirkungen dar.

2.2.3 Quantitatives Systemdenken: system dynamics

Beim quantitativen Systemdenken wird das zu beschreibende System so modelliert, dass eine Simulation möglich ist. Eine solche Simulation ermöglicht im Vergleich zu qualitativen Modellen ein besseres Verständnis der zeitlichen Dynamik eines System.

Damit eine Simulation valide Ergebnisse liefern kann, müssen jedoch drei Bedingungen erfüllt sein:

1. Es müssen alle Systemvariablen und Wirkungszusammenhänge erkannt werden
2. Allen Variablen muss ein numerischer (Mess-)Wert zugewiesen werden können
3. Alle Wirkungszusammenhänge müssen sich durch eine mathematische Funktion beschreiben lassen.

Diese drei Voraussetzungen sind in der Praxis oft nicht einfach zu erreichen. Es ist schwierig zu beweisen, dass ein Modell alle relevanten Variablen und Systemzusammenhänge enthält. Zudem ist eine mathematische Beschreibung aller Variablen und Wirkungszusammenhänge sehr aufwändig oder sogar unmöglich. Im Vergleich dazu kommt das qualitative Systemdenken mit weniger Voraussetzungen und Aufwand aus.

2.2.4 Kritik am qualitativen Systemdenken

Vertreter des quantitativen Systemdenkens weisen jedoch darauf hin, dass beim qualitativen Systemdenken die Gefahr von Fehlinterpretationen besteht (z.B. [Richardson 1976]). Im Besonderen wird auf zwei Probleme hingewiesen:

- **Keine Unterscheidung von Bestandes- und Flussvariablen:** Wenn in einem Wirkungsdiagramm Bestandes- und Flussvariablen ohne entsprechende Kennzeichnung verwendet werden, so besteht die Gefahr von Fehlinterpretationen. In Abbildung 2-7 wird dies an einem einfachen Beispiel deutlich. Zwischen der Warenlieferung und dem Warenlager ist eine positive Wirkungsbeziehung eingezeichnet, die auf den ersten Blick zu stimmen scheint. Je grösser die Warenlieferung ist, desto grösser wird auch der Warenbestand. Die Umkehrung davon gilt aber nicht: Wird die Warenlieferung immer kleiner, so nimmt der Warenbestand nicht ab, sondern langsamer zu. Beim Warenlager handelt es sich um eine *Bestandesgrösse*, bei der Warenlieferung hingegen um eine *Flussgrösse*, d.h. um eine *Änderung* eines Bestandes.

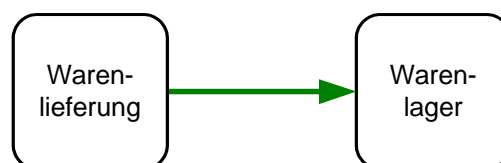


Abbildung 2-7: Beispiel einer Kombination von Bestandes- und Flussvariablen in einem Wirkungsdiagramm

- **Gefahr der Übereinfachung:** Es besteht die Gefahr, dass beim qualitativen Systemdenken gewisse Vereinfachungen vorgenommen werden, welche die tatsächliche Systemdynamik nicht vollständig abbilden. In 2.2.1 wurde die positive Rückkopplungsschleife definiert und als selbstverstärkend bezeichnet. Selbstverstärkung scheint

Stabilität auszuschliessen. Bereits ASHBY liefert aber ein einfaches Beispiel einer positiven Rückkoppelung, die einen stabilen Zustand erreicht [Ashby 1956]. Die beiden Variablen X und Y sind gegenseitig durch zwei gleichgerichtete Wirkungszusammenhänge voneinander abhängig (siehe Abbildung 2-8). Dies entspricht einer positiven Rückkoppelungsschleife. Die Selbstverstärkung führt aber nicht zu endloser Veränderung und Instabilität, sondern endet im stabilen Zustand $x=0, y=0$.

Aus den gleichen Überlegungen folgt auch, dass mit der rein qualitativen Beschreibung durch Systemarchetypen (siehe 2.2.1) die Dynamik eines Systems nicht immer vorhergesagt werden kann. Die Systemdynamik ist keine ausschliesslich qualitative Struktureigenschaft, sondern hängt auch von den quantitativen Systemparametern ab. Das menschliche Gehirn unterschätzt dabei insbesondere die Bedeutung der Verzögerung in Rückkopplungsschleifen (siehe dazu auch [Dörner 1989]).

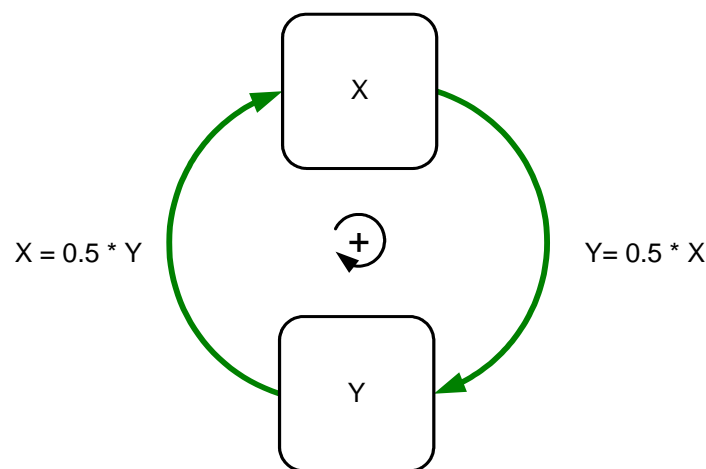


Abbildung 2-8: Beispiel einer positiven Rückkoppelungsschleife mit Gleichgewichtszustand ($x=0, y=0$)

- **Die Kategorisierung nach Vester ist abhängig von der Granularität der Variablen:** Da bei der Kategorisierung nach VESTER die Anzahl der ein- und ausgehenden Wirkungen für die Kategorisierung einer Variable massgebend sind, kann die Aufteilung einer Variable in zahlreiche Teilvariablen grosse Auswirkungen auf die Kategorisierung im Gesamtsystem haben. Wird beispielsweise beim Wirkungszusammenhang *Die Umweltbelastung beeinträchtigt den Gesundheitszustand* die Variable *Umweltbelastung* in fünf Teilaspekte aufgeteilt, so erhöht dies die Passivsumme der Variable *Gesundheitszustand* (siehe Abbildung 2-9).

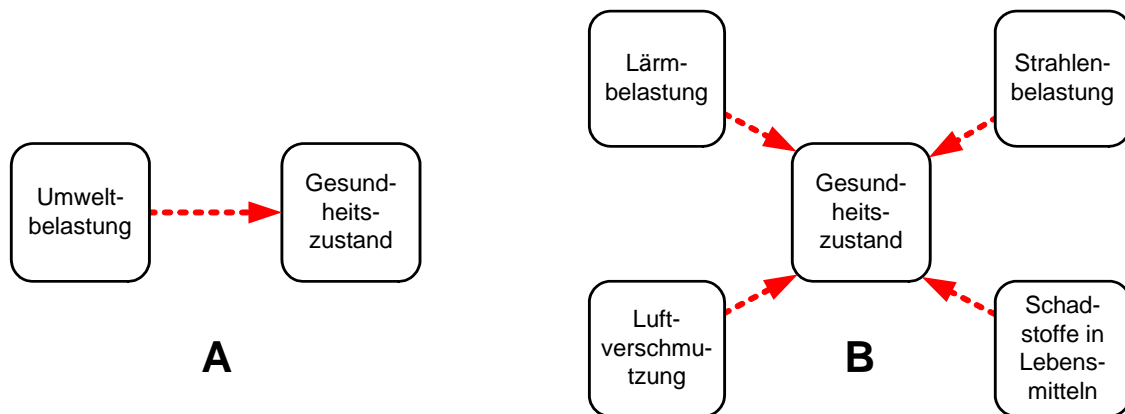


Abbildung 2-9: Veränderung der Passivsumme einer Variablen durch unterschiedlichen Detaillierungsgrad der Modellierung

2.3 Systemabgrenzungen

2.3.1 Verwendung eines qualitativen Wirkungsmodells

Für diese Arbeit wird ein qualitatives Wirkungsmodell des Informatikmitteleinsatzes in Schulen entwickelt. Folgende Gründe haben zu dieser Entscheidung geführt:

- **Aufzeigen von Zusammenhängen als Ziel:** Das Wirkungsdiagramm dieser Arbeit soll Zusammenhänge in einem komplexen System aufzeigen. Darum ist ein Systemüberblick wichtiger als Simulationsergebnisse, zu deren Verständnis lange Erklärungen der getroffenen Annahmen nötig wären.
- **Nicht- oder schwer quantifizierbare Variablen:** Das Wirkungsdiagramm enthält zahlreiche Variablen, die sich nicht oder nur schwer quantifizieren lassen. Das Know-how der Akteure lässt sich beispielsweise nur bedingt quantifizieren. In Unterabschnitt 5.3.4 wird dieses Problem beim Versuch von quantitativen Aussagen zum benötigten Betriebsaufwand exemplarisch vertieft.
- **Nichtquantifizierte Wirkungszusammenhänge:** Verschiedene Wirkungszusammenhänge lassen sich zwar bei gewissen Konstellationen empirisch nachweisen. Aus den bisherigen Erfahrungen ist aber keine mathematische Funktion über einen grösseren Wertebereich herleitbar. So ist es beispielsweise unbestritten, dass die Zahl der installierten Programme den benötigten Betriebsaufwand beeinflusst. Bisher sind aber keine gesicherten Daten verfügbar, die diesen Zusammenhang quantitativ beschreiben.

Konsequenzen

- Das entwickelte qualitative Wirkungsmodell kann nicht zu Simulationszwecken verwendet werden und es sind keine quantitativen Aussagen ableitbar.

2.3.2 Beschränkung auf Wachstumsphase

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Betrachtung der Wachstumsphase der ICT-Nutzung in der Schule. Die Nutzung von ICT in der Schule hat in den letzten Jahren zugenommen und wird in naher Zukunft weiter zunehmen. Die Nutzungszunahme in der Vergangenheit ist empirisch belegt. So hat sich in der Schweiz die Zahl der Lehrpersonen, die min-

destens einmal ICT auf der Sekundarstufe I eingesetzt haben, von weniger als 20% im Jahr 1989 auf über 80% im Jahr 2001 erhöht [Niederer et al. 2003:42] (siehe Abbildung 2-10). Neben der Zahl der Nutzenden hat auch die Nutzungsintensität zugenommen. So geben 60% der VolksschullehrerInnen an, ihre ICT-Nutzung im Unterricht habe sich von 1999 bis 2001 erhöht [Niederer et al. 2003:44].

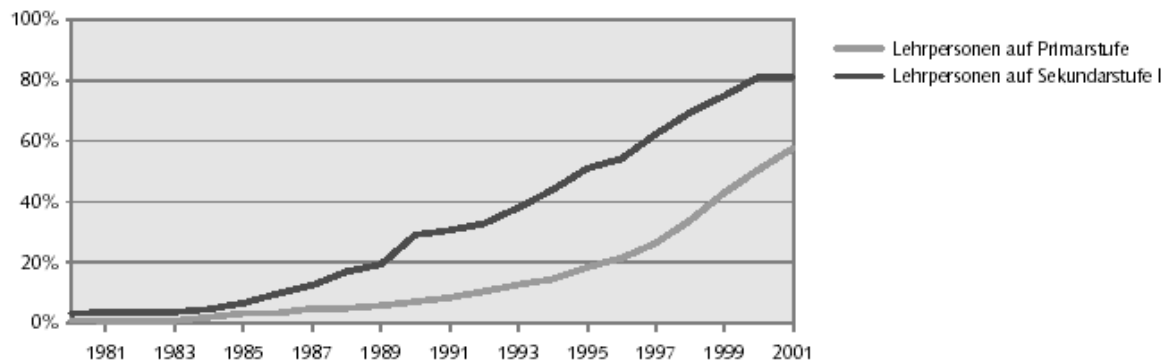


Abbildung 2-10: Computernutzung von Lehrpersonen in der Volksschule von 1980 – 2001
(Anteil der Lehrpersonen, welche Computer jemals im Unterricht verwendet haben)
[Niederer et al. 2003]

Es gibt verschiedene Gründe zur Annahme, dass dieses Wachstum in naher Zukunft bestehen bleibt:

- **Bisherige Unterausstattung von Schulen mit Informatikmitteln:** Die Computerdichte ist in der Wirtschaft und in Privathaushalten bedeutend höher als in der Schule. So verfügen im Jahr 2001 zwar 82% aller Volksschulen über Computer für Schülerinnen und Schüler. Pro Schulklasse stehen jedoch durchschnittlich nur 1.5 Computer zur Verfügung [Niederer et al. 2003:9], d.h. diese durchschnittlich 1.5 Computer müssen von allen Klassenmitgliedern benutzt werden. Zuhause hingegen haben 84% der Volksschülerinnen und -schüler Zugang zu einem Computer, 30% besitzen sogar einen eigenen.
- **Initiativen zur Förderung der schulischen ICT-Nutzung:** Zahlreiche Initiativen von Staat und Wirtschaft haben die Förderung der ICT-Nutzung in der Schule zum Ziel. Finanzielle und inhaltliche Beiträge dienen der Unterstützung; deren mediale Vermarktung sorgt für die notwendige Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit. Am grössten und bekanntesten sind die Initiativen *Schule am Netz (SaN)* in Deutschland und *Schule im Netz (SiN)* in der Schweiz.
- **ICT-Weiterbildungsoffensive für Lehrpersonen:** In der Schweiz fördert der Bund in den Jahren 2003 bis 2006 die kantonale ICT-Weiterbildung der Lehrpersonen mit 35 Mio. CHF [Hotz-Hart 2003]. Es ist zu erwarten, dass diese Massnahme eine verstärkte ICT-Nutzung in den Schulen zur Folge haben wird.
- **Absichtserklärungen der Lehrpersonen:** 57% der VolksschullehrerInnen beabsichtigen, in Zukunft ICT vermehrt im Unterricht einzusetzen. Da dieser Anteil bei den unter 40Jährigen noch höher ist, wird dieser Trend in naher Zukunft bestehen bleiben, wenn nicht sogar verstärkt werden [Niederer et al. 2003:44].

Konsequenzen

Die Erkenntnis, dass sich die Nutzung von Informatikmitteln in der Schule in einer Wachstumsphase befindet, hat aus systemischer Sicht zwei Konsequenzen. Zur Aufrechterhaltung der Wachstumsphase muss darauf geachtet werden, dass bremsende Faktoren erkannt und eventuell ausgeschaltet oder abgeschwächt werden können.

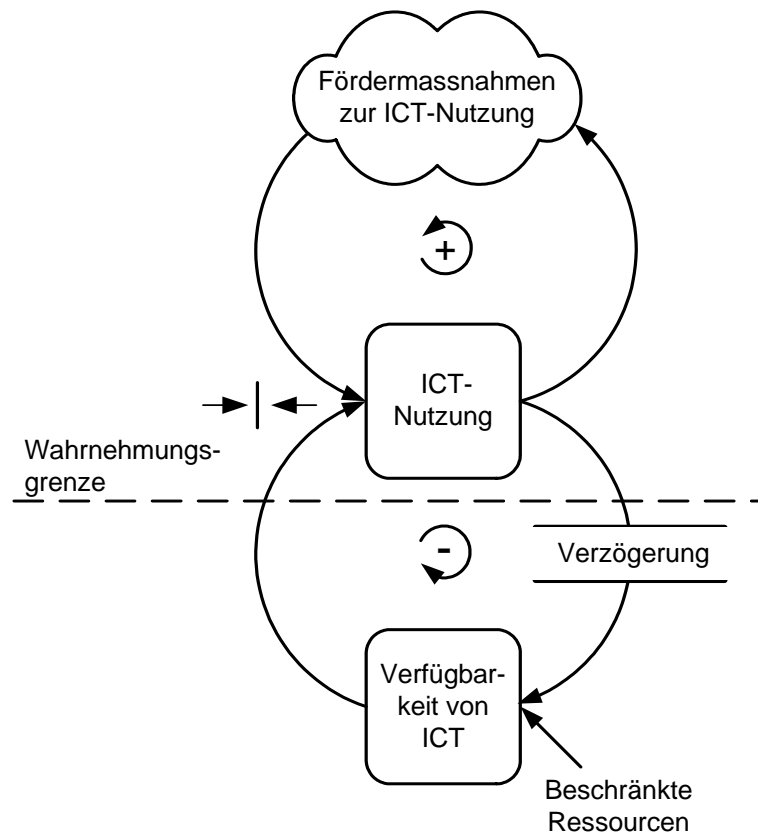


Abbildung 2-11: „Wachstum und Unterinvestition“-Systemarchetyp bei der ICT-Nutzung in der Schule

Die Gefahr der bremsenden Faktoren in einer Wachstumsphase wird von SENGE im Systemarchetyp *Wachstum und Unterinvestition* beschrieben [Senge 1990]. In Abbildung 2-11 führen nicht näher spezifizierte Massnahmen zu einer Erhöhung der ICT-Nutzung. Diese Entwicklung ist selbst verstärkend, weil durch die Nutzung die positiven Erfahrungen steigen, neue Nutzungsmöglichkeiten entdeckt werden und zusätzliche Lehrpersonen für die Nutzung im Unterricht begeistert werden können. Die steigende Nutzung bedroht aber mit einer gewissen Verzögerung die Verfügbarkeit der Informatikmittel. Sind keine zusätzlichen Ressourcen vorhanden, so sinkt die Verfügbarkeit und dies begrenzt die ICT-Nutzung. Für ein nachhaltiges Wachstum muss darum sichergestellt werden, dass alle benötigten Ressourcen mitwachsen können. Mit den in dieser Arbeit dargestellten Überlegungen soll eine solch vorzeitige, unerwünschte Bremsung des Wachstums verhindert werden.

Eine vorausschauende Planung berücksichtigt bereits in der Wachstumsphase das Ende des Wachstums und die möglichen Gründe dafür. Im vorliegenden Fall könnten neben dem Auslaufen der zeitlich befristeten Initiativen und Fördermassnahmen auch inhaltliche Gründe Ausschlag gebend sein. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich jedoch auf die Analyse des

Systems während der Wachstumsphase und geht nicht weiter auf deren Ende und die daraus folgenden Konsequenzen ein.

2.3.3 Zeithorizont +/- 6 Jahre

Alle im Systemmodell dieser Arbeit beschriebenen Wirkungszusammenhänge waren in den letzten sechs Jahren zu beobachten und bleiben die nächsten sechs Jahre gültig. Über weiter in die Zukunft liegende Entwicklungen werden keine Angaben gemacht.

2.3.4 Weglassung von Akteuren

Im Wirkungsdiagramm werden mehrere Akteure nicht berücksichtigt. Eltern, Lehrbetriebe und Wirtschaftsunternehmen und ihre Bedeutung als Entscheidungsträger, Finanzierer und Lieferanten (sponsernd, liefernd) sind im Wirkungsdiagramm nicht abgebildet. Ein Einbezug dieser Akteure und ihrer möglichen Wirkungszusammenhänge würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

2.3.5 Keine Qualitäts- und pädagogische Wirkungsbewertung der ICT-Nutzung

Die Qualität und der pädagogische Nutzen des ICT-Einsatzes werden im Wirkungsdiagramm nicht erfasst. Die Sicherstellung der Verfügbarkeit von Informatikmitteln ist aus technischer und organisatorischer Sicht das zu erreichende Ziel. Ob die im einleitenden Kapitel genannten Motivationen zum Einsatz von ICT in der Schule (siehe 1.1.2) gerechtfertigt sind und welche der erwünschten Lerneffekte mit dem Einsatz von ICT im Unterricht tatsächlich eintreten, werden mit dem hier präsentierten Systemmodell nicht beantwortet. Diese in der Praxis notwendige inhaltliche Betrachtung und Bewertung des ICT-Einsatzes muss aus pädagogischer Sicht erfolgen und würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.

2.4 Systemvariablen

2.4.1 Übersicht

Abbildung 2-12 zeigt das Systemmodell im Überblick. Es besteht aus 39 Variablen und 90 Wirkungszusammenhängen.

2.4.2 Nutzung, Nutzungsarten

Es werden drei Arten der Nutzung unterschieden: *Nutzung im Unterricht* (N1), *Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung* (N2) und *Nutzung durch die SchülerInnen* (N3). Diese Dreiteilung kompliziert zwar das Systemmodell, ist aber für das Verständnis sehr wichtig. Die Nutzungsarten stellen unterschiedliche Anforderungen an den Betrieb und besitzen unterschiedliche Hemmschwellen. Aus betrieblicher Sicht ist die Nutzung im Unterricht die anspruchsvollste, da Probleme je nach Unterrichtsform den Ablauf erheblich stören. Eine rasche Problemlösung ist hier vordringlicher als bei der Unterrichtsvorbereitung oder bei der ICT-Nutzung durch SchülerInnen. Wie in 2.3.5 beschrieben, wird die Qualität der ICT-Nutzung nicht bewertet.

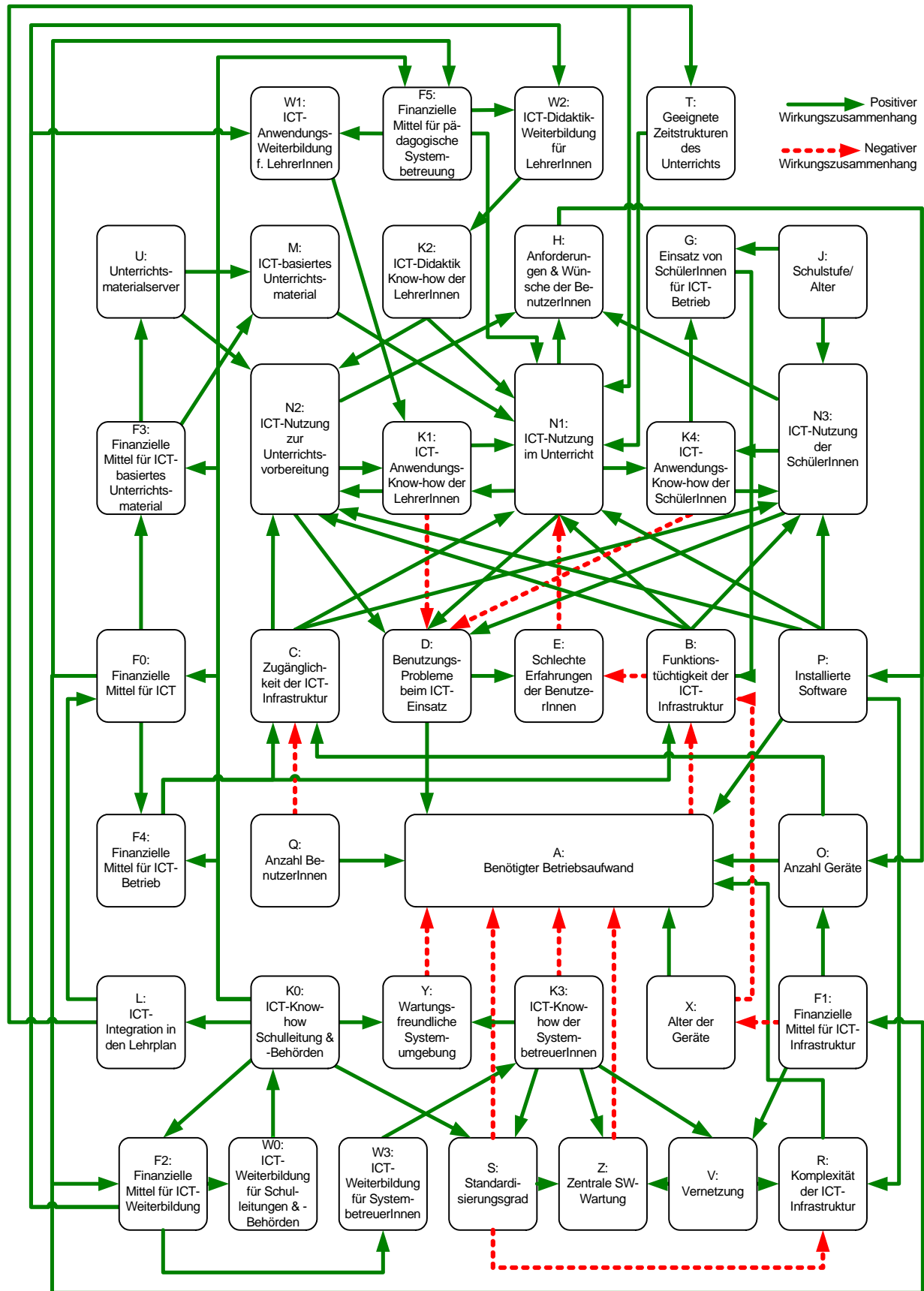


Abbildung 2-12: Systemmodell Schul-ICT

Bei den Lehrpersonen besteht heute ein sehr grosser Unterschied zwischen der Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung und der Nutzung im Unterricht selbst. Laut NIEDERER ET AL. nutzen zwar 77% der Lehrpersonen ICT mehrmals wöchentlich zur Unterrichtsvorbereitung, jedoch maximal 39% im Unterricht selbst [Niederer et. al 2003:39-43].

2.4.3 Benötigter Betriebsaufwand

Aus Sicht des Betriebs ist der *benötigte Betriebsaufwand* (A) die wichtigste Variable des Systemmodells, die es zu minimieren gilt. Alle Fragen der Beschaffung und des Betriebs von Informatikmitteln an Schulen lassen sich auf die Frage zurückführen: „*Wie kann die Nutzung von ICT in der Schule (N1, N2, N3) erhöht werden, ohne dass der benötigte Betriebsaufwand (A) unbezahlbar wird?*“.

Bei der Betrachtung des Betriebsaufwandes ist die Unterscheidung von *benötigtem* versus *tatsächlich geleistetem* Betriebsaufwand wesentlich. In 5.3.2 werden dieser Unterschied und die Folgen einer Nichtunterscheidung detailliert besprochen. Als Variable ist im vorliegenden Systemmodell nur *der benötigte Betriebsaufwand* explizit abgebildet.

2.4.4 Finanzielle Mittel

Finanzielle Mittel sind mit sechs Variablen im System modelliert (F0-F5). F0 steht dabei für die Gesamtheit aller finanziellen Mittel, während die Variablen F1-F5 den für einzelne Bereiche zur Verfügung stehenden Betrag repräsentieren. Mit dieser Aufteilung können nicht nur die Auswirkungen des zur Verfügung stehenden Gesamtbetrags, sondern auch jene der Mittel für Teilbereiche modelliert werden.

2.4.5 Know-how der Beteiligten

Mit den Variablen K0-K4 wird versucht, das ICT-Know-how der Beteiligten abzubilden. Wie bereits bei der Nutzung wird auch hier darauf verzichtet, genau zu spezifizieren, worin dieses Know-how der einzelnen Gruppen Schulleitung und Schulbehörden (K0), Lehrpersonen (K1 und K2), Systembetreuer (K3) und SchülerInnen (K4) besteht. Bei den Lehrpersonen wird zwischen ICT-Anwendungs-Know-how (K1) und ICT-Didaktik-Know-how (K2) unterschieden. ICT-Didaktik-Know-how ist ausbildungsspezifisches Wissen und eine notwendige Voraussetzung für die ICT-Nutzung im Unterricht (N1), wird aber bei der Planung oft übersehen.

2.4.6 Technische Variablen

Neben offensichtlichen und einfach zu messenden Variablen im technischen Bereich wie *Anzahl Geräte* (O) und *Alter der Geräte* (X) enthält das Systemmodell auch zahlreiche weitere Variablen, welche technische Aspekte der Informatikmittelausrüstung abbilden: *Installierte Software* (P), *Komplexität des Gesamtsystems* (R), *Standardisierungsgrad* (S), *Vernetzung* (V), *Wartungsfreundliche Systemumgebung* (Y) und *Zentrale Softwarewartung* (Z). Mit diesen Variablen werden nur langfristig relevante technische Aspekte ins Modell aufgenommen.

2.4.7 Weiterbildungen für die Beteiligten

Zu jeder Know-how-Variable (K0-K4) existiert im Modell eine entsprechende Weiterbildungsvariable (W0-W3, N1), wobei die ICT-Weiterbildung für SchülerInnen bereits mit der ICT-Nutzung im Unterricht (N1) abgedeckt ist.

In der LehrerInnen-Weiterbildung erfolgt – analog zum Know-how – eine Aufteilung in *ICT-Anwendung* (W1) und *ICT-Didaktik* (W2). ICT-Anwendungsweiterbildungen sind nicht primär schulspezifisch und können daher durch vorhandene Ausbildungen abgedeckt werden. ICT-Didaktik hingegen ist sehr schulspezifisch, so dass nicht auf vorhandene Ausbildungen zurückgegriffen werden kann.

Für das Systemmodell werden im Bereich Weiterbildung drei Vereinfachungen vorgenommen:

1. Das Angebot von Weiterbildungen wird nur durch die vorhandenen Finanzen (F2) gesteuert. Die zum Erteilen der Weiterbildung benötigten Referenten mit entsprechendem Know-how seien also vorhanden. Diese Annahme galt in der Vergangenheit nicht immer. Dank der ICT-Weiterbildungsinitiative PPP-SiN des Bundes verbessert sich diese Situation aber seit Anfang 2004, da die ersten „AusbildnerInnen der AusbilderInnen“ ihre eigene Ausbildung abgeschlossen haben und nun als ReferentInnen zur Verfügung stehen.
2. Angebotene Weiterbildungen werden auch besucht. Die Kurse entsprechen also einem Bedürfnis und die Lehrpersonen stehen der ICT-Weiterbildung positiv gegenüber. Die positive Einstellung der Lehrpersonen ist zur Zeit vorhanden. Laut der Studie von NIEDERER ET AL. sind über 70% der LehrerInnen an ICT-didaktischer Weiterbildung interessiert [Niederer et al. 2003:39].
3. Besuchte Weiterbildungen sind effektiv. Das Know-how der Weitergebildeten wird in der gewünschten Art und Weise erhöht. Auch diese Annahme wird durch empirische Untersuchungen zumindest nicht widerlegt. Laut NIEDERER ET AL. wirken sich sowohl autodidaktische als auch institutionalisierte Weiterbildung auf der Sekundarstufe I positiv auf die ICT-Nutzung im Unterricht aus [Niederer et al. 2003:70].

2.4.8 Externe Variablen

Bei *Anzahl der BenutzerInnen* (Q) und *Schulstufe/Alter* (J) handelt es sich um zwei Variablen, die nicht steuerbar, sondern von der betrachteten Situation abhängig sind.

2.4.9 Sicht der BenutzerInnen

Benutzerinnen und Benutzer interessieren sich bei der Nutzung nicht für die technischen und organisatorischen Details des Informatikmittelbetriebs, sondern für einige wenige, nutzerseitige Aspekte. Als Voraussetzung für die Nutzung sind dies die *Funktionsstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur* (B) und die *Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur* (C). Funktionsstüchtigkeit bedeutet dabei, dass die Geräte ihrem Bestimmungszweck gemäss funktionieren. Mit Zugänglichkeit ist gemeint, dass BenutzerInnen Zugang zu den Geräten haben, wenn sie dies wünschen, die Geräte also weder hinter verschlossenen Türen stehen noch bereits belegt sind. Während der Nutzung folgen *Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz* (D) und daraus folgend

schlechte Erfahrungen der BenutzerInnen (E). Als Folge der Nutzung entstehen schliesslich *weitere Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen (H)*.

2.4.10 Weitere Variablen

Zwei weitere Gruppen von Variablen decken den Bereich der Unterrichtsgestaltung ab. Bei den *geeigneten Zeitstrukturen des Unterrichts (T)* geht es darum, ob der Unterricht zeitlich so strukturiert ist, dass die Nutzung von ICT erleichtert wird. So erhöhen beispielsweise bloss 45-Minuten-Lektionen mit anschliessendem Themen- und Zimmerwechsel den organisatorischen Aufwand zur ICT-Nutzung und hemmen die Durchführung von Unterrichtsprojekten. Die *ICT-Integration in den Lehrplan (L)* kann z.B. helfen, solch geeignete Zeitstrukturen zu schaffen. Daneben ist sie ein wichtiges Signal für alle Beteiligten, das eine gewisse Verbindlichkeit schafft.

Didaktisch aufbereitetes *ICT-basiertes Unterrichtsmaterial (M)* erleichtert den Lehrpersonen die Nutzung von ICT im Unterricht. *Unterrichtsmaterialserver (U)* unterstützen das Verwalten und Finden von entsprechendem Material.

Der *Einsatz von SchülerInnen für den ICT-Betrieb (G)* schliesslich ist eine Massnahme, um den Betriebsaufwand besser verteilen zu können und gleichzeitig die Erfahrung der SchülerInnen zu nutzen und ihre Selbstverantwortung zu stärken.

2.5 Systemeigenschaften

2.5.1 Variablenkategorisierung nach Vester

Tabelle 2-13 stellt eine Vereinfachung von VESTERS Papiercomputer aus Unterabschnitt 2.2.2 dar. Die Systemvariablen sind gemäss ihren Aktiv- und Passivsummen eingetragen, wobei aber auf eine Gewichtung der Wirkungszusammenhänge verzichtet wird.

Zu den Variablen mit den grössten Aktivsummen gehören das ICT-Know-how von Schulleitungen und -behörden (K0) und der Systembetreuer (K3), Finanzielle Mittel für ICT insgesamt (F0) und für ICT-Weiterbildung im Besonderen (F2) und die ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung (N2). Gemäss VESTER sind dies die aktiven Variablen, die sich zur Veränderung des Gesamtsystems eignen. Gewisse dieser Aktivsummen sind zu erwarten oder können mit der besonderen Modellierung erklärt werden. So entspricht etwa die Aufteilung der total verfügbaren Mittel für ICT in fünf Kategorien dem unter 2.2.4 kritisierten Vorgehen. Interessant ist aber eine nähere Betrachtung der Variable *ICT-Know-how von Schulleitungen und -behörden (K0)*. Dieses Know-how wirkt sich sowohl auf die gesamthaft verfügbaren finanziellen Mittel (F0) als auch auf deren Verteilung (F2, F3, F4, F5) aus. Daneben werden Schulleitungen und Schulbehörden mit entsprechendem Know-how bei Beschaffungsentscheidungen auf eine wartungsfreundliche Systemumgebung achten (Y) und die Standardisierung zu erhöhen versuchen (S).

Das Interesse und Know-how bezüglich ICT ist in den Schulleitungen und Schulbehörden teilweise noch gering, wie z.B. auch PRASSE und SCHOLL bemerken [Prasse, Scholl 2001]. Aufgrund der Bedeutung von Schulleitungen und Schulbehörden für die Förderung von ICT in der Schule hat die Bertelsmann-Stiftung ein zweitägiges Seminar für Entscheidungsträger im Schulbereich organisiert und auch in Buchform publiziert [Vorndran, Zotta 2003].

Der *benötigte Betriebsaufwand* (A) hat mit Abstand die grösste Passivsumme und ist damit eine reaktive Variable. Sie ist von vielen anderen abhängig und lässt sich somit nicht direkt beeinflussen. Dies ist nicht weiter problematisch, da das Systemmodell aufzeigt, welche Variablen bei der Suche nach Strategien zur Verminderung des benötigten Aufwandes betrachtet werden müssen.

Die grosse Passivsumme der Systemvariablen A erschwert aber Untersuchungen zur Wirksamkeit von Massnahmen zur Reduktion des benötigten Betriebsaufwandes, da für aussagekräftige Resultate alle auf A einwirkenden Variablen ebenfalls erfasst werden müssen. Diese Problematik wird unter 5.3.3 detailliert betrachtet, während im Abschnitt 5.4 untersucht wird, welche Formel zur Abschätzung des benötigten Betriebsaufwandes welche A beeinflussenden Variablen berücksichtigt.

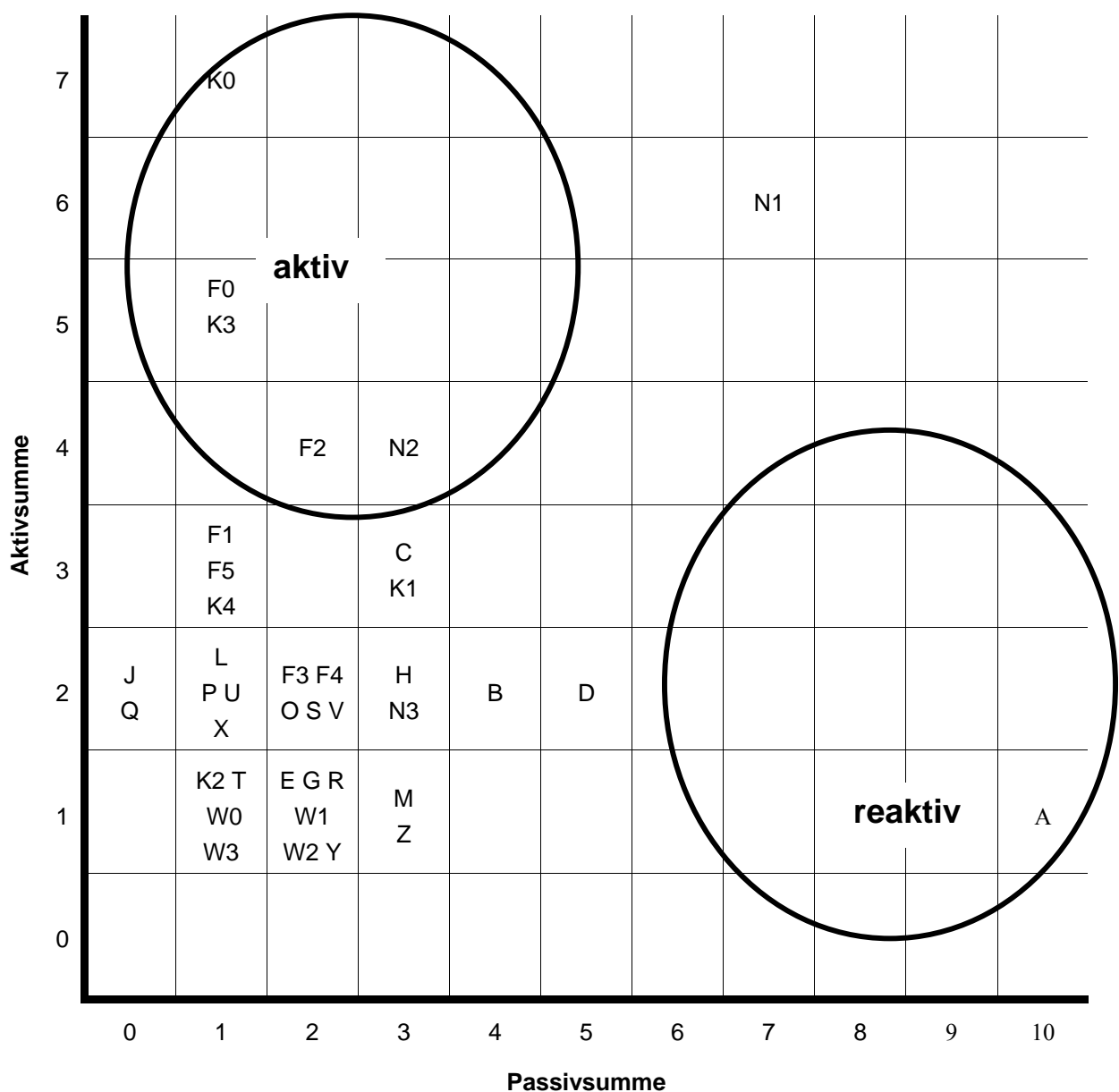


Tabelle 2-13: Aktiv- und Passivsummen des Systemmodells

Die hohe Aktiv- und Passivsumme der *ICT-Nutzung im Unterricht* (N1) lässt sich leicht damit erklären, dass deren Erhöhung das Ziel aller im Modell beschriebenen Aktivitäten ist. Aus dieser zentralen Stellung lässt sich ableiten, dass die ICT-Nutzung im Unterricht nicht mit einer Einzelmassnahme erhöht werden kann. Diese Erkenntnis ist nicht nur vielfach in der Literatur zu finden, sondern wird auch durch neue empirische Untersuchungen gestützt. So schreiben NIEDERER ET AL. über die Situation an der Schweizer Volksschule:

Ob Lehrpersonen die Schülerinnen und Schüler Computer im Unterricht verwenden lassen, hängt von vielen Einflussfaktoren ab. Die in der Studie untersuchten betreffen die Infrastruktur: Standort der Geräte, Computerdichte, Internetzugang, und die Benutzenden: Computer- und Informatikkenntnisse der Lehrperson, Weiterbildung der Lehrperson, Einstellung der Lehrperson zum Computereinsatz im Unterricht. Die Analyse zeigt, dass keiner dieser Einflüsse dominant ist. Das heisst: Es genügt nicht, nur einen dieser Indikatoren positiv zu beeinflussen, um die Computernutzung im Unterricht entscheidend zu fördern. Vielmehr ist eine Vielzahl von Faktoren gleichzeitig positiv zu bewegen. [Niederer et al 2003:71]

2.5.2 Rückkoppelungsschlaufen

Das vorliegende Modell enthält zahlreiche kleine positive Rückkoppelungen. So fördert jegliche Nutzung von ICT, sei es zur Unterrichtsvorbereitung (N2), im Unterricht (N1) oder selbstständig durch SchülerInnen (N3) das ICT-Anwendungs-Know-how der entsprechenden BenutzerInnen (K1 und K4). Dies stärkt das Vertrauen im Umgang mit ICT und führt in der Folge zu vermehrtem ICT-Einsatz.

Drei für das Verständnis der Dynamik des benötigten Betriebsaufwands (A) wichtige Rückkoppelungen werden unter 5.3.5 detaillierter besprochen.

3 ZEITLICHE ASPEKTE

3.1 *Einleitung*

Die Wirtschaft hat mehrere Jahrzehnte Erfahrung mit dem Einsatz von Informatikmitteln. Neben technischem Wissen entstand so auch Wissen über Nutzen und Aufwand des Informatikmitteleinsatzes in Organisationen. Als Folge wurden Modelle entwickelt, um die Phasen der Technologie-Entwicklung in einem Unternehmen zu beschreiben. Bei diesen Modellen handelt es sich um Erfahrungswissen, das aus zahlreichen Einzelfällen mit unterschiedlichsten Voraussetzungen gewonnen wurde.

Schulen sind heute dabei, mit zeitlicher Verzögerung ebenfalls Informatikmittel immer stärker zu integrieren. Es lohnt sich deshalb, die vorhandenen Modelle aus der Unternehmenswelt auf ihre Übertragbarkeit in den Schulbereich zu überprüfen. Ziel der folgenden Abschnitte ist nicht, eine vollständige Übersicht aller Modelle zu bieten oder die vorgestellten Modelle in ihrer ganzen Tiefe auszuloten. Vielmehr soll eine Auswahl wichtiger, aber unterschiedlicher Modelle mit ihren Grundgedanken präsentiert werden (Abschnitt 3.2) und auf Schulverhältnisse übertragen werden (Abschnitt 3.3).

3.2 *Zeitliche Modelle der Informatikmittelentwicklung in Unternehmen*

3.2.1 Das Moore'sche Gesetz (1965)

Das erste verbreitet benutzte Modell einer zeitlichen Entwicklung im Bereich Informatikmittel stammt von GORDON MOORE, einem Mitgründer der Firma Intel. 1965 wagte er als damaliger Forschungsleiter der FAIRCHILD SEMICONDUCTOR DIVISION die Prognose, dass sich während mindestens 10 Jahren die Anzahl der elektronischen Bauteile pro Chipfläche alle 18 Monate verdoppeln liesse [Moore 1965]. Zu dieser Aussage kam er durch die Extrapolation der bisherigen Entwicklung 1959-1965 (siehe Abbildung 3-1). Da sich seine Prognose seit 1965 als ungefähr richtig heraus gestellt hat (somit bis heute fast 40 Jahre galt und voraussichtlich auch für die nächsten 10 Jahre ihre Gültigkeit bewahren wird), wurde sie bald als *Moore'sches Gesetz* bekannt.

Die mit dem Moore'schen Gesetz beschriebene Dynamik hat Folgen für verschiedene Dimensionen der Technologieentwicklung:

- **Leistung:** Die Rechenleistung und die Speicherkapazität von Computerchips verdoppelt sich ungefähr alle 18 Monate, da auf einem Chip doppelt so viele Bauteile untergebracht werden können.
- **Grösse:** Informatikmittel einer bestimmten Leistungsklasse werden immer kleiner, da die benötigte Leistung auf immer kleinerem Raum untergebracht werden kann.
- **Preis:** Informatikmittel einer bestimmten Leistungs- und Grössenklasse werden immer billiger, da mehr Leistung oder gleiche Leistung auf kleinerem Raum bisherige Produkte verdrängen.

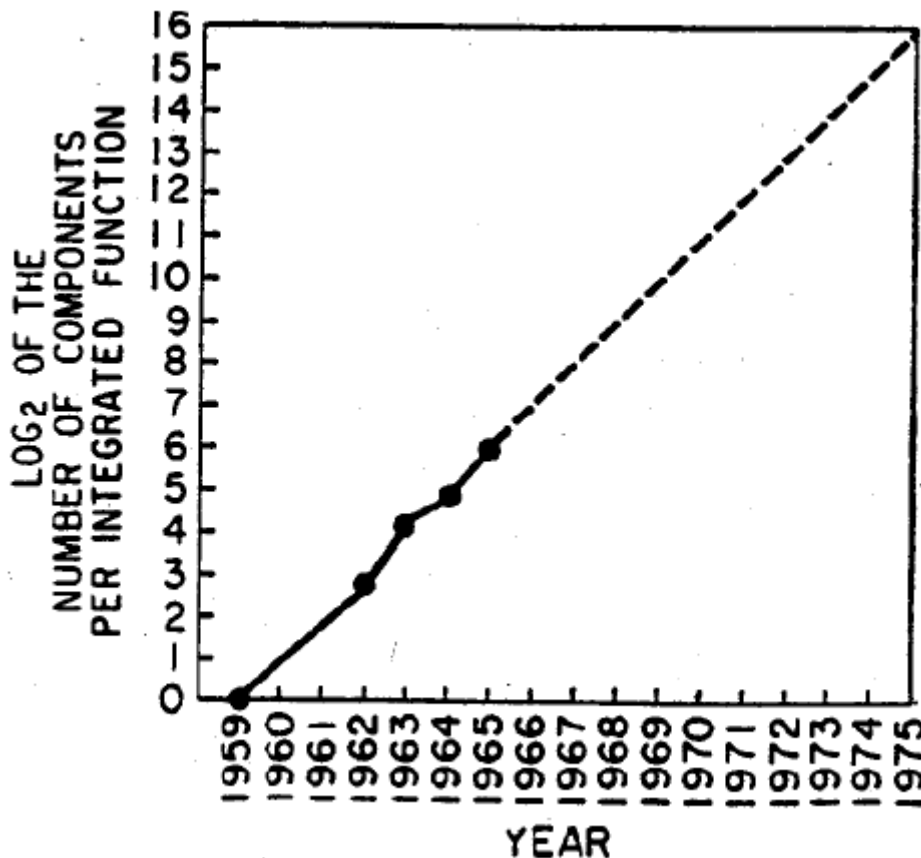


Abbildung 3-1: MOORE's Prognose der Integrationsdichte elektronischer Komponenten
(aus [Moore 1965])

3.2.2 Das Phasenmodell von Nolan (1973, 1979, 1993)

NOLAN hat in den 70er Jahren die Entwicklung von Informatik-Budgets zahlreicher Unternehmen untersucht [Nolan 1973]. Dabei stellte er fest, dass diese nicht proportional zum Gesamtunternehmenswachstum oder linear aufgrund immer stärkerem Informatikmitteleinsatzes wachsen. Die beobachteten S-Kurven (siehe Abbildung 3-2) hat er in 4 Phasen des Wachstums unterteilt, die dann zu seinem Phasenmodell geführt haben. Er unterscheidet die Phasen *Initiation*, *Contagion* (= Ansteckung), *Control* und *Integration* (= Initialisierung, Ansteckung, Kontrolle und Integration). In Tabelle 3-3 ist eine zusammenfassende Beschreibung der Phasen nach NOLAN zu finden.

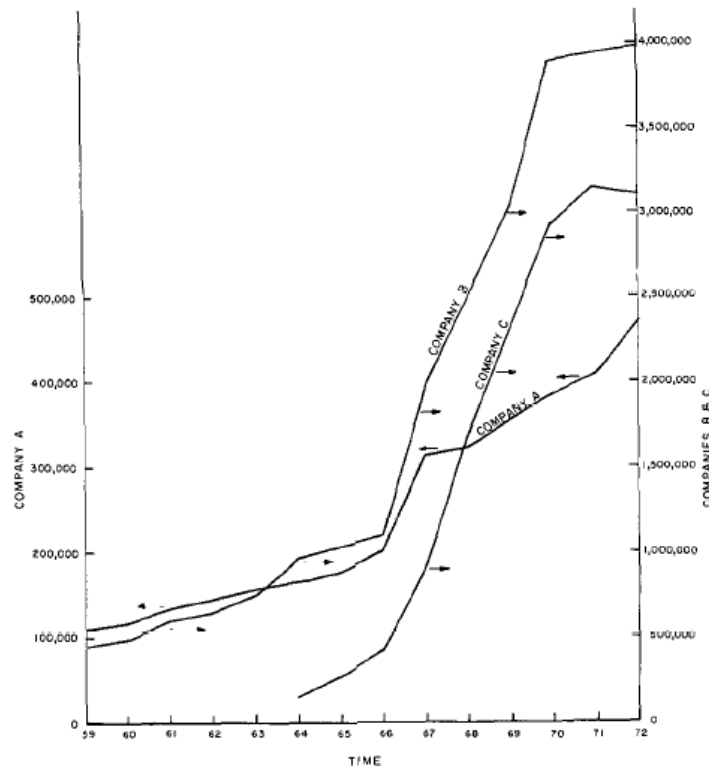


Abbildung 3-2: Entwicklung von Budgets für Computer verschiedener Firmen
(aus [Nolan 1973])

	I: Initiation	II: Contagion	III: Control	IV: Integration
Beschreibung	Einsatz von Computern für einzelne Aufgaben	Ausnutzung der vorhandenen Computerleistung durch neue Anwendungen	zentrale Steuerung der überbordenden Computernutzung	effizienter Einsatz von Computern dank Ausrichtung auf Geschäftsziele und Benutzerbedürfnisse
Gründe für den Phaseintritts	Effizienzsteigerung durch Einsatz von Informationsmitteln oder benötigte Rechenleistung	interne Kosteneinsparungen und euphorische externe Berichte	Wildwuchs des Computereinsatzes und daraus resultierende Kosten durch mangelnde Effizienz	Erfahrung des Unternehmens mit Computereinsatz
Prioritäten	FIFO	grobe Richtlinien	willkürlich	etablierte Richtlinien
Budget	nicht vorhanden	vorhanden	kontrolliert	kontrolliert
Projektplanung	nicht vorhanden	informell	formell	formell

Tabelle 3-3: Das Phasenmodell von Nolan (nach [Nolan 1973])

Nolan hat sein Modell nach 1973 mehrfach überarbeitet und erweitert. So kamen 1979 zwei weitere Phasen, *Data Administration* und *Maturity* dazu [Nolan 1979]. In einem Artikel von 1993 unterscheidet Nolan schliesslich mehrere technologische Zeitalter: Die Datenverarbeitung der 60er und 70er Jahre, die persönlichen Computer der 80er Jahre und die Vernetzung der 90er Jahre [Nolan 1993]. In jedem dieser Zeitalter müssen laut NOLAN die 4 Phasen des Informatikmitteleinsatzes erneut durchlaufen werden.

Obwohl NOLANs Phasenmodell und dessen empirische Fundierung nicht unumstritten blieb (z.B. [King, Kramer 1984]), wird es auch heute noch als Modell für die Integration von Informatikmitteln in Unternehmen verwendet und zitiert.

3.2.3 Das S-Kurven-Modell von Foster (1986)

Ein zu NOLAN ähnliches Modell, aber aus dem Bereich Technologiemanagement, stammt von FOSTER [FOSTER 1986]. Mit seiner *S-Kurve* beschreibt er die Tatsache, dass die Leistung einer Technologie nicht proportional zur Zeit oder zu den kumulierten eingesetzten Mitteln ansteigt. Zu Beginn einer Technologieentwicklung ist relativ viel zu investieren, bis eine Leistungsverbesserung eintritt. In einer mittleren Phase ist die Leistungs Zunahme der neuen Technologie dann relativ gross, bis sich die Leistung schliesslich asymptotisch der Technologieleistungsgrenze annähert.

Das S-Kurven-Modell von Foster lässt sich einerseits dazu verwenden, den Status *einer* Technologie zu beschreiben oder zu bestimmen. Die andere Anwendung des Modells besteht im Vergleich *mehrerer substituierbarer* Technologien. Ein Unternehmen, das bei einer Technologie I von einem Leistungsniveau L_0 auf ein Leistungsniveau L_1 ansteigen will, steht bei der Verfügbarkeit von mehreren möglichen Technologien vor einem Dilemma (siehe Abbildung 3-4). Das Unternehmen kann mit einem Aufwand A_1 die bestehende Technologie I perfektionieren, um das benötigte Leistungsniveau zu erreichen. Als Alternative besteht oft die Möglichkeit, auf eine neuere Technologie II umzusteigen. Diese bietet zwar zur Zeit erst ein Leistungsniveau L_2 und benötigt zur Erreichung des Leistungsniveaus L_1 einen Aufwand A_2 , der deutlich grösser als A_1 ist. Dafür ist aber das Potential der Technologie II grösser als dasjenige von Technologie I. Das Bewältigen solcher Probleme wird von FOSTER als *Strategic Management of Discontinuities* bezeichnet [Foster 1986].

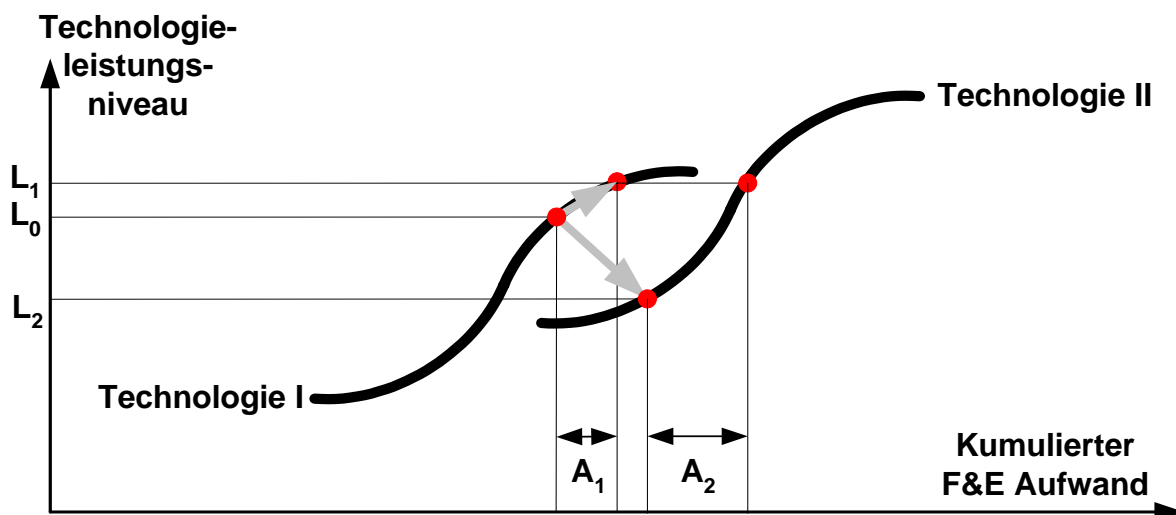


Abbildung 3-4: Strategische Technologie-Entscheidungssituation nach [Foster 1986]

Auch dieses Modell blieb nicht kritiklos. So weisen beispielsweise OSTERLOH und VON WARTBURG darauf hin, dass sich der tatsächliche Verlauf der Technologieentwicklung meist nicht an die S-Form hält. Insbesondere kann die obere Grenze der Leistungsfähigkeit einer Technologie nur schwer prognostiziert werden. Des weiteren liefert das S-Kurven-Modell von FOSTER keine strategischen Handlungsanweisungen, wie und wann man den Wechsel von einer Technologie zur nächsten anpacken soll [Osterloh, von Wartburg 1998].

3.2.4 Das Capability Maturity Model (1989)

Im Auftrag des amerikanischen Verteidigungsministeriums (DoD) entwickelte das zu diesem Zweck an der Carnegie-Mellon University gegründete Software Engineering Institute (SEI) ab 1984 Qualitäts-Standards im Bereich Software-Engineering. Als bekanntester Standard entstand das Capability Maturity Model (CMM) [Humphrey 1989]. Es handelt sich um ein Instrument zur Beschreibung, Messung und Verbesserung der Prozessqualität in der Softwareentwicklung. Das Modell unterscheidet fünf Stufen oder Reifegrade der Softwareentwicklung in einem Unternehmen (siehe auch Abbildung 3-5):

- **Initial (Anfangsstadium):** Der Softwareentwicklungs-Prozess ist kaum organisiert.
- **Repeatable (wiederholbar):** Projektmanagement mit Kostenkontrolle werden eingeführt.
- **Defined (definiert):** Softwareherstellung und -wartung sind als Standardprozesse für das gesamte Unternehmen einheitlich definiert und abgestimmt. Es gibt innerhalb des Unternehmens eine Fachstelle, die sich mit Prozessen und deren Standardisierung beschäftigt.
- **Managed (geführt):** Sowohl Produktivität als auch Qualität der Software-Erstellung werden innerhalb des Unternehmens gemessen und analysiert.
- **Optimizing (optimierend):** Das gesamte Unternehmen ist auf Prozessoptimierung fokussiert, Prozesse werden laufend angepasst und überprüft.

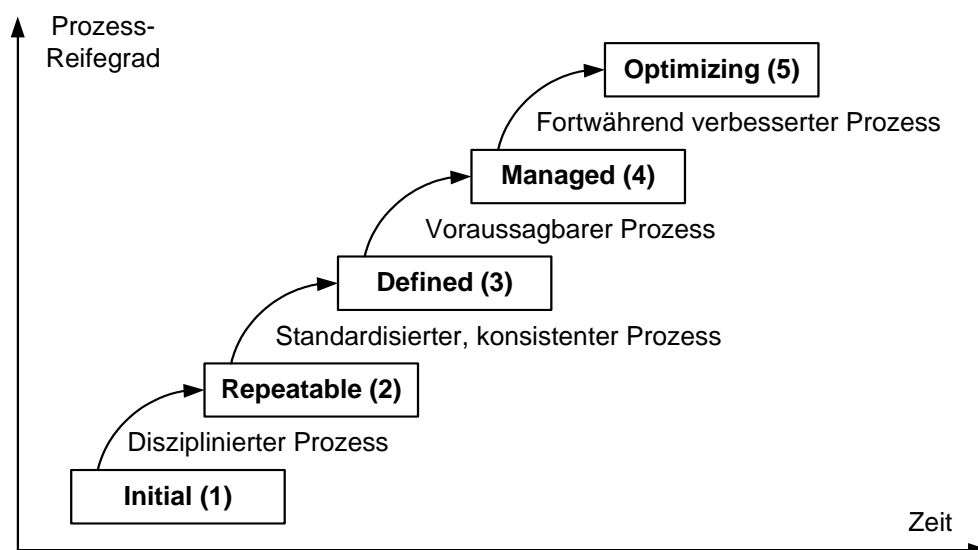


Abbildung 3-5: Das Capability Maturity Model (CMM) nach [Humphrey 1989]

Die Beurteilung erfolgt anhand umfangreicher Checklisten. Für das Erreichen einer bestimmten Reifestufe sind vorgegebene Bedingungen zwingend zu erfüllen.

Bei CMM handelt es sich um eine Art Operationalisierung der Idee von Nolan spezifisch für den Bereich Software-Engineering. Mit Hilfe von standardisierten Checklisten sollen der Reifegrad des Softwareerstellungsprozesses festgestellt und die Schritte zur Erreichung des nächsten Reifegrades vorgezeichnet werden.

Die Kritik von LISTER und DEMARCO setzt gerade bei dieser standardisierten Beurteilung an. Prozessverbesserungen sind wünschenswert, Prozessverbesserungsprogramme nur bedingt. In einer guten Unternehmenskultur ist individuelle Prozessverbesserung das Anliegen aller. Formale Prozessverbesserungsprogramme hingegen verlagern die Verantwortung von Einzelnen auf die Organisation. Zudem führt der Versuch eines Unternehmens, in der CMM-Skala eine Stufe höher zu kommen, leicht zu verminderter Risikobereitschaft. Statt neue, lohnenswerte Herausforderungen anzunehmen, wird das Unternehmen nur Projekte anpacken, die es von der Methode her schon beherrscht [DeMarco, Lister 1999].

3.2.5 Der Hype Cycle der Gartner Group (1995)

JACKIE FENN, Mitarbeiterin des Beratungsunternehmens Gartner Group prägte 1995 den Begriff „Hype Cycle“, als sie einen Bericht mit dem Titel "The Microsoft System Software Hype Cycle Strikes Again" verfasste [Fenn 1995]. Nach Fenn sind bei der Einführung neuer Technologien fünf Phasen zu beobachten (siehe auch Abbildung 3-6):

- **Technology trigger (Technologischer Anstoss):** Ein Durchbruch, eine Produktvorstellung oder ein anderes Ereignis, weckt das Interesse der Medien und der Industrie.
- **Peak of inflated expectations (Spitze der übertriebenen Erwartungen):** Eine Phase von übertriebenem Enthusiasmus und unrealistischen Erwartungen, während der hochgejubelte Aktivitäten von Technologieführern zu ein paar Erfolgen, aber mehrheitlich zu Misserfolgen führt, da die Technologie an die Grenzen ihrer Möglichkeiten kommt.
- **Trough of disillusionment (Talsole der Enttäuschung):** Der Punkt, an dem die Technologie Kritiker findet und durch die Medien fallen gelassen wird, weil sie die Erwartungen nicht erfüllt hat.
- **Slope of enlightenment (Anhöhe der Erleuchtung):** Die Phase des Wieder-Fuss-Fassens. Zielgerichtete Experimente und seriöse Arbeit durch eine steigende Anzahl Unternehmen führen zu einem echten Verständnis der Technologie und ihrer Anwendungsmöglichkeiten, Risiken und Vorteile. Wirtschaftliche, anwendungsfertige Vorgehensweisen und Werkzeuge werden erhältlich und erleichtern die Entwicklung.
- **Plateau of productivity (Ebene der Produktivität):** Die realen Vorteile der Technologie sind sichtbar und akzeptiert. Werkzeuge und Vorgehensweisen werden zunehmend stabiler. Die endgültige Höhe des Plateaus hängt von der Breite der Anwendbarkeit der Technologie ab.

Die Gartner Group verwendet dieses Modell regelmässig, um den Stand diverser neuer Technologien aufzuzeigen und den richtigen Zeitpunkt zum Einstieg zu bestimmen.

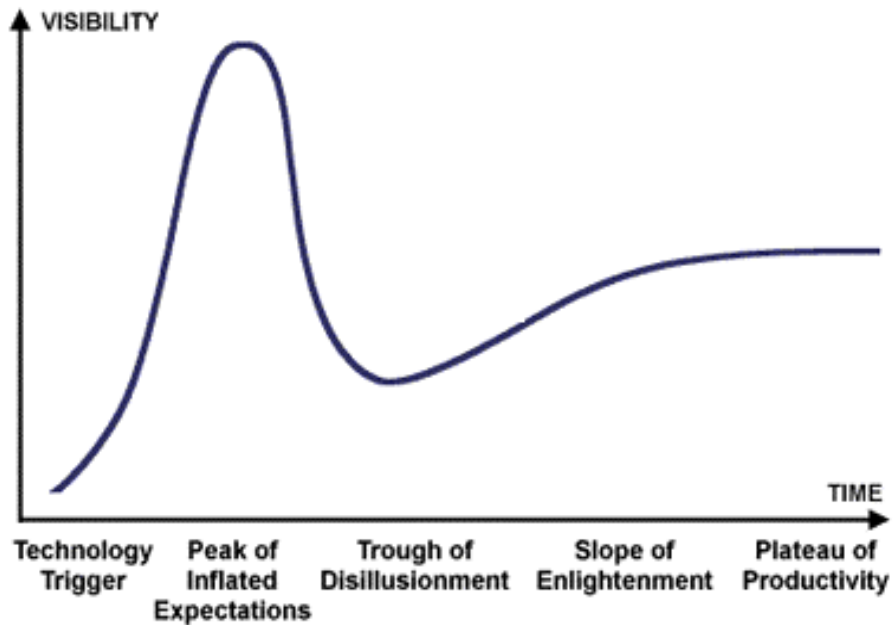


Abbildung 3-6: Der Hype Cycle nach [Fenn 1995]

3.3 Zeitliche Modelle des Informatikmitteleinsatzes in Schulen

3.3.1 Von der Wirtschaft in die Schulen

Die Erfahrungen aus der Wirtschaft mit dem Informatikmitteleinsatz haben in den vergangenen Jahrzehnten zu zahlreichen beschreibenden und prognostischen Modellen geführt. Tabelle 3-7 nennt die in Abschnitt 3.2 besprochenen Modelle zu Leistung, Integration, Effizienz, Prozessqualität und zur Wahrnehmung von Technologie und ihrer Einführung.

Die Schule ist mit zeitlicher Verzögerung heute ebenfalls dabei, Informatikmittel systematisch einzusetzen und immer intensiver zu nutzen. Kann sie von den in diesen Modellen enthaltenen Erfahrungen profitieren? Lassen sich die in der Wirtschaft gemachten Erfahrungen auf die Schule übertragen?




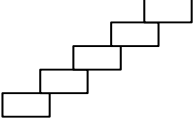

				
Leistung der Informatikmittel [Moore 1965]	Integration der Informatikmittel [Nolan 1973]	Effizienz des Technologieeinsatzes [Foster 1986]	Prozessqualität der Entwicklung [Humphrey 1989]	Wahrnehmung der Technologie [Fenn 1995]

Tabelle 3-7: Wichtige Modelle zur Beschreibung verschiedener temporaler Aspekte des Technologie- und Informatikmitteleinsatzes

3.3.2 Das Moore'sche Gesetz in der Schule

Die im Moore'schen Gesetz postulierte zunehmende technische Leistung ist von der Branche unabhängig, und das Gesetz hat auch in der Schule seine Gültigkeit. Für Schulen ist jedoch nicht die zunehmende Leistungsfähigkeit der massgebende Aspekt, sondern die unter anderem daraus resultierende kurze Lebensdauer der Informatikmittel. Schulen und Schulbehörden sind sich nicht gewohnt, teure Investitionsgüter nach weniger als 5 Jahren abzuschreiben und abzulösen.

3.3.3 Das Phasenmodell von Nolan in der Schule

KUBICEK und BREITER vertraten erstmals 1998 die These, dass Schulen bei der Einführung von Informatikmitteln vor ähnlichen Problemen stehen, wie sie Unternehmen bereits vielfach lösen mussten [Kubicek, Breiter 1998a]. Dem Modell von NOLAN folgend, gehen sie davon aus, dass Schulen die gleichen Phasen der Technologieeinführung durchlaufen müssen, die nicht übersprungen werden können. In seiner Dissertation wendet BREITER aufgrund von Schulbegleitungen in Deutschland und Interviews mit Schulen in den USA, Grossbritannien und Deutschland das Phasenmodell von NOLAN auf die Schule an [Breiter 2001] (siehe Abbildung 3-8).

BREITER stützt sich dabei insbesondere auf NOLANS Publikation von 1993, in welcher die S-Kurve als *organisationelle Lernkurve bei der Einbettung der Informations- und Kommunikationstechnik* verstanden wird. Auch bei BREITER besteht die S-förmige Lernkurve aus vier Phasen, er nennt sie *Initialisierung, Ansteckung, Erste Steuerung* und *Institutionalisierung*.

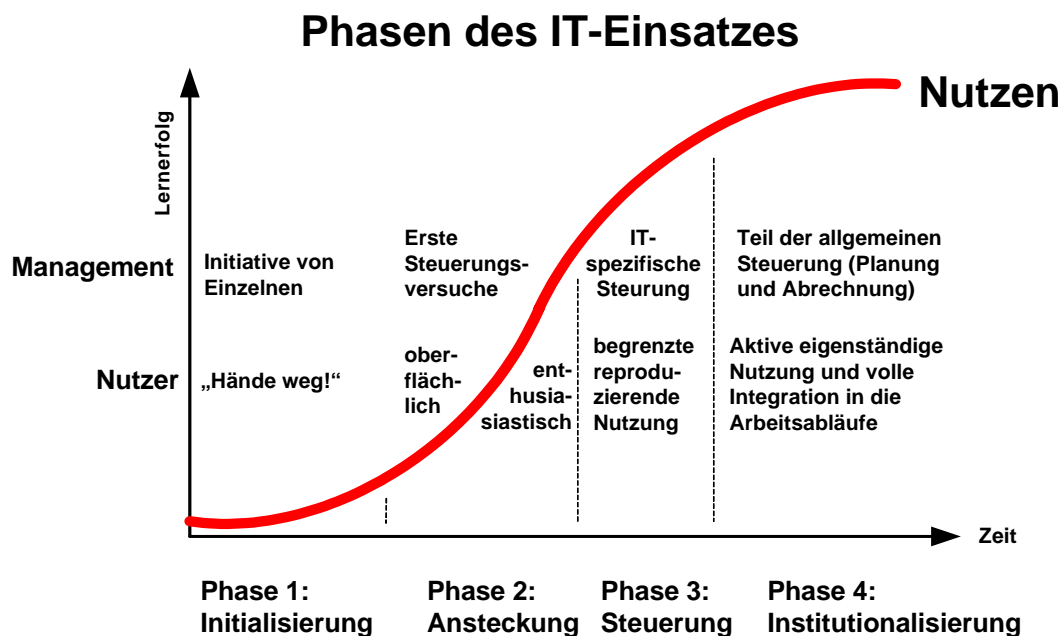


Abbildung 3-8: Phasenmodell der organisationellen Lernkurve bei der Einbettung der Informations- und Kommunikationstechnik in Schulen“ nach [Breiter 2001].

Diese Übertragung von Nolans Phasenmodell auf die Schule fand im deutschsprachigen Raum eine gewisse Verbreitung ([Bruck et al. 1998], [Bruck, Geser 2000]) und wird durch entsprechende Erfahrungen aus österreichischen Notebookprojekten bekräftigt.

3.3.4 Das S-Kurvenmodell von Foster in der Schule

Schulen stehen nicht in der gleichen Wettbewerbssituation bezüglich neuer Technologien wie Unternehmen. Sie setzen auch selten Technologien ein, die weltweit neuartig sind. Meist sind die entsprechenden Technologien in anderen Branchen bereits erfolgreich eingesetzt worden, bevor sie im Schulbereich Verwendung finden. Die Voraussetzungen für die Anwendung des S-Kurvenmodells von FOSTER scheinen somit auf den ersten Blick nicht gegeben.

Es gibt aber durchaus Situationen, in denen auch Schulen mit der S-Kurven-Problematik und dem Management von technischen Diskontinuitäten konfrontiert sind. Schulen gehören zwar nicht zu den ersten, die eine neue Technologie *überhaupt* einsetzen. Es kann aber sein, dass sie zu den *Early Adoptors* einer neuen Technologie *im Schulumfeld* gehören. Im Kleineren ist hier die gleiche S-Kurve zu finden, die bereits bei der erstmaligen Einführung in der Wirtschaft zu beobachten war. Je stärker die neue Technologie mit dem Unterrichten oder mit sonstigen Besonderheiten des Schulumfeldes zu tun hat, desto grösser sind die Unsicherheit und der Lernaufwand für den Einsatz der Technologie.

Auch das Management von technologischen Diskontinuitäten ist für Schulen wichtig geworden. Zum einen sind Technologiewechsel selbst bei gleich bleibenden Leistungsanforderungen unumgänglich. Das Moore'sche Gesetz führt dazu, dass alte Technologien nach einer gewissen Zeit nicht mehr unterstützt, sondern durch neue Technologien ersetzt werden. Die Schule kann darum gezwungen sein, neue Informatikmittel zu beschaffen, weil die vorhandenen vom Hersteller nicht mehr gepflegt oder repariert werden.

Grössere Diskontinuitäten sind zu bewältigen, wenn eine Schule eine neue Art der Informatikmittelnutzung plant, beispielsweise von Desktops auf Notebooks wechselt oder sogar persönliche Notebooks für alle SchülerInnen einführt.

3.3.5 Das Capability Maturity Model in der Schule

Mit seiner Ausrichtung auf die professionelle Programmentwicklung ist das Capability Maturity Model sicher nicht für Schulen geeignet. Die Idee der Qualitätssicherung von Prozessen wäre aber auch beim *Betrieb* von Informatikmitteln wünschenswert. Es ist zu erwarten, dass solche Bemühungen stattfinden werden, sobald der Betrieb von Informatikmitteln an Schulen professionalisiert und übergeordnet gesteuert oder koordiniert wird.

3.3.6 Der Hype Cycle in der Schule

Die Schule ist nicht gefeit vor den Gefahren des Hype Cycle. Schulen stehen bezüglich Technologieeinsatz unter stärkerer Beobachtung und grösserem Druck von aussen als Unternehmen. Bei einem Unternehmen sind es vor allem die Geschäftspartner und vielleicht die Aktionäre, welche die im Unternehmen eingesetzte Technologie kritisch beobachten. Zumindest die Geschäftspartner sind meist in einer ähnlichen Lage und verfügen über Erfahrungen im Technologieeinsatz in vergleichbaren Situationen. In der Schule hingegen sind es Eltern, Schulbehörden und auch Politiker, die neue Technologien fordern, meist ohne über entsprechende Erfahrungen zu verfügen. Die Kenntnis der Hype-Cycle-Dynamik kann in der Schule helfen, Medienmeldungen und öffentliche Meinung zu neuen Technologien besser bewerten zu können.

3.4 *Diskussion*

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Schulen den gleichen zeitlichen Entwicklungen unterworfen sind wie Unternehmen. Sowohl bei der Leistung, der Integration und der Effizienz als auch bei der Wahrnehmung der Informatikmittel durchlaufen Schulen die gleichen Stadien, wie sie auch in der Wirtschaft zu beobachten sind.

Die oben beschriebenen Modelle sind nur deskriptiv und geben keine konkreten Handlungsanweisungen. Allein aus der Kenntnis dieser Entwicklungsmodelle lässt sich noch kein Konzept für den Einsatz von Informatikmitteln ableiten, weder in der Wirtschaft noch in der Schule. Die Modelle sind aber hilfreich bei der Planung von Technikeinführung, da sie unterschiedliche Dynamiken aufzeigen. Dies ist besonders im Schulbereich relevant, da dort entsprechende Erfahrungen mit Technikeinführung und -einsatz bisher weitgehend fehlen.

4 ORGANISATORISCHE ASPEKTE

4.1 Der Lebenszyklus von Informatikmitteln

Der Lebenszyklus von Informatikmitteln wird allgemein in die Zeitabschnitte Beschaffung, Nutzung/Betrieb und Ablösung gegliedert ([Bauknecht, Zehnder 1996], [Schreiber 2000], [Zehnder 2001]). Diese in Abbildung 4-1 dargestellten Zeitabschnitte werden im folgenden definiert.

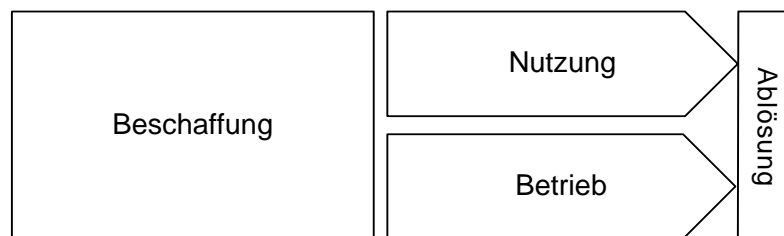


Abbildung 4-1: Lebenszyklus von Informatikmitteln

Bevor mit Informatikmitteln gearbeitet werden kann, müssen diese zuerst bereit gestellt werden. Dies wird als Beschaffung bezeichnet:

Beschaffung: *Planung und Bereitstellung von geeigneten Informatikmitteln.*

Ziel aller Tätigkeiten ist die Nutzung von Informatikmitteln:

Nutzung: *Produktiver Einsatz von Informatikmitteln durch AnwenderInnen.*

Die Nutzung von Informatikmitteln erzeugt ungewollten, zusätzlichen Aufwand. Geräte müssen gepflegt und bei Defekten repariert werden. NutzerInnen müssen bei Problemen unterstützt werden. Eine weit verbreitete Definition des Zeitabschnitts Betrieb lautet:

„Zum Betrieb gehören alle Tätigkeiten und Aufwendungen, die zum produktiven Einsatz des Anwendersystems notwendig sind.“ [Zehnder 2001]

Um die Abgrenzung zu den anderen Zeitabschnitten zu verdeutlichen, wird die Definition von ZEHNDER ergänzt:

Betrieb: *Alle Tätigkeiten und Aufwendungen, die zum produktiven Einsatz der Informatikmittel nach der Inbetriebnahme und vor der Ablösung (d.h. während der Nutzung) notwendig sind.*

Die letzte Phase im Lebenszyklus von Informatikmitteln wird als Ablösung bezeichnet:

Ablösung: *Ausserbetriebnahme von Informatikmitteln mit dem Ziel der Entsorgung oder Zweitnutzung.*

Die in dieser Arbeit verwendete Aufteilung des Lebenszyklus von Informatikmitteln ist in Abbildung 4-2 abgebildet und wird im Folgenden genauer beschrieben.

BREITER liefert in seinem Buch *IT-Management in Schulen* folgende Definition von Betrieb:

Zum Betrieb der Informations- und Kommunikationssysteme gehört ihre anwendungsgerechte Einrichtung (Installation) und es ist dafür zu sorgen, dass ihr Betrieb reibungslos gegeben ist (technische Systembetreuung) und Wartung bzw. Reparaturen wie auch die Entsorgung zweckmässig durchgeführt werden. [Breiter 2001]

Diese Definition führt jedoch verschiedene Aufgaben in einem Begriff zusammen, deren Anforderungsprofile sich stark unterscheiden. *Installation* und *Entsorgung* sind einmalige, zeitlich beschränkte Tätigkeiten, die andere Anforderungen stellen als die kontinuierlichen Tätigkeiten *Wartung*, *technische Systembetreuung* und *Reparatur*. Die zeitliche Limitierung und die besondere Stellung der Beschaffung im Lebenszyklus von Informatikmitteln sind Gründe, die Beschaffung als *Projekt* zu definieren:

Beschaffung: *Projektmässige Planung und Bereitstellung von geeigneten Informatikmitteln.*

Ein Projekt wird dabei nach ZEHNDER folgendermassen definiert:

Projekt: *Ein Projekt ist ein zeitlich begrenztes Entwicklungsvorhaben zum Lösen von Problemen innerhalb eines vorgegebenen Zielsystems. Es umfasst die Gesamtheit der für die Problemlösung notwendigen Entwicklungsarbeiten. [Zehnder 2001]*

Ein Beschaffungsprojekt lässt sich wiederum in einzelne Phasen unterteilen. ZEHNDER unterscheidet die Projektphasen Projektumriss, Konzept, Realisierung, Systemtest und Einführung [Zehnder 2001]. SCHREIBER dagegen unterteilt Projekte in die Phasen Vorstudie, Konzeption und Evaluation, Realisierung und Rahmenorganisation und als letzte Phase Implementierung [Schreiber 2000].

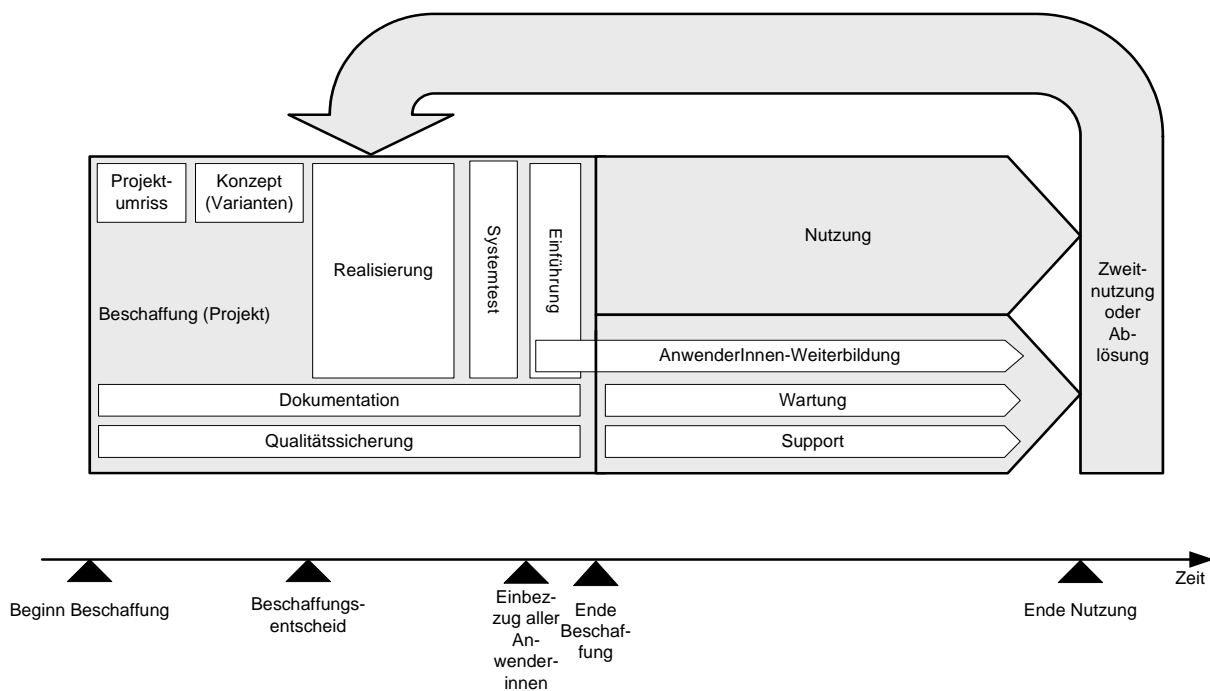


Abbildung 4-2: Detaillierte Darstellung des Lebenszyklus von Informatikmitteln (in Anlehnung an [Zehnder 2001])

Für eine erfolgreiche Projektdurchführung ist die Verwendung eines konsistenten Begriffskatalogs durch alle Beteiligten wichtig [Zehnder 2001]. Dies ist insbesondere bei der Beschaffung von Informatikmitteln in Schulen von Bedeutung, da im Schulumfeld mit dem Begriff *Projekt* meist eine Unterrichtsmethode bezeichnet wird, die u.a. von FREY geprägte *Projektmethode* [Frey 1982]. Obwohl auch das pädagogische Verständnis des Projektbegriffs von Projektphasen ausgeht, ist die Zielsetzung von pädagogischen Projekten eine andere, wie die Projektdefinition von MEYER zeigt:

Ein Projekt stellt den gemeinsam von Lehrern, Schülern, hinzugezogenen Eltern, Experten usw. unternommenen Versuch dar, Leben, Lernen und Arbeiten derart zu verbinden, dass ein gesellschaftlich relevantes, zugleich der individuellen Bedürfnis- und Interessenlage der Lehrer und Schüler entsprechendes Thema oder Problem innerhalb und ausserhalb des Klassenzimmers aufgearbeitet werden kann. Der Arbeits- und Lernprozess, der durch die Projektidee ausgelöst und organisiert wird, ist dabei ebenso wichtig wie das Handlungsergebnis oder Produkt, das am Ende des Projekts stehen soll. [Meyer 1987]

Bei diesem Projektbegriff tragen nicht nur das Endergebnis, sondern auch der Prozess und die dabei gemachten Erfahrungen zum Gesamtnutzen bei. Beim technischen Projektbegriff steht hingegen das Endergebnis im Vordergrund, Projekterfahrungen sind zweitrangig.

Der *Betrieb* von Informatikmitteln lässt sich nicht trennscharf unterteilen, da die notwendigen Tätigkeiten schwer voneinander abzugrenzen sind. Für die folgende Unterteilung wurden die Modelle von [Heinrich 2002], [Jenny 1995], [Varughese 1997] und [Zehnder 2001] betrachtet. Meist werden folgende Bereiche unterschieden:

- **Unterhalt der Informatikmittel:** Sicherstellung der Verfügbarkeit der Informatikmittel für die Nutzung durch AnwenderInnen

- **BenutzerInnen-Service:** Beratung und Schulung der AnwenderInnen bei Problemen und im Hinblick auf eine effektive und effiziente Nutzung der Informatikmittel.
- **Informatik-Dienstleistungszentren:** In grösseren Unternehmen werden gewisse Informatikmittel in Informatik-Dienstleistungszentren zusammengefasst. Zu den Aufgaben solcher Zentren gehören Installation, Wartung und Reparatur der zentralen Informatikmittel, Übernahme von Datenbeständen, Produktionsplanung, Kapazitätsplanung, Netzmanagement und zentrale Datensicherung und Archivierung.

Für den Schulbereich sind besonders die Erfahrungen aus den ersten beiden Bereichen interessant, da zur Wirtschaft vergleichbare Informatikdienstleistungszentren für Schulen zur Zeit nur für Kantone oder grössere Städte ein Thema sind. In dieser Arbeit wird aber auch die Weiterbildung der AnwenderInnen als eigener Bereich definiert, da dazu andere Fähigkeiten benötigt werden als für Wartung und Support. Es werden somit folgende Teilbereiche in Anlehnung an [Heinrich 2002] und [Zehnder 2001] unterschieden (siehe Abbildung 4-2):

Wartung	<i>Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Informatikmittel.</i>
Support	<i>Unterstützung von AnwenderInnen bei Problemen bei der Nutzung von Informatikmitteln.</i>
AnwenderInnen-Weiterbildung	<i>Förderung der Kenntnisse und Fähigkeiten von AnwenderInnen zur Nutzung von Informatikmitteln.</i>

Diese Definitionen gliedern den Betrieb nach den Kriterien *Zeitliche Planbarkeit* und *Technik- oder Personenfokussierung* (siehe Abbildung 4-3). Bei der Wartung ist der Fokus auf der Technik. Gewisse Wartungstätigkeiten sind planbar (z.B. Versionsaktualisierungen, Sicherheitskopien), andere jedoch nicht (z.B. Systemwiederherstellung nach Defekten). AnwenderInnen können zur Nutzung geschult werden, was sich zeitlich planen lässt. Trotzdem werden ungeplante Probleme auftreten, bei denen Hilfestellungen durch SpezialistInnen notwendig ist.

	Fokus Technik	Fokus Mensch
Zeitlich planbar	Wartung	Weiterbildung
Zeitlich nicht planbar		Support

Abbildung 4-3: Aufteilung des Betriebs nach den Kriterien Planbarkeit und Technik- oder Personenfokussierung

Es gibt verschiedene Steuerungsmöglichkeiten für die Anteile diese Teilbereiche am gesamten Betriebsaufwand. Eine vertiefte Weiterbildung der NutzerInnen kann den Bedarf an Wartungs- und Supportpersonal verringern, weil NutzerInnen gewisse Wartungsarbeiten selbst erledigen (z.B. Tonerwechsel) und sich bei einfachen Problemen (z.B. Papierstau) zu helfen wissen. Umgekehrt kann der Einsatz von genügend Wartungspersonal durch vorausschauende

Planung den Supportbedarf verringern und die Notwendigkeit zur Schulung von einfachen Wartungstätigkeiten von NutzerInnen reduzieren.

In Abbildung 4-2 beginnt die Weiterbildung von AnwenderInnen bereits vor der Betriebs- und Nutzungsphase der Informatikmittel. Es ist sinnvoll, eine erste Weiterbildung bereits in der Einführungsphase der Beschaffung durchzuführen.

4.2 *Betrieb von Informatikmitteln in Unternehmen*

In den folgenden Abschnitten sollen Erkenntnisse zu drei Konzepten des Informatikmittelbetriebs in Unternehmen vorgestellt werden, die sich direkt oder abgewandelt auch beim Betrieb von Informatikmitteln an Schulen anwenden lassen.

4.2.1 **Mehrschichtiger Support**

Eine Befragung von 19 Schweizer Unternehmen zum koordinierten Einsatz von Notebooks [Kobler, Randegger 2001] erbrachte im Bereich *Organisation des Supports* zwei bemerkenswerte Ergebnisse:

1. **Die meisten Unternehmen gliedern den Support in drei Schichten.** Die erste Schicht ist für den Mitarbeitenden leicht zu erreichen und versucht, mit geringem Aufwand das Problem zu lösen. Gelingt dies nicht, gelangt der *First Level Support* an den *Second Level Support*, der bereits über mehr technische Kenntnisse und Ausstattung verfügt. Findet auch der Second Level Support keine Lösung, wird der *Third Level Support* eingeschaltet, der zentral die schwierigsten Probleme zu lösen versucht.
2. **Aufteilung, Organisation und Benennung der drei Supportschichten unterscheiden sich stark zwischen Unternehmen.** Die Aufteilung der Supportaufgaben unterscheiden sich nicht nur in der unterschiedlichen Benennung der einzelnen Dienste. Je nach Unternehmen werden die Fragen, ob ein Problem telefonisch oder persönlich, von einem eigenen Mitarbeiter oder einem externen Spezialisten gelöst und wann dieses an die nächst höhere Instanz weitergeleitet werden soll, sehr unterschiedlich beantwortet. Abbildung 4-4 zeigt verschiedene verwendete Aufteilungen.

Es ist somit üblich, Informatik-Probleme der Mitarbeitenden in einem mehrstufigen Prozess zu lösen. Am Anfang der Supportkette stehen Mitarbeitende, welche die Sprache der BenutzerInnen verstehen und im Sinne der 80/20-Regel einen Grossteil der Probleme mit relativ geringem technischem Fachwissen lösen können. Nur die verbleibenden Probleme werden an die teureren Spezialisten weiter geleitet. Wie diese Supportkette aber im Detail organisiert wird, hängt von spezifischen Eigenschaften des Unternehmens ab. Die Aussage, dass ein Supportkonzept mit First-, Second- und Third-Level-Support verwendet wird, verrät somit noch wenig über die tatsächliche Aufgabenverteilung.

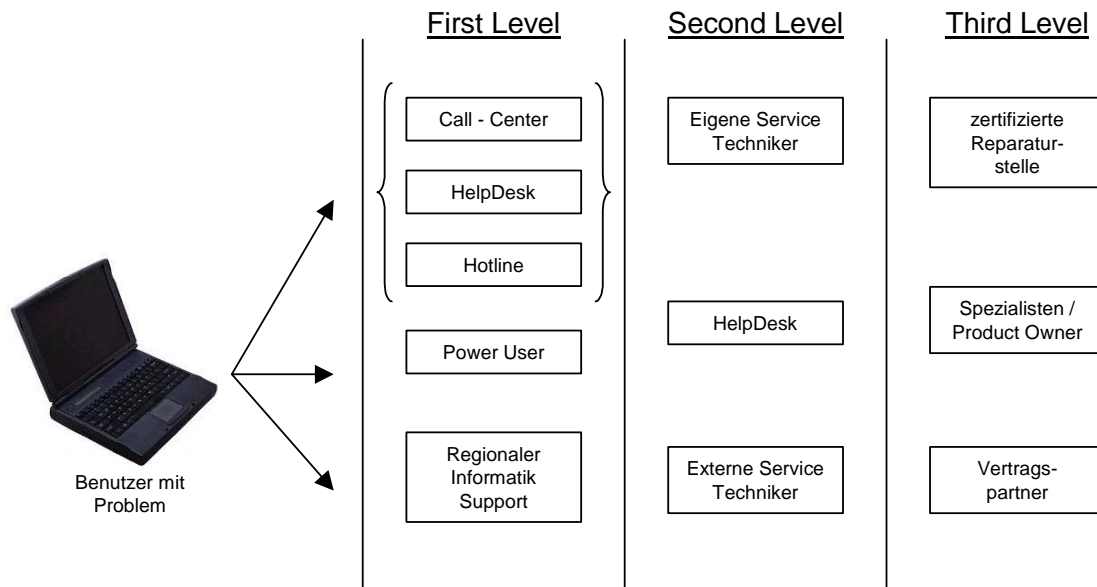


Abbildung 4-4: Verschiedene Varianten der dreischichtigen Supportorganisation in Unternehmen (nach [Kobler, Randegger 2001])

4.2.2 Outsourcing

Um die eigene Wirtschaftlichkeit zu steigern, versuchen Unternehmen seit längerem, Aufgaben auszulagern, die nicht zu den Kernkompetenzen und zur strategischen Ausrichtung des Unternehmens gehören. Dieser als *Outsourcing* bezeichnete Prozess ist nicht auf die Informatik beschränkt, sondern kann auch andere Unternehmensbereiche wie Logistik oder Personalwesen betreffen.

Vorteile:	Nachteile:
<ul style="list-style-type: none"> • Konzentration auf das Kerngeschäft • Schnellere Projektabwicklung • Verlagerung des Projektrisikos • Höhere Flexibilität bez. Kapazität und Kosten • Bessere Transparenz von Leistungen und Kosten • Bessere Kalkulierbarkeit der Kosten • Erhöhung des Innovationsgrads • Höhere Qualität durch bessere Personalqualifikation/Spezialisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit vom Dienstleister • Geringere Identifikation des Dienstleisters mit dem Outsourcer und daraus folgende Qualitätsprobleme • Steigender Koordinationsaufwand • Höhere Transaktionskosten • Personelle Widerstände • Verlust an Technologie-Know-how • Grössere Datenschutz- und Sicherheitsprobleme

Tabelle 4-5: Vor- und Nachteile von Outsourcing in Unternehmen (nach [Heinrich 2002] und [Varughese 1997])

Bereits in der Unternehmenswelt ist Outsourcing nicht problemlos und so ist teilweise auch die Gegenbewegung des *In sourcing* früher ausgelagerter Bereiche zu beobachten. Tabelle 4-5 zeigt eine Übersicht der Vor- und Nachteile von Outsourcing in Unternehmen. Fett geschrieben sind dabei Aspekte, die auch für Schulen relevant sind. Das Hauptproblem bei IT-

Outsourcing im Schulbereich besteht zur Zeit darin, dass weder Schulen noch potentielle Outsourcing-Partner über Erfahrung in diesem Bereich verfügen.

4.2.3 Service Level Agreement

Beim Auslagern von Informatikdienstleistungen an externe Anbieter, aber auch bei der Aufgabendefinition für Informatikabteilungen im eigenen Unternehmen sind Vereinbarungen zwischen den Beteiligten notwendig, welche Dienstleistungen wie übernommen werden. Solche Vereinbarungen werden *Service Level Agreements (SLA)* oder *Serviceebenen-Vereinbarungen* genannt ([Heinrich 2002] und [Varughese 1997]). Ein vollständiges Service Level Agreement enthält die folgenden Punkte:

- Laufzeit der Vereinbarung und Regelung bezüglich Vertragsänderungen
- Leistungsumfang der zu erbringenden Dienstleistung
- Berichtswesen und Überprüfung
- Schadensersatzregelungen
- Zahlungsmodalitäten

Neben der Art der Dienstleistung enthält die Beschreibung des Leistungsumfangs auch Angaben zur Qualität (Verfügbarkeit, maximale Fehlerhäufigkeit usw.) und insbesondere zu zeitlichen Aspekten der Dienstleistung (Maximale Bearbeitungszeiten, Reaktionszeiten bei Ausfällen, Qualität der Dienstleistung in Abhängigkeit von Tageszeit und Wochentag, usw.)

Service Level Agreements sind ein wichtiges Kommunikationsmittel zwischen Dienstleistungserbringer und Auftraggeber. Ein vollständiges SLA hilft beiden Seiten bei der Planung der eigenen Prozesse und Kosten. Im Problem- oder Schadensfall hilft ein geeignet formuliertes SLA sowohl die Frage der Verantwortlichkeit als auch des Schadenersatzes zu klären.

Während der Dienstleistungserbringer meistens bereits Erfahrungen mit Service Level Agreements hat, ist dies beim Auftraggeber oft nicht der Fall. Dieses Kompetenzgefälle ist in Schulen besonders ausgeprägt, da dort nicht nur die technische Kompetenz fehlt. Schulen haben meist wenig Erfahrung im Formulieren und Abschliessen von kommerziellen Verträgen. Zumindest beim Abschluss von Service Level Agreements muss somit dafür gesorgt werden, dass das notwendige vertragliche und technische Wissen der Schule zur Verfügung steht.

4.3 *Unterschätzte Bedeutung des Informatikmittelbetriebs in Schulen*

4.3.1 Hinweise in der Fachliteratur

Der Aufwand für den Betrieb von Informatikmitteln in der Schule wird oft ganz vergessen, unterschätzt oder zwar als Problem erkannt, aber nicht angegangen.

Beim Informatikmitteleinsatz in der Schule sind historisch gesehen mehrere Stufen zu unterscheiden, die sich mit Nolans Zeitalter vergleichen lassen (siehe Unterabschnitt 3.2.2 und [Nolan 1993]). Anfänglich wurden im Mathematik- und später im Informatikunterricht einzelne Computer genutzt und meist auch von den entsprechenden Fachlehrpersonen betrieben. Mit der Zeit wurden Computer zunehmend auch in anderen Fächern und in grösserer Anzahl

genutzt, der Betrieb aber weiterhin durch Mathematik- oder Informatiklehrpersonen übernommen. Ein weiterer starker Anstieg der Computernutzung erfolgte ab 1996 parallel zur Verbreitung des Internets.

Bis zur Einführung des Internets an einer Schule war der Betrieb der Informatikmittel meist kein Thema. Er wurde fast immer von einer Lehrperson im Nebenamt ohne oder mit unzureichender Entlastung und Entlohnung erbracht. Die ersten Publikationen zu Internet in der Schule (z.B. [Perrochon 1996], [Döbeli, Eberhard 1997]) behandeln zwar Installationsfragen, gehen aber mit keinem Wort auf Probleme von Wartung und Support ein.

Mit dem Internet und der damit einhergehenden Vernetzung der Computer in den Schulen wird jedoch die Kapazitätsgrenze von freiwilligen Systembetreuern überschritten. Ab 1998 häufen sich die Klagen über unhaltbare Zustände beim Betrieb der Informatikmittel in der Schule. Tabelle 4-6 zeigt eine Auswahl von entsprechender Literatur im deutschsprachigen Raum.

Stellvertretend für diese Aussagen ein Zitat von BRUCK und GESER zur Situation in Österreich:

Investitionen in IKT gehen mit Folgekosten einher, die die technische (Erst-) Ausstattung weit übersteigen; Administration des regelmässigen Betriebs, Aus- und Fortbildungen für die NutzerInnen, digitale Unterrichtsmaterialien, technischer Support, notwendige Updates aufgrund der rasanten Hard- und Softwarespirale. Vor allem im Bereich Administration wären in den Schulen weit mehr Aufwendungen, im Grunde zusätzliches Personal erforderlich. Denn vieles, was heute ansatzweise funktioniert, „verdankt“ sich einer Mehrbelastung bzw. Unterdotierung der für die IKT verantwortlichen Lehrkräfte. [Bruck, Geser 2000]

Jahr	Schweiz	Deutschland	Österreich
1998		[Kubicek, Breiter 1998a], [Mayrhofer 1998], [PROFSYS 1998]	[Bruck, Stocker et al. 1998]
1999	[Hartmann 1999], [Grepper, Döbeli 1999]	[Kubicek, Breiter 1999]	[Bruck et al. 1999]
2000	[Zehnder 2000]	[Nadenau 2000]	[Bruck, Geser 2000], [Stangl 2000]
2001	[Döbeli 2001], [Groner, Dubi 2001], [Hartmann, Reichert 2001], [Moser 2001]	[Breiter 2001], [GI 2001]	[Stangl 2001]
2002	[Döbeli 2002]	[Ruhmann, Härtel 2002]	
2003		[Angerhöfer, Garbe 2003], [Paulus 2003]	

Tabelle 4-6: Literatur der letzten sechs Jahre zur Problematik des unterschätzten Betriebs von Informatikmitteln an Schulen im deutschsprachigen Raum

Mehrere Ursachen liessen den Betriebsaufwand in den letzten Jahren stark ansteigen. Neben der immer grösser werdenden Zahl der Computer und ihrer zunehmenden Nutzung wurden auch die Systeme immer komplexer. Vernetzung, zahlreiche Internet-Programme, zunehmende Sicherheitsprobleme und oftmals ungeübte AnwenderInnen erhöhen den Betriebsaufwand gegenüber schlichten Einzelarbeitsplätzen von früher.

Während zur Zeit Notebooks und Funknetze für Herausforderungen beim Betrieb sorgen [Döbeli 2001], wird bald die Integration von privaten Geräten von Lehrpersonen und SchülerInnen neue Probleme schaffen. Es ist somit nicht zu erwarten, dass der Betriebsaufwand an Schulen in naher Zukunft stark sinken wird.

4.3.2 Umfragen bei Informatikverantwortlichen von Schulen

Umfragen bei Informatikverantwortlichen von Schulen bestätigen die Betriebs-Problematik. So verlangten nicht nur 10 von 12 der von WIRTHENSOHN befragten Informatikverantwortlichen im Kanton Zürich eine angemessenere Bezahlung oder grössere Entlastung für ihre Arbeit. Neben der grossen zeitlichen Belastung ist es auch die *fehlende Anerkennung* des LehrerInnenkollegiums, das ihnen zu schaffen macht [BiD ZH 1999: 32].

In der gesamtschweizerischen Befragung von Informatikverantwortlichen durch NIEDERER ET AL. von 2003 wird die Wartung und der Unterhalt der Geräte zwar leicht positiv bewertet. Die Entschädigung für Wartung/Support hingegen wird von 13 zu bewertenden Punkten am schlechtesten bewertet, wobei die Bewertung auf der Primarstufe nochmals deutlich unter denen der Sekundarstufe I liegt [Niederer et al 2003].

Diesbezüglich die deutlichste Aussage ist in der Untersuchung der Situation im Kanton Basellandschaft von MOSER und SCHEUBLE zu finden. Auf der Sekundarstufe I waren 89% der Informatikverantwortlichen mit der Entlastung für ihre Arbeit unzufrieden, 42% bezeichnet sie sogar als „absolut ungenügend“ [Moser, Scheuble 2002: 16].

4.3.3 Gründe

Es sind mehrere Gründe denkbar, warum in Schulen der Betrieb von Informatikmitteln bisher unterschätzt wird:

- **Kein sichtbarer Zusammenbruch des Schulbetriebs:** In Unternehmen sind Informatikmittel in den letzten Jahren zu einem unverzichtbaren Teil der Infrastruktur geworden. Jeder Ausfall macht sich sofort in einem Produktivitätsabfall des entsprechenden Unternehmensteils bemerkbar. In Schulen führt ein Ausfall der Informatikinfrastruktur nicht zu einer direkt messbaren Produktivitätseinbusse. Lehrpersonen, die mehrfach solch frustrierende Erfahrungen machen, werden Informatikmittel nicht mehr im Unterricht verwenden wollen; doch diese Ablehnung wird erst im Laufe der Zeit sichtbar.
- **Mangelndes Wissen der Entscheidungsträger:** Personen oder Behörden, die Budgets oder Projektpläne erstellen oder bewilligen müssen, verfügen oft nicht über das notwendige Wissen, um die Bedeutung und den Aufwand der Betriebsphase zu erkennen [Stangl 2001: 106]. Da Entscheidungsträger ihre eigene Informatikinfrastruktur meist nicht selbst installieren und betreiben, fehlen ihnen entsprechende Erfahrungen.

- **Versprechungen der Werbung/Industrie:** Die Meinung, dass mit der Erstinstallation alles getan sei und die Infrastruktur nun wartungsfrei funktioniere, wird durch die Werbung der Hard- und Softwareindustrie gefördert. Marketing-Stichworte wie *Plug & Play* bestärken den Glauben an reibungslos funktionierende Informatikmittel.
- **Unterschätzung der Komplexitätszunahme:** Es wird übersehen, dass die Komplexität der Installationen und die Sicherheitsprobleme in den letzten Jahren massiv zugenommen haben.
- **Unspektakularität des Betriebs:** Während man mit Beschaffungsprojekten politisch und in den Medien Aufmerksamkeit erreicht, interessiert sich (nicht nur bei Informatikinfrastrukturen) praktisch niemand für den laufenden Betrieb. Bei kurzfristiger Denkweise sind sowohl Politiker und Behörden als auch Sponsoring-Partner in der Industrie vorwiegend an Aktionen interessiert, die für entsprechende Publizität sorgen.

4.3.4 Folgen

Die Unterschätzung des Betriebsaufwands und daraus folgend die Vernachlässigung des Betriebs führen zu einer geringeren Nutzung von Informatikmitteln in der Schule. Abbildung 4-7 illustriert die entsprechenden Zusammenhänge. Am offensichtlichsten ist, dass mangelnde Finanzen für den Betrieb (F4) zu einer Reduktion der Funktionsfähigkeit der Informatikinfrastruktur (B) führen. Nicht ausreichende Entlohnung oder Entlastung für den Betrieb (F4) führt aber auch dazu, dass der Zugang zu den Geräten (C) schlechter wird ([Schartner 2000], [Döbeli 2002]). Ein überlasteter Systemadministrator wird die Zugangsbestimmungen zum Computerraum restriktiv festlegen, um zusätzliche Arbeit zu vermeiden. Als seltene Extremfälle dieses Zusammenhangs sind die Streiks von als Systemadministratoren tätigen Lehrpersonen zu betrachten, die als Protest gegen ungenügende Entschädigung oder Entlastung den Zugang zu Computern an der Schule ganz unterbinden. Häufiger sind aber graduelle Leistungsreduktionen im Laufe der Zeit. Ähnliche Auswirkungen haben *Burnouts* von Systembetreuern, die ihr Amt nach jahrelanger Selbstausschöpfung niederlegen. Zuerst vergeht eine gewisse Zeit, bis ein Nachfolger gefunden werden kann. Danach wird oft der Know-how-Verlust zu einem Problem, da der bisherige Systembetreuer meist keine Lust mehr hat, sein Wissen weiterzugeben [Döbeli 2002].

Längerfristiger Schaden entsteht durch schlechte Erfahrungen von Lehrpersonen (E) beim erstmaligen Einsatz von Informatikmitteln im Unterricht aufgrund mangelnder Funktionsfähigkeit der Geräte (B). Sind die Erfahrungen bei den ersten Integrationsversuchen von ICT in den Unterricht schlecht, so wird die Lehrperson dies für längere Zeit bleiben lassen.

Es wurde bisher selten versucht, das Thema *Betrieb von Informatikmitteln an Schulen* generisch, also unabhängig von bestimmten regionalen oder technischen Gegebenheiten zu betrachten. Die vorhandenen Publikationen stammen meist von Behörden, welche die Eigenheiten ihrer regionalen Situation als unveränderbar ansehen oder gar nicht erst wahrnehmen. Andere Publikationen versuchen, Effizienzverbesserungen durch den Einsatz bestimmter Technologien zu erzielen.

In den nachfolgenden Abschnitten soll die Frage vertieft werden, welche Aufgabenbereiche der Betrieb umfasst (Abschnitt 4.4) und wer diese Aufgabenbereiche abdecken könnte (Abschnitte 4.5 und 4.6). Danach werden verschiedene Betriebsmodelle vorgestellt und diskutiert

(Abschnitt 4.7). Nach dieser qualitativen Dimension der Organisation folgt im Kapitel 5 die quantitative Dimension der Finanzierung.

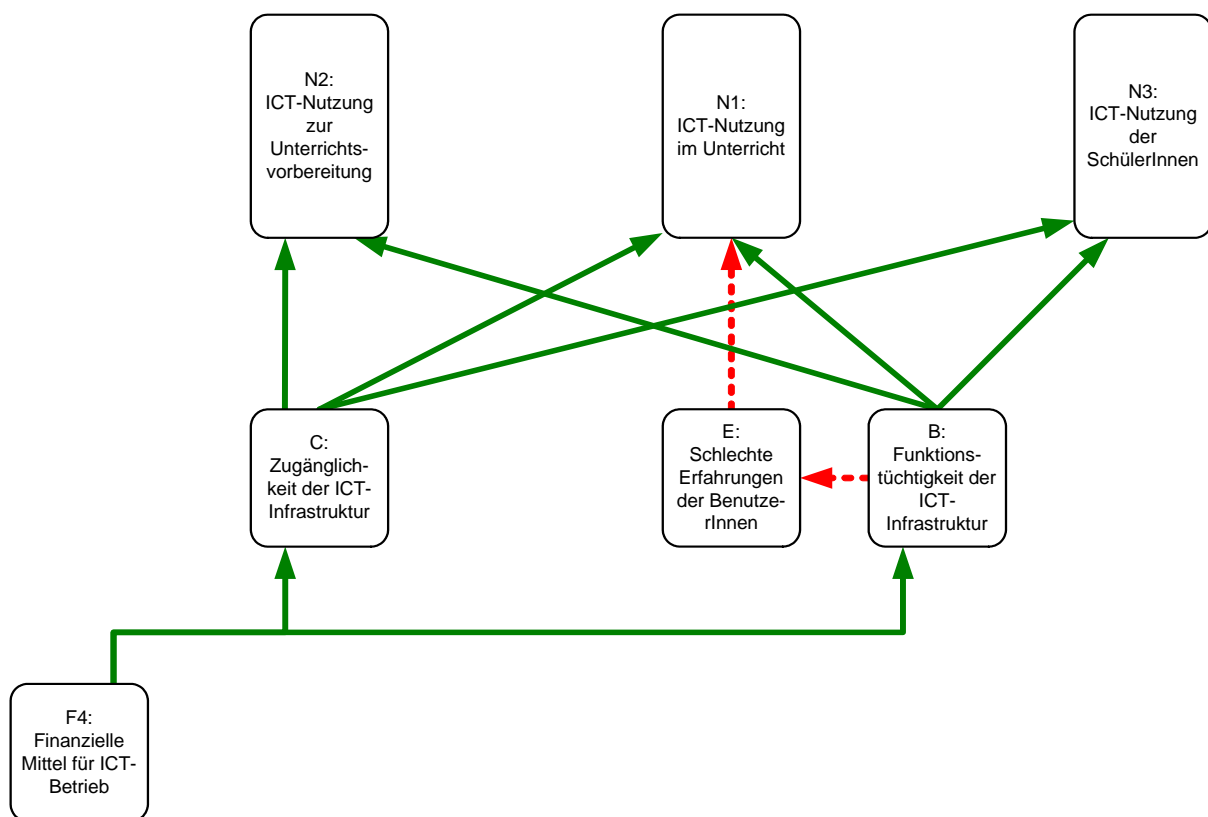


Abbildung 4-7: Einfluss der finanziellen Mittel für den ICT-Betrieb auf die ICT-Nutzung

4.4 Aufgabenbereiche

4.4.1 Historische Aufteilung in pädagogische und technische Systembetreuung

Im deutschsprachigen Raum wird in der Literatur meist eine Zweiteilung der im Betrieb anfallenden Aufgaben vorgenommen. Es wird dabei zwischen pädagogischer und technischer Systembetreuung unterschieden ([Mayrhofer 1998], [PROFSYS 1998], [Grepper, Döbeli 1999], [GI 2001]). Die technische Systembetreuung haben wir 1999 folgendermassen definiert:

Technische Systembetreuung: Ist für die **technische** Betreuung des Systems zuständig. [Sie] ist für die Installation und umfassende Betreuung (Mechanik, Elektronik, Hard- und Software, Netz, Benutzeradministration der einzelnen Informatik-Geräte wie PC oder Drucker, aber auch Kopierer, Videogeräte etc. zuständig. [Grepper, Döbeli 1999]

Betrachtet man die Aufgabenbereiche der technischen Systembetreuung gemäss GI-Empfehlungen (Tabelle 4-8), so wird deutlich, dass sich diese konzeptionell nicht stark von denjenigen einer Systembetreuung in Unternehmen unterscheiden.

TECHNISCHE SYSTEMBETREUUNG***Einrichtung, Wartung und Pflege der Rechnersysteme***

- *Realisierung der logischen und physikalischen Netzwerkstruktur nach den Vorgaben der pädagogischen Systembetreuung*
- *Hard- und Software-Beschaffung jeglicher Art*
- *Aufstellung, Verkabelung und Einrichtung der Server und Arbeitsstationen mit ihrer jeweiligen Peripherie*
- *Prüfung der Einsetzbarkeit von Unterrichtssoftware auf der vorhandenen Rechenanlage*
- *Installation und Konfiguration von Hard- und Software-Komponenten jeglicher Art*
- *Konfiguration und Dokumentation des Schulnetzes auf der Grundlage der pädagogischen Anforderungen*
- *Reparatur- bzw. Wartungsarbeiten an Hard- und Software (mit garantierten Reaktionszeiten)*
- *Arbeiten zur Vergabe und Pflege von Kennwörtern, persönlichen Datenbereichen und Gruppenarbeitsbereichen*
- *Einweisung des Verwaltungs- und Schulleitungspersonals in die Bedienung der Hard- und Software-Komponenten des Schulverwaltungsnetzes*

Datensicherung

- *Erstellung eines Konzeptes zur Datensicherung*
- *Einrichtung der dazu notwendigen Hard- und Software*
- *Konzeption, Überwachung und Durchführung von Datensicherungsarbeiten*

Aus [GI 2001]

Tabelle 4-8: Aufgaben der technischen Systembetreuung gemäss GI-Empfehlungen

PÄDAGOGISCHE SYSTEMBETREUUNG:

- *Schulung und Fortbildung von Lehrerinnen und Lehrern*
- *Beratung, Unterstützung und Betreuung von Schülerinnen und Schülern*
- *Konzeptionelle Beratung von Schulleitung und Schulträgern*
- *Unterstützung von Unterricht*
- *Eigene Fortbildung*
- *Planung und Auswahl von Hard- und Software-Anschaffungen*
- *Anleitung und Kontrolle der technischen Systembetreuung*

Gekürzt aus [GI 2001]

Tabelle 4-9: Aufgaben der pädagogischen Systembetreuung gemäss GI-Empfehlungen

Anders ist dies bei der pädagogischen Systembetreuung, die wir 1999 auf der Ebene eines Schulhauses kurz wie folgt definiert haben:

Pädagogische Systembetreuung: *Fungiert als Schnittstelle zwischen SystembetreuerIn und den AnwenderInnen. [...]Ist für das Informatikkonzept sowie für die didaktischen und pädagogischen Aspekte zuständig [Grepper, Döbeli 1999].*

Der Beratung, was mit Informatikmitteln gemacht werden kann, kommt in Schulen ein viel grösserer Stellenwert als in Unternehmen zu. Man kann zwar durchaus Entsprechungen in Unternehmen zu den in Tabelle 4-9 genannten Aufgaben der pädagogischen Systembetreuung in Schulen finden. Im Gegensatz zu Lehrpersonen gibt es aber in Unternehmen nur wenige Mitarbeitende, die ihren Arbeitsprozess aufgrund der Verwendung von Informatikmitteln selbständig neu strukturieren müssen oder dürfen. Mitarbeitende in Unternehmen haben meist nur kleine Wahlmöglichkeiten beim Einsatz von Informatikmitteln. In der Schule jedoch haben Lehrpersonen eine viel grössere Freiheit, ob und wie sie Informatikmittel im Unterricht einsetzen. Da aber Einsatzmöglichkeiten und Wirksamkeit des Einsatzes nicht auf den ersten Blick erkennbar oder gar messbar sind, benötigen Lehrpersonen mehr inhaltliche Beratung als Mitarbeitende in Unternehmen.

4.4.2 Inhaltliche Aufteilung der Systembetreuung

Die klassische Zweiteilung der Systembetreuung an Schulen in einen technischen und einen pädagogischen Bereich ist eine Folge der historischen Entwicklung. Da in der Vergangenheit Konzepte zum Betrieb von Informatikmitteln meist von Lehrpersonen entwickelt wurden, lauten die zur Aufteilung verwendeten (impliziten) Fragen:

- Was kann eine Lehrperson selber übernehmen? *aber auch:*
Worüber will ich als Lehrperson die Verantwortung nicht abgeben?
→ **Pädagogische Systembetreuung**
- Für welche Aufgaben sind zusätzliche technische Kenntnisse notwendig?
→ **Technische Systembetreuung**

Diese Zweiteilung ist für eine vertiefte Betrachtung der Thematik ungenügend. Zum einen werden Betreuungsaufgaben, die weder pädagogische noch technische Spezialkenntnisse erfordern, nicht gesondert erfasst. Zum anderen fehlen verschiedene andere Aspekte, die für eine umfassende Behandlung des Themas notwendig sind.

Daher schlagen wir statt der Zweiteilung eine *Dreiteilung* mit folgenden Fragen vor:

- **Pädagogische Systembetreuung:** Für welche Aufgaben sind pädagogische Kenntnisse und Erfahrungen notwendig?
- **Technische Systembetreuung:** Für welche Aufgaben sind technische Spezialkenntnisse notwendig?
- **Logistische Systembetreuung:** Für welche Aufgaben sind weder technische noch pädagogische Spezialkenntnisse notwendig?

Zur logistischen Systembetreuung gehören Routineaufgaben, die keine besondere Ausbildung benötigen. Dies umfasst beispielsweise Papiernachschub für Drucker und regelmässige Inventarkontrolle. Das Ausweisen solcher Aufgaben in einer eigenen Kategorie erleichtert die Aufgabenverteilung auf verschiedene Rollen.

4.4.3 Mehrdimensionale Aufteilung

Die Systembetreuung lässt sich nicht nur inhaltlich gliedern. Eine weitere Dimension ist die Breite gleichartiger Einsätze. Zur Nutzung von Synergien sollte die Frage des Betriebs nicht nur auf der Stufe eines Schulhauses oder einer Schule betrachtet werden. Stattdessen lohnt es sich, auch übergeordnete Organisationsstrukturen in die Überlegungen mit einzubeziehen. Welche Aufgaben könnten durch die Schulgemeinde für mehrere Schulen gleichzeitig übernommen werden? Die Antwort auf solche Fragen kann für alle Schulen eines Kantons oder Bundeslandes gleich lauten. Damit lohnt es sich, diese Fragen auf der entsprechenden Ebene zu beantworten, statt zahlreiche Schulen einzeln danach suchen zu lassen. Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Dimension der Organisationsebenen, die von der Einzelperson bis zum Kulturkreis reicht.

Zwei weitere Dimensionen betreffen vor allem die pädagogische Systembetreuung. Die Beantwortung pädagogischer Fragen unterscheidet sich zum Teil stark auf verschiedenen Schulstufen und zwischen verschiedenen Schulfächern, so dass sich eine Gliederung nach Schulstufen und Fachschaften oder zumindest nach Fächergruppen aufdrängt. Verschiedene Fächer und Schulstufen haben zwar oft bestimmte Besonderheiten bei der eingesetzten Informatikmitteln. Solche Spezialfälle rechtfertigen inhaltlich jedoch keine Aufteilung der technischen oder logistischen Systembetreuung nach Schulstufen und Fächern. Allerdings wird oft aus organisatorischen Gründen auch die technische und logistische Systembetreuung nach Schulstufen getrennt.

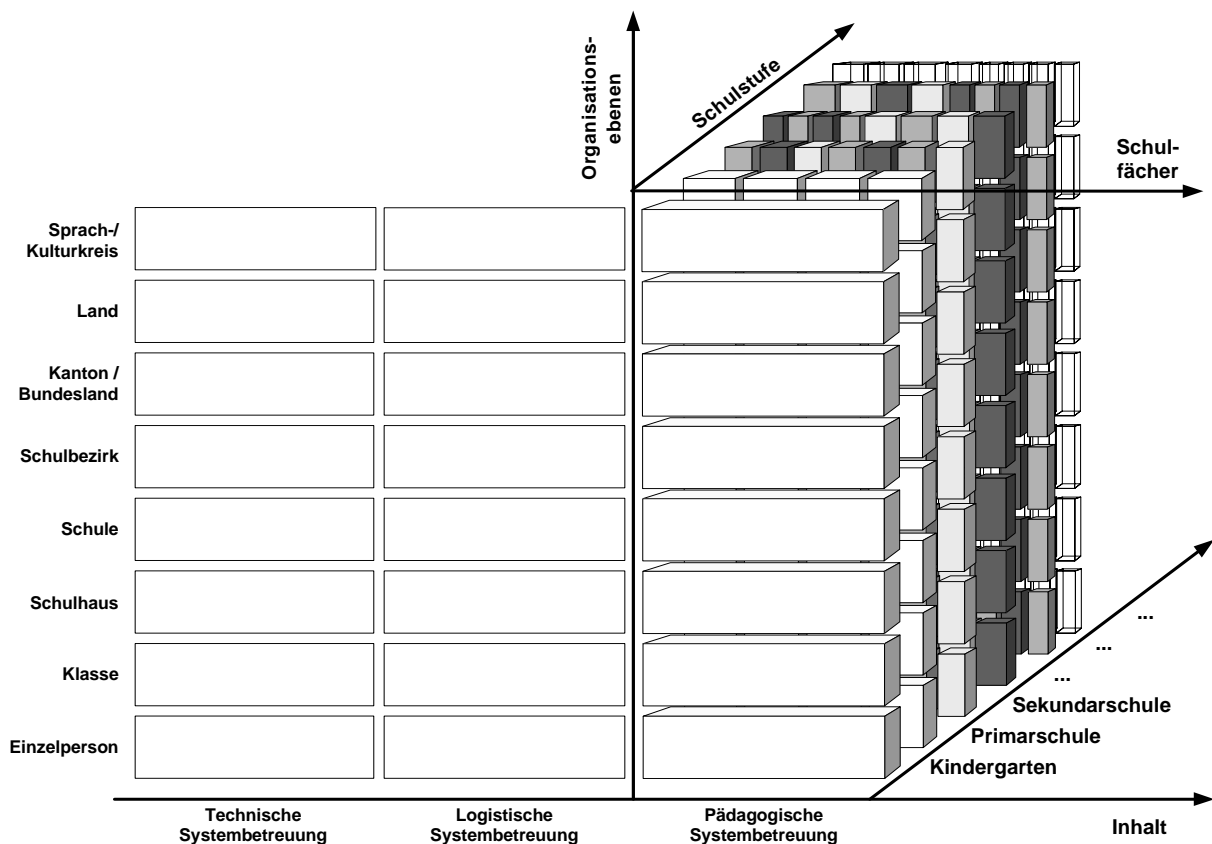


Abbildung 4-10: Die vier Dimensionen der Systembetreuung:
Inhalt, Organisationsebene, Schulstufe und Schulfächer

Abbildung 4-10 zeigt die vier Dimensionen der Systembetreuung im Überblick. In der X-Achse wird die oben vorgeschlagene inhaltliche Aufteilung in technische, pädagogische und logistische Systembetreuung vorgenommen. In der Y-Achse sind die verschiedenen Organisationsebenen von der Einzelperson bis zum Sprach- oder Kulturkreis abgebildet. In der Z-Achse befindet sich die Aufteilung nach unterschiedlichen Schulstufen. Diese wird nur bei der pädagogischen Systembetreuung vorgenommen, da Schulstufen nur dort inhaltliche Unterschiede ergeben. Ebenfalls nur bei der pädagogischen Systembetreuung spielen die Schulfächer als vierte Dimension eine Rolle.

4.5 Akteure

Die Typen von Akteuren, welche potenziell die anstehenden Betriebs-Aufgaben lösen können, sind im Schulumfeld zahlreicher als in der Wirtschaft. Ein Unternehmen hat drei mögliche Akteuertypen für den Betrieb der Informatikmittel: Normale MitarbeiterInnen, spezialisierte MitarbeiterInnen oder externe SpezialistInnen. Eine Schule hat zumindest theoretisch bis zu sieben Möglichkeiten zur Auswahl:

- **SchülerInnen:** Der Einsatz von SchülerInnen bietet sich aus verschiedenen Gründen an: Als NutzerInnen kennen sie die Bedürfnisse der Schülerschaft bestens. Einzelne verfügen über grosse technische Detailkenntnisse und Zeit. Der Einsatz von SchülerInnen ist aber nicht unproblematisch. Die grosse Fluktuation, die Gefahr der Abhängigkeiten und der Datenschutz sind hier drei zu beachtende Aspekte (ausführlich bei [Grepper, Döbeli 1999] oder [Angerhöfer, Garbe 2003]).
- **Eltern:** Ähnliche Vorbehalte gelten auch beim Einbezug von Eltern. Einerseits können damit externe Fachkenntnisse genutzt und motivierte Mithelfer gefunden werden. Die Gefahr der Abhängigkeit und systemische Probleme bei Konflikten mit den entsprechenden SchülerInnen dürfen nicht übersehen werden.
- **LehrerInnen (und Büro-MitarbeiterInnen):** Historisch gesehen sind es meist Lehrpersonen, welche den Betrieb der Informatikmittel übernehmen. Werden keine anderen Lösungen einbezogen, stehen Lehrpersonen vor der Alternative, die Betreuung weiterhin zu übernehmen oder den Einsatz von Informatikmitteln im Unterricht zu unterlassen. Wirtschaftlich ist es an sich unsinnig, Personen mit einer teuren, aber für die anstehenden Probleme ungeeigneten Ausbildung technische Aufgaben zu übertragen. Andererseits wird die Lehrperson als zentrale Ansprechperson in der Klasse und im Schulhaus wahrscheinlich immer gewisse First-Level-Aufgaben übernehmen müssen.
- **Hausdienst-MitarbeiterInnen:** Die MitarbeiterInnen des Hausdienstes haben den Vorteil, als einzige in einem Schulhaus in Pannenfällen meist sofort abkömmlich zu sein, im Gegensatz zu SchülerInnen und Lehrpersonen, die nicht einfach aus einer Schulstunde geholt werden können.
- **InformatiklehrerInnen:** Obwohl diese nicht für den Betrieb von Informatikmitteln ausgebildet und meist auch nicht dafür angestellt wurden, sind InformatiklehrerInnen in der Praxis oft für den Betrieb der Informatikmittel einer Schule verantwortlich. Sofern sie über eine fundierte Informatikausbildung verfügen, sind sie kompetent, um konzeptionelle technische und didaktische Probleme zu lösen. Es ist aber eine Frage der Effizienz, welche Anteile des Informatikmittelbetriebs tatsächlich durch eine Person mit teurer didaktischer Ausbildung übernommen werden sollen.

- **Spezialisierte schulinterne MitarbeiterInnen:** Wie in Unternehmen besteht die Möglichkeit, den Betrieb von Informatikmitteln durch schuleigene spezialisierte MitarbeiterInnen sicher zu stellen. Es sind primär die Kosten, die eine solche Lösung verhindern.
- **Schulexterne staatliche SpezialistInnen:** Statt spezialisierte MitarbeiterInnen in den einzelnen Schulen zu platzieren, besteht auch die Möglichkeit, den Betrieb für mehrere Schulen von einer zentraleren Stelle zu übernehmen. Dies kann die Schulbehörde der Gemeinde oder des Bezirks sein. Die Auslastung des Betriebspersonals steigt so zu Lasten einer sofortigen Verfügbarkeit vor Ort.
- **Schulexterne privatwirtschaftliche SpezialistInnen:** Schliesslich besteht auch die Möglichkeit, ein privatwirtschaftliches Unternehmen mit dem Betrieb der schulischen Informatikmittel zu betrauen. Neben der Frage der Finanzierung besteht oft das Problem, ein Unternehmen mit der notwendigen Schulerfahrung zu finden [Grepper, Döbeli 2001].

4.6 Rollen

Die im letzten Abschnitt genannten Akteure können beim Betrieb der Informatikmittel in der Schule verschiedene Rollen übernehmen. 1999 haben wir aus der Perspektive eines Schulhauses folgende Rollen definiert [Grepper, Döbeli 1999]:

- **AnwenderInnen:** NutzerInnen der Informatikmittel ohne besondere Kenntnisse im Betrieb von Informatikmitteln.
- **Power User:** NutzerInnen der Informatikmittel, die über Kenntnisse verfügen, um sich und anderen bei kleineren Computerproblemen helfen zu können.
- **SystembetreuerIn:** Zuständig für die *technische* Betreuung des Systems. Diese Person ist für die Installation und umfassende Betreuung der einzelnen Informatikmittel wie PC oder Drucker, aber auch Kopierer, Videogeräte, etc. zuständig. Andere Bezeichnungen dieser Rolle könnten beispielsweise lauten: InformatiklaborantIn, InformatikassistentIn oder SystemadministratorIn.
- **InformatikverantwortlicheR:** Diese Rolle ist für das Informatik*konzept* sowie für die *didaktischen* und *pädagogischen* Aspekte zuständig und fungiert als Schnittstelle zwischen SystembetreuerIn und den AnwenderInnen.
- **Informatikteam:** Gruppe von Power Usern für Erfahrungsaustausch und Unterstützung des Systembetreuers.

4.7 Modelle

4.7.1 Kombinationsmöglichkeiten Akteure – Rollen – Aufgabenbereiche

Aufgrund der vorhandenen Akteure, der zu besetzenden Rollen und der abzudeckenden Aufgabenbereiche lassen sich nun systematisch mögliche Modelle zum Betrieb von Informatikmitteln an Schulen erarbeiten. Abbildung 4-11 zeigt im Überblick, welche Akteure von den Fähigkeiten her welche Rollen übernehmen und damit entsprechende Aufgabenbereiche abdecken können.

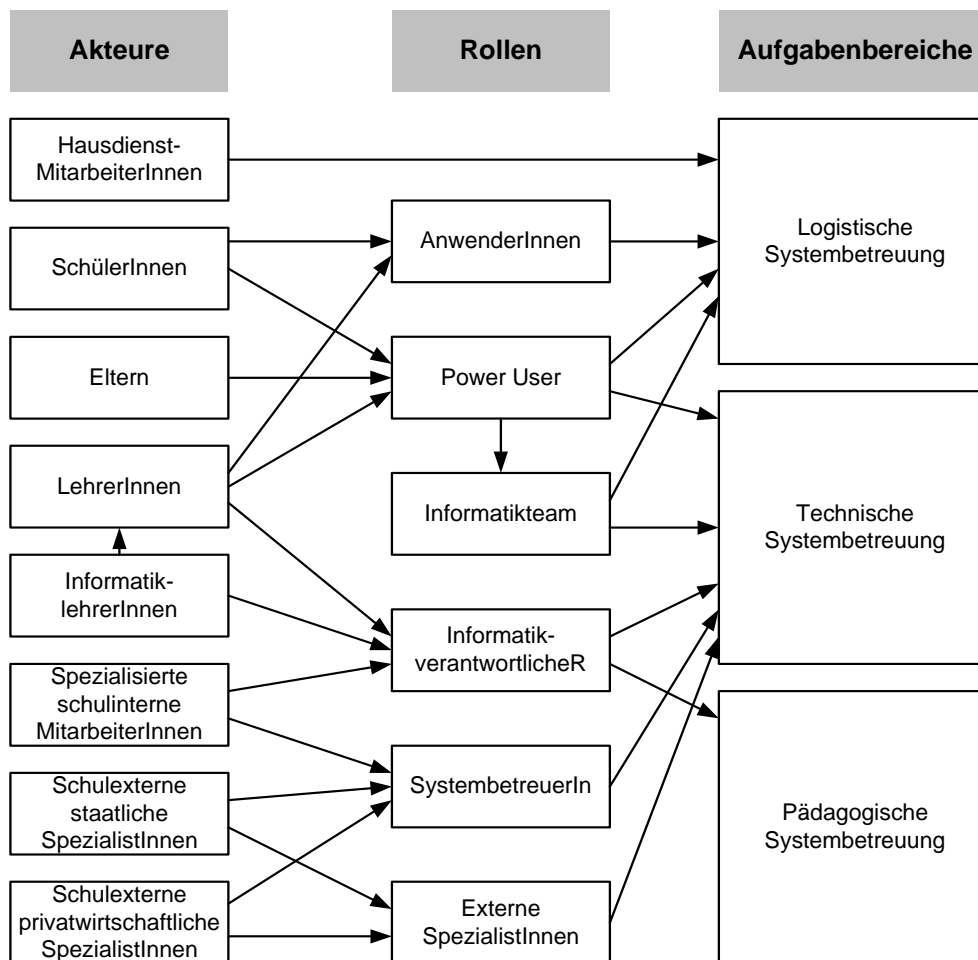


Abbildung 4-11: Zuordnung von Akteuren zu Rollen und Aufgabenbereichen beim Betrieb von Informatikmitteln an Schulen

4.7.2 Dezentrale Modelle

1999 haben wir mehrere Modelle zur Sicherstellung des Betriebs von Informatikmitteln an Schulen vorgeschlagen, die auf die Organisationsebenen Schulhaus oder Schule fokussiert sind. Das in Abbildung 4-12 abgebildete, einfachste Modell entspricht weitgehend der Situation, wie sie beim erstmaligen Informatikmitteleinsatz an einer Schule anzutreffen ist. Eine einzelne Lehrperson ist für den Informatikmittelbetrieb zuständig. Trotzdem existieren auch hier mehrere Rollen; das Modell dient dazu, das Bewusstsein der Schule für die benötigten Rollen und die entsprechend notwendigen Fähigkeiten zu fördern. Zudem wird versucht, mit der Rolle der Power User der verantwortlichen Lehrperson Arbeit und Verantwortung abzunehmen.

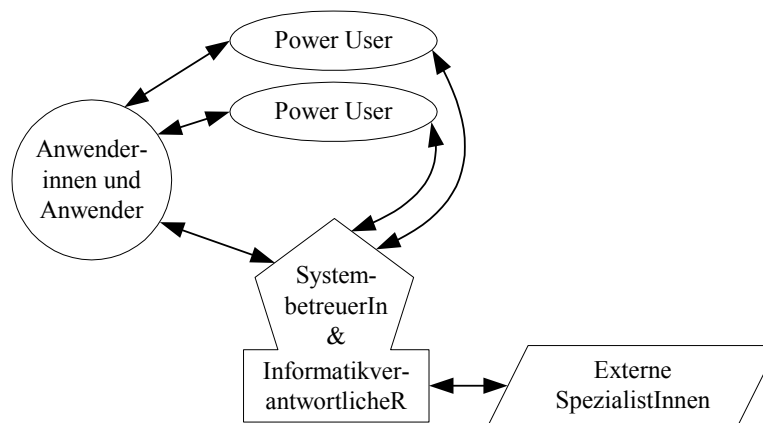


Abbildung 4-12: Modell der Systembetreuung für eine Schulumgebung mit wenig Informatikmitteln [Grepper, Döbeli 1999]

Steigen die Zahl der Informatikmittel, die Komplexität der Installation und die Nutzung, so muss versucht werden, den damit steigenden Betriebsaufwand auf mehrere Personen zu verteilen. Eine Möglichkeit besteht darin, die Rollen SystembetreuerIn und InformatikverantwortlicheR auf zwei unterschiedliche Personen aufzuteilen, wie dies Abbildung 4-13 zeigt.

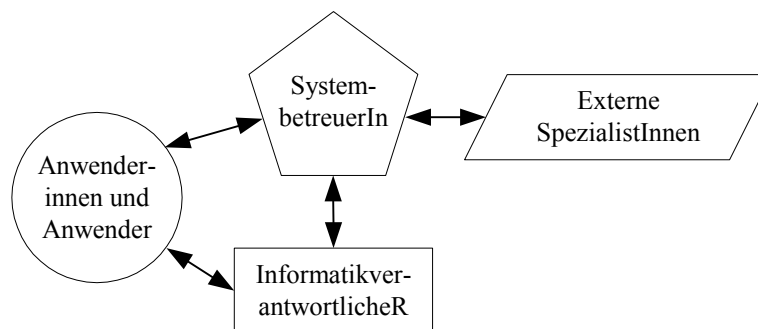


Abbildung 4-13: Modell der Systembetreuung für eine Schulumgebung mit personeller Aufteilung der Rollen SystembetreuerIn und InformatikverantwortlicheR [Grepper, Döbeli 1999]

Bei diesem Modell sollte die Rolle der SystembetreuerIn nicht mehr von einer Lehrperson, sondern von einer entsprechend ausgebildeten und dafür angestellten Fachperson übernommen werden. Um diese Fachperson auszulasten und zu finanzieren, besteht die Möglichkeit der Zusammenarbeit mehrerer Schulen.

Fehlt diese Fachperson, so kann versucht werden, mit einem Informatikteam die Arbeitsbelastung besser zu verteilen (Abbildung 4-14). Die AnwenderInnen wenden sich in dieser Variante bei technischen Problemen direkt an ein Mitglied des Informatikteams. Dadurch kann der Systembetreuer/ Informatikverantwortliche von alltäglichen Problemen abgeschirmt werden.

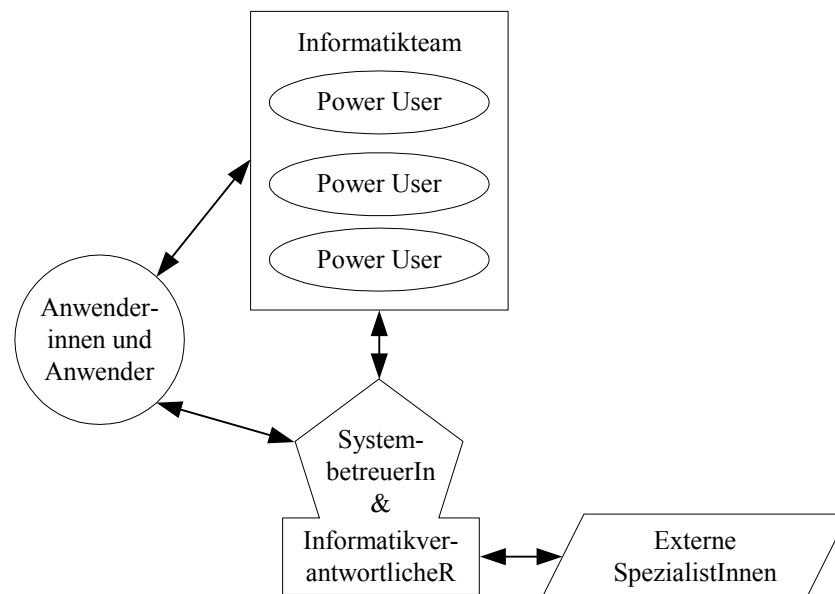


Abbildung 4-14: Modell der Systembetreuung für eine Schulumgebung mit einem Informatikteam zur Entlastung der hauptverantwortlichen Person [Grepper, Döbeli 1999]

Das vierte Modell aus [Grepper, Döbeli 1999] kombiniert das zweite und das dritte, indem sowohl ein Informatikteam als auch unterschiedliche Personen für die Rollen SystembetreuerIn und InformatikverantwortlicheR vorhanden sind (Abbildung 4-15). In der Fallstudie Solothurn (Kapitel 8) wird dieses Modell umgesetzt.

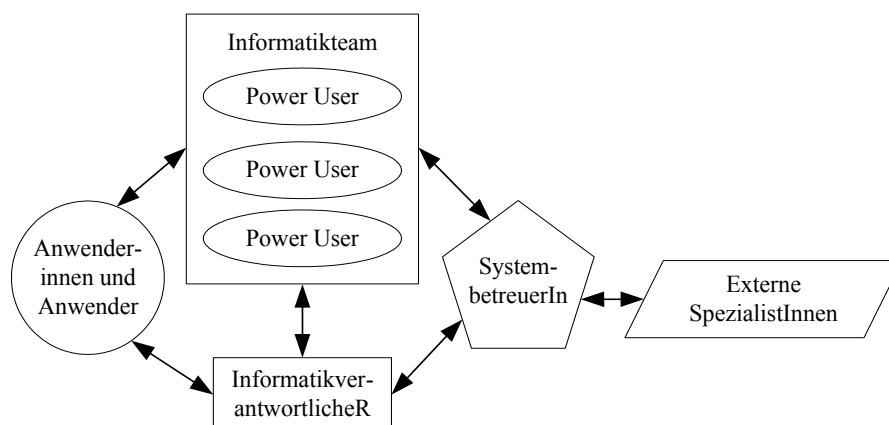


Abbildung 4-15: Modell der Systembetreuung für eine Schulumgebung mit Informatikteam und personeller Trennung von InformatikverantwortlicheR und SystembetreuerIn [Grepper, Döbeli 1999]

Diese vier 1999 vorgeschlagenen Modelle haben sich alle in der Praxis einzelner Schulhäuser bewährt und werden auch in aktuellen Publikationen zitiert (z.B. in [Angerhöfer, Garbe 2003]). Diese vier Modelle stellen aber nur eine kleine Auswahl der Möglichkeiten auf der Stufe Schulhaus/Schule dar. Sie berücksichtigen weder Schulstufen und Schulfächer noch schulübergreifende Organisationsstrukturen.

4.7.3 Modelle mit zentralen Funktionen

Neben den diversen Varianten auf Stufe Schulhaus gibt es auch Ansätze, den Betrieb von Informatikmitteln an Schulen zentraler zu organisieren. Für eine zentrale Betriebsorganisation sprechen zahlreiche Argumente:

- **Aufbau von spezifischem Know-how:** Da Erfahrungen aus mehreren Schulen zusammenkommen, kann eine zentrale Stelle entsprechendes Know-how aufbauen und anderen Schulen als *Best Practice* weiter geben.
- **Höhere Spezialisierung der Mitarbeitenden möglich:** Bei mehreren Mitarbeitenden einer zentralen Betriebsorganisation ist es möglich, dass einzelne Mitarbeiter sich in gewissen Teilgebieten spezialisieren können. Dies ist bei einem Allrounder in einem Schulhaus nicht möglich.
- **Gleichmässiger Auslastung:** Sowohl Arbeitslast als auch personelle Ausfälle können in einer zentralen Betriebsorganisation eher aufgefangen werden als bei einzelnen Schulhausverantwortlichen.
- **Abstand vom Tagesgeschäft ermöglicht das Erarbeiten von grundlegenden Konzepten:** In einer zentralen Betriebsorganisation manifestiert sich die Notwendigkeit von Konzepten eher als auf der Stufe Schulhaus. Zudem ist es bei einem grösseren Team eher möglich, die zur Konzepterarbeitung nötige Arbeitszeit frei zu machen.
- **Rasche Verfügbarkeit:** Externe SpezialistInnen für Pannenhilfe sind im Gegensatz zu Lehrpersonen nicht während eines Grossteils der Zeit durch Lehrtätigkeit unerreichbar.

Die Zentralisierung des Betriebs ist aber auch mit Nachteilen verbunden:

- **Flexibilität des Betreuungsangebots sinkt:** Eine zentrale Betriebsorganisation ist meist nicht mehr vor Ort. Bereits die externe Erstdiagnose eines Problems bedingt in der Schulumgebung heute normalerweise einen Transport. Dies benötigt Zeit und Planung, was sich negativ auf die Flexibilität des Betreuungsangebot auswirken kann.
- **Die Distanz zu den BenutzerInnen kann zu mangelndem Verständnis führen:** Die Mitarbeitenden einer zentralen Betriebsorganisation erleben den Schulalltag der BenutzerInnen nicht so wie ein Systembetreuer vor Ort. Sie nutzen weder dieselbe Infrastruktur noch erleben sie informelle Gespräche in den Pausen. Dies kann dazu führen, dass das gegenseitige Verständnis für Probleme sinkt. Eine Vollkostenverrechnung erbrachter Leistungen kann diesen Effekt noch verstärken.
- **Hemmschwelle für pädagogische Anfragen steigt:** Während technische Probleme relativ leicht feststellbar und beschreibbar sind, sind pädagogische Fragen schwieriger zu beantworten. Es gibt nicht *etwas, das nicht funktioniert*. Eine pädagogische Anfrage beinhaltet im Gegensatz zu einem technischen Problem immer auch den Aspekt des eigenen Unwissens im ureigensten pädagogischen Bereich. Oft besteht bei Lehrpersonen eine Hemmung, dies einer schulexternen Person offen zu legen.

Diese Nachteile führen dazu, dass auch bei zentralisierten Betriebsmodellen weiterhin ein First-Level-Support im Schulhaus als erste Kontaktstelle bei Problemen und als Vermittler zur externen Betriebsorganisation verfügbar sein muss.

5 FINANZIELLE ASPEKTE

5.1 Das Prinzip der Gesamtkostenrechnung

Aus finanzieller Sicht werden die Kosten von Informatikmitteln auf die in Kapitel 4 definierten Zeitabschnitte *Beschaffung*, *Ablösung* und *Betrieb* aufgeteilt. [Schreiber 2000], [Zehnder 2001]:

Investitionskosten: *Einmalige Kosten zur Beschaffung (und Ablösung) von Informatikmitteln.*

Betriebskosten: *Kosten, die während der Betriebsphase von Informatikmitteln anfallen.*

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Informatiklösung ist es wesentlich, dass Investitionskosten einmalig, Betriebskosten jedoch kontinuierlich anfallen. Mangelndes Wissen oder Erfahrung führt jedoch oft dazu, dass nur die Investitionskosten betrachtet und die Betriebskosten einer Lösung vernachlässigt oder ganz vergessen werden. Dies ist ein klassisches Beispiel für mangelndes Systemdenken. Die Investitionskosten verursachen nach einer gewissen Verzögerung Betriebskosten (siehe Abbildung 5-1).

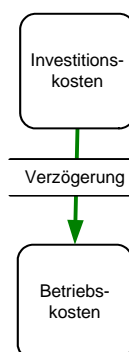


Abbildung 5-1: Investitionskosten verursachen mit einer Verzögerung Betriebskosten

Abbildung 5-2 zeigt mögliche Folgen bei der Beschaffung von Informatikmitteln, wenn die Betriebskosten nicht wahrgenommen, d.h. budgetiert werden und in der Folge auch nicht zahlbar sind. Mit einer gewissen Verzögerung fallen Betriebskosten an, deren Nichtfinanzierung wiederum mit einer Verzögerung dazu führt, dass das Angebot an funktionierender Infrastruktur abnimmt. Eine detaillierte Schilderung der Folgen der Unterschätzung des Betriebsaufwands wurde bereits in Unterabschnitt 4.3.4 gegeben.

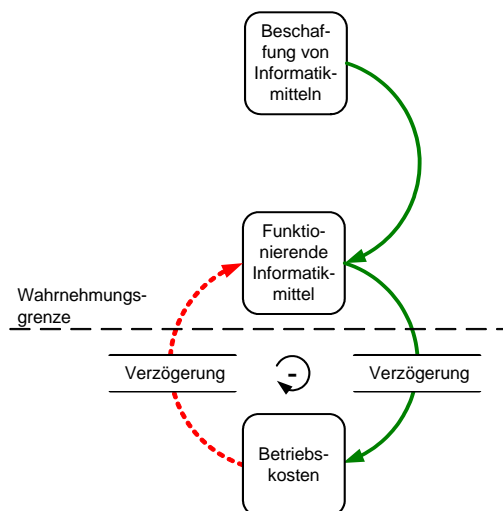


Abbildung 5-2: Nicht wahrgenommene und dadurch nicht zahlbare Betriebskosten verringern die Zahl der funktionierenden Informatikmittel

Wird in dieser Situation die Bedeutung der Betriebskosten immer noch nicht erkannt, so ergeben sich zwei Varianten (siehe Abbildung 5-3):

- Die nicht funktionierenden Informatikmittel werden zum Anlass genommen, zukünftig auf die Beschaffung weiterer Informatikmittel zu verzichten („Hat nichts gebracht“). Dies entspricht dem Systemarchetyp *Underachievement* (siehe 2.2.1). Die Verbreitung von Informatikmitteln findet nicht statt.
- Die nicht funktionierenden Informatikmittel werden mit einer gewissen Verzögerung zum Anlass genommen, neue Informatikmittel zu beschaffen („Die vorhandenen Geräte taugen nichts!“). Dies entspricht dem Systemarchetyp *Relative Control*.

Bei schulischen Informatikmitteln ergeben sich daraus folgende Szenarien:

- *Underachievement*: Die nicht funktionierenden Informatikmittel sind Wasser auf die Mühlen jener Kritiker, die zum Vornherein wussten, dass Informatikmittel in Schulen viel zu kostspielig sind und der Effekt im Vergleich zu den Kosten gering sein wird.
- *Relative Control*: Nach wenigen Jahren führen die technische Entwicklung und personelle Wechsel bei politischen Entscheidungsträgern dazu, dass ein neuer Investitionsschritt für Informatikmittel in Schulen unternommen wird.

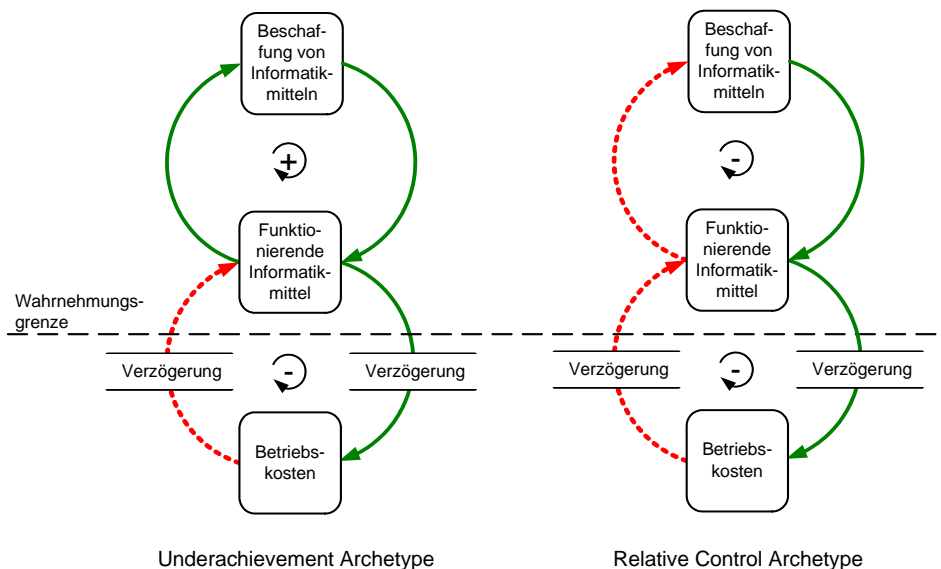


Abbildung 5-3: Mögliche Systemarchetypen bei fehlender Wahrnehmung von Betriebskosten

Unter dem Begriff *Total Cost of Ownership (TCO)* hat das Beratungsunternehmen GARTNER GROUP 1987 das altbekannte Konzept der Gesamtkostenrechnung beim Einsatz von Arbeitsplatzrechnern in Unternehmen einer grösseren Öffentlichkeit in Erinnerung gerufen.

Besitzer-Gesamtkosten: (*TCO = Total Cost of Ownership*) **Kosten von Informatikmitteln während ihrer gesamten Lebensdauer.**

Besitzer-Gesamtkosten = Investitionskosten + Betriebskosten.

Während die Publikation von 1987 noch auf unvernetzten PC mit dem Betriebssystem MS-DOS beruhte, kamen bald die Vernetzung und der Wechsel von MS-DOS auf MS Windows dazu. Die entsprechende Gartner-Studie von 1996 [Gartner 1996] beruht auf Daten von Mai-Dezember 1995 und geht von einer Firma mit 2500 vernetzten Computern unter dem Betriebssystem Microsoft Windows 3.1 mit 8 Anwenderprogrammen aus. Es werden vier Kostenarten unterschieden:

- **End User Operations:** Arbeitszeit, welche die MitarbeiterInnen mit nicht aufgabenbezogener Tätigkeit am Computer verbringen.
- **Technical Support:** Arbeitszeit des offiziellen Supportpersonals zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Informatikinfrastruktur.
- **Administration:** Arbeitszeit für Beschaffung, Verwaltung und Sicherheitsmassnahmen bezüglich Informatikmittel.
- **Capital Cost:** Geld das für die Beschaffung von Informatikmitteln benötigt wird.

Laut Gartner machten 1995 in Unternehmen die *End User Operations* über die Hälfte der Gesamtkosten eines Computers aus (siehe Abbildung 5-4). Zahlreiche andere Beratungsunternehmen haben ebenfalls TCO-Studien durchgeführt und entsprechende Zahlen veröffentlicht. Das TCO-Prinzip, bei Kostenüberlegungen nicht nur Beschaffungskosten, sondern die Gesamtkosten zu vergleichen, ist bei allen Studien das selbe. Die einzelnen Untersuchungen unterscheiden sich aber darin, welche Betriebskosten von Computern zu den Gesamtkosten gezählt werden und wie hoch schwer quantifizierbare Kosten (wie z.B. Ablenkung der Be-

nutzerInnen) veranschlagt werden. Somit lassen sich TCO-Zahlen unterschiedlicher Herkunft nicht direkt vergleichen.

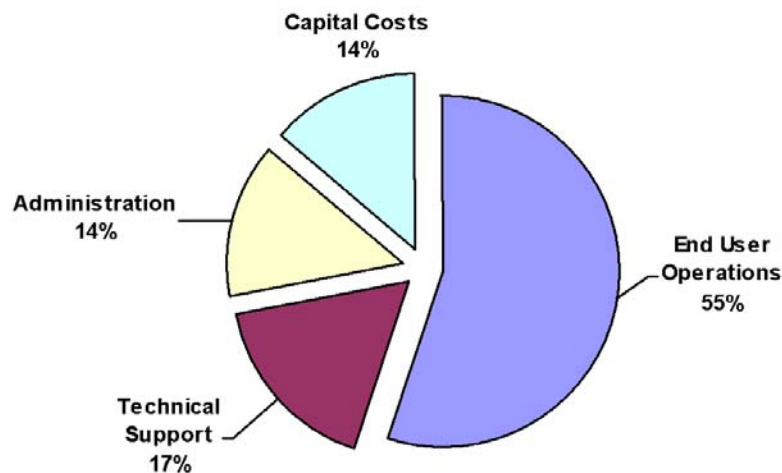


Abbildung 5-4: Kostenfaktoren bei Unternehmenscomputern im Jahr 1995
[Gartner 1996]

Zahlen zu den Gesamtkosten von Informatikmitteln unterscheiden sich nicht nur je nach zugrunde liegender Berechnungsmethode. TCO-Zahlen sind auch grossen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Von 1987 bis 1995 haben sich aufgrund der steigenden Komplexität die Gesamtkosten von Informatikmitteln pro BenutzerIn in Unternehmen mehr als verdoppelt [Gartner 1996]. Modernere Betriebssysteme, bessere Administrationswerkzeuge und Sparanstrengungen haben in den vergangenen Jahren zu einem Absinken der Gesamtkosten pro BenutzerIn geführt.

5.2 Gesamtkostenrechnung bei Informatikmitteln in Schulen

Seit Mitte der Neunzigerjahre wird der TCO-Gedanke auch auf Informatikmittel an Schulen übertragen (z.B. [IDC 1997], [COSN 1999]). 1997 hat die Beratungsfirma IDC im Auftrag der Firma Apple die Studie *Understanding the Total Cost and Value of Integrating Technology in Schools* erstellt und veröffentlicht. Sie kommt darin zum Schluss, dass die Gesamtkosten eines Computers in einer Schulumgebung verglichen mit einem Unternehmenscomputer etwa halb so hoch seien [IDC 1997]. Dies wird auf vier Hauptunterschiede zwischen Unternehmen und Schulen zurückgeführt:

1. Schulen kaufen günstigere Computer und erhalten grössere Rabatte als Unternehmen.
2. Die Ausgaben für Programme sind geringer, weil Lernsoftware weniger kostet als Software für Unternehmen und Schenkungen bzw. grosse Rabatte für Schulen gebräuchlich sind.
3. In Schulen steht ungefähr halb so viel Personal für den Betrieb der Informatikmittel zur Verfügung wie in Unternehmen. Da Lohnkosten einen grossen Anteil an den Gesamtkosten von Informatikmitteln haben, drückt diese Tatsache die Gesamtkosten an Schulen stark.

4. Da Schulen ihre Computer im Schnitt 5 Jahre benutzen, sparen sie im Gegensatz zu Unternehmen mit durchschnittlich 3 Jahren Nutzungszeit durch eine verlängerte Abschreibungsdauer.

Bereits diese Unterschiede zeigen, dass sich TCO-Kennzahlen aus Unternehmen nicht direkt auf schulische Verhältnisse anwenden lassen. Sogar TCO-Erhebungen unterschiedlicher Beratungsunternehmen sind nur beschränkt miteinander vergleichbar, da unterschiedliche Berechnungsmodelle verwendet werden. Trotz dieser begrenzten Vergleichbarkeit hat aber das TCO-Konzept einen positiven Einfluss auf die Planung und Beschaffung schulischer Informatikinfrastruktur. Dank des einfachen Modells und seiner Verbreitung in Unternehmen hat der Grundgedanke des TCO-Konzepts auch im Schulumfeld Fuss gefasst. Schulbehörden, Politiker und die Öffentlichkeit sind heute eher als noch vor wenigen Jahren bereit, die Betriebskosten von Informatikmitteln in ihre Überlegungen einzubeziehen.

5.3 Quantitative Angaben zum Betriebsaufwand von Informatikmitteln an Schulen

5.3.1 Erfassung und Vergleich des Betriebsaufwandes

Bei der Betrachtung der finanziellen Aspekte des Informatikmitteleinsatzes an Schulen interessiert nicht nur die oben diskutierte *Kostenverteilung*. Für Planung und politische Entscheidungsprozesse steht *die Höhe der Kosten* im Vordergrund. Im Gegensatz zur restlichen Arbeit (siehe Abgrenzung unter 2.3.1) werden daher im nun folgenden Teil dieses Kapitels auch *quantitative* Aspekte des Informatikmitteleinsatzes untersucht.

Der personelle Aufwand macht den Grossteil des *Betriebsaufwands* von Informatikmitteln an Schulen aus und würde bei angemessener Zuordnung und Entschädigung auch den grössten Teil der *Betriebskosten* verursachen. Sowohl zur Planung und Bereitstellung der benötigten Arbeitskraft als auch zur Gesamtkostenbudgetierung sind darum quantitative Angaben zum benötigten personellen Aufwand zentral. Lizenzkosten von Programmen sind zwar nicht zu vernachlässigen, aber die Wartbarkeit von Programmen dürfte über die Personalkosten wahrscheinlich grössere Auswirkungen auf die Gesamtkosten haben.

Aus diesen Überlegungen wird im folgenden nur noch der personelle Aufwand betrachtet. Diese Vereinfachung erleichtert aber die Erfassung und den Vergleich des Betriebsaufwands für Informatikmittel an Schulen nicht wesentlich. Es sind verschiedene Gründe dafür verantwortlich, dass diese Frage schwierig zu beantworten und auch entsprechend umstritten ist:

1. Fehlendes Problembewusstsein
2. Ist- und Soll-Zustandsverwechslung
3. Zahlreiche Systemvariablen
4. Systemdynamik
5. Schwierige empirische Erfassbarkeit
6. Unterschiedliche Masseinheiten

Das fehlende Problembewusstsein wurde bereits in Abschnitt 4.3 thematisiert. Die anderen fünf Gründe werden in den folgenden Abschnitten dargelegt.

5.3.2 Ist- und Soll-Zustandsverwechslung

Ein Hauptproblem bei der Frage nach dem Betriebsaufwand ist die oft fehlende Unterscheidung zwischen tatsächlich *geleistetem* Betriebsaufwand (Ist-Zustand) und dem für eine zuverlässige Nutzung *notwendigen* Betriebsaufwand (Soll-Zustand).

Empirische Untersuchungen können nur den *tatsächlich geleisteten* Betriebsaufwand direkt erfassen. In keiner der bisher vorliegenden empirischen Untersuchungen zum Betriebsaufwand von Informatikmitteln in Schulen wird aber untersucht, ob dieser geleistete Aufwand auch den Bedürfnissen entspricht und eine funktionsfähige Infrastruktur gewährleistet. So wird weder untersucht, ob die vorhandenen Computer funktionieren, noch werden die Informatikverantwortlichen zum nach ihrer Meinung nach *notwendigen* Betriebsaufwand befragt (z.B. in [BiD ZH 1999], [Moser, Scheuble 2002], [Niederer et al. 2003]).

In unzulässiger Vereinfachung wird oft der geleistete Betriebsaufwand als benötigter Betriebsaufwand deklariert (z.B. [Moser, Scheuble 2002]) und als Empfehlung anderen Schulen weiter gegeben (z.B. [BiD ZH 2001a: 7]). Es darf bezweifelt werden, dass die Gleichsetzung von geleistetem mit benötigtem Betriebsaufwand gerechtfertigt ist, wenn notorisch eine grosse Mehrheit der Informatikverantwortlichen mit ihrer Entschädigung oder Entlastung unzufrieden ist. In der Untersuchung von Moser und Scheuble sind dies 89% [Moser, Scheuble 2002: 16]. Es ist anzunehmen, dass unter diesen Umständen die Freiwilligenarbeit von Informatikverantwortlichen Grenzen hat und/oder anderweitig notwendige Arbeit liegen bleibt.

Ist der professionelle IT-Support nicht verfügbar, so versuchen BenutzerInnen ohne entsprechende technische Kenntnisse das Problem selbständig zu lösen. In Unternehmen können solche versteckten Kosten bis zu 24% der gesamten Betriebskosten betragen [Gartner 1996]. Übertragen auf Schulverhältnisse würde dies bedeuten, dass Lehrpersonen sich mit Computerproblemen beschäftigen und deshalb ihre Haupttätigkeit vernachlässigen.

Lösungsansätze:

Wir sehen verschiedene mögliche Ansätze, um diese Ist-/Soll-Zustandsverwechslung aufzuzeigen und in der Folge aufzuheben:

1. **Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit der Informatikinfrastruktur an Schulen:** In empirischen Untersuchungen durch Dritte wird ermittelt, mit wie vielen Prozent der vorhandenen Informatikinfrastruktur es zu einem nicht zuvor angekündigten Zeitpunkt möglich ist, eine standardisierte Aufgabe (z.B. Abrufen und Ausdrucken einer Seite aus dem Internet) ohne Hilfe des Betriebspersonals zu erfüllen. Diese Untersuchung hat den Vorteil, die Funktionsfähigkeit direkt an der Infrastruktur zu messen. Die Erhebung durch eine schulexterne Stelle ist aber nicht unproblematisch, da zwar der Zugang zu den Informatikmitteln sicher gestellt werden muss, die Verantwortlichen aber keine Möglichkeit zur vorgängigen Manipulation erhalten sollen.
2. **Bewertung der Funktionsfähigkeit und der vorhandenen Service-Qualität:** Die BenutzerInnen der Informatikinfrastruktur werden über ihre Zufriedenheit bezüglich Funktionsfähigkeit der Infrastruktur und der vorhandenen Service-Qualität befragt. Diese Untersuchung ist weniger aufwändig als die erste, da sie in Form von zwei Zusatzfragen in eine andere Schulumfrage eingebettet werden kann. Die Ergebnisse sind aber weniger objektiv, da die Bewertungen vom Erfahrungshintergrund und den Interessen der Befragten abhängen.

3. **Erfassung der Übernahme von Betriebsaufgaben durch Nichtbetriebspersonal:**
BREITER schlägt vor, den Aufwand für Support- und Wartungsaufgaben zu erfassen, der von nicht-technischem Personal geleistet wird. Dieser Zeitaufwand entspricht der Differenz zwischen geplantem und benötigtem Betriebsaufwand. [Breiter 2002].
4. **Befragung der Informatikverantwortlichen zum benötigten Betriebsaufwand:**
Die Informatikverantwortlichen werden nicht nur zum geleisteten, sondern auch zum ihrer Ansicht nach benötigten Betriebsaufwand befragt. Dies ist ohne grossen zusätzlichen Aufwand machbar, ist aber von der subjektiven Perspektive der Informatikverantwortlichen abhängig.

Alle vier vorgeschlagenen Massnahmen können mittels quantitativen, finanziellen Aussagen zu einer Sensibilisierung der Entscheidungsträger führen. Dafür eignen sich Massnahmen 1 und 3 besonders, da nicht die subjektive Meinung der Betroffenen wiedergegeben wird, sondern quantitativen Aussagen mit finanziellen Konsequenzen möglich sind. Als Ergebnis der vorgeschlagenen Untersuchung 1 könnte beispielsweise folgende Aussage abgeleitet werden:

*Wenn x % der Informatikmittel in Schulen zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht bestimmungsgemäss benutzt werden können, dann liegen diese Investitionen brach. Bei einer Gesamtinvestition von y beträgt diese Investition $z=(x*y)/100$.*

Entsprechend liesse sich aus Massnahme 3 der eigentlich notwendige zusätzliche Aufwand in Form von Lohnkosten errechnen, welche von Lehrpersonen für den Betrieb der Informatikmittel verursacht werden. In der Praxis ist es aber zumindest heute noch so, dass die Lehrpersonen diese Arbeit meist unentgeltlich oder gegen eine zu geringe Entlohnung/Entlastung leisten.

5.3.3 Problematik der zahlreichen Systemvariablen

Betrachtet man im Systemmodell der vorliegenden Arbeit (Abbildung 2-12) nur die Variablen und Wirkungszusammenhänge, die einen direkten Einfluss auf den benötigten Betriebsaufwand haben, so ergibt sich Abbildung 5-5. Es sind 10 Variablen und entsprechende Wirkungszusammenhänge, welche den benötigten Betriebsaufwand beeinflussen.

Idealerweise müssten in quantitativen vergleichenden Untersuchungen all diese 10 Variablen ebenfalls erfasst werden und zwar mit vergleichbarer Genauigkeit. Danach könnte man versuchen, aus den gewonnenen Zahlen die Art der einzelnen Wirkungszusammenhänge abzuleiten. In einem letzten Schritt liesse sich daraus eine Formel zur Bestimmung des benötigten Betriebsaufwandes ableiten. In der Praxis ist dieser Idealzustand aber schwierig zu erreichen.

Beim Vergleich einzelner Formeln in Abschnitt 5.4 wird jeweils gezeigt, welche der im Systemmodell dieser Arbeit vorhandenen Variablen zur Berechnung verwendet werden.

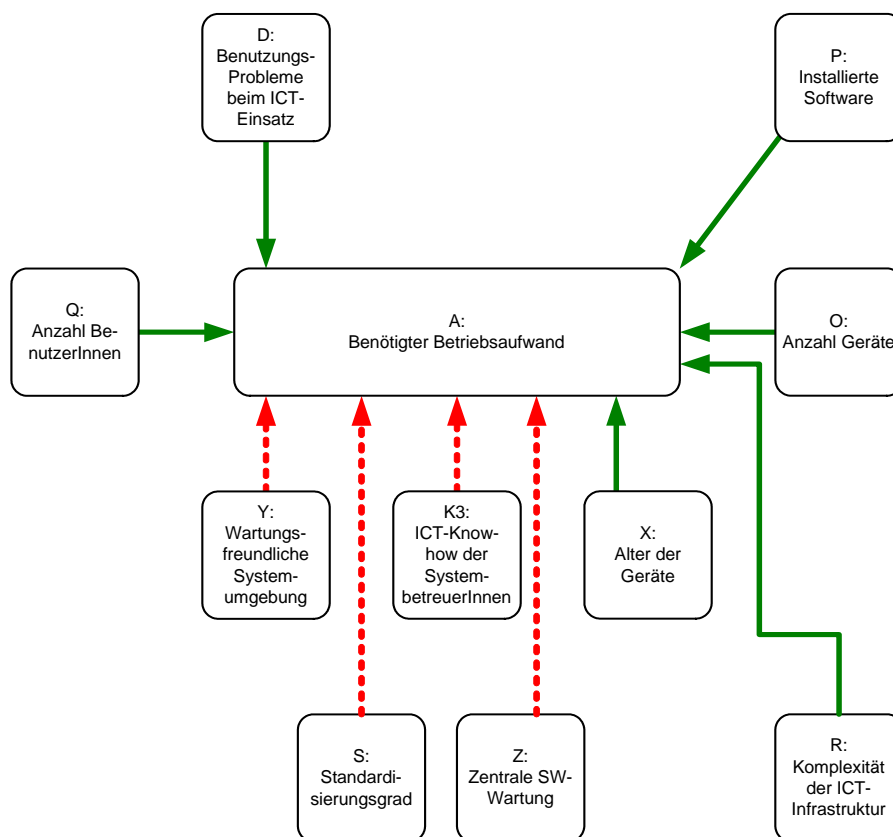


Abbildung 5-5: Variablen und Wirkungszusammenhänge mit direktem Einfluss auf den benötigten Betriebsaufwand

5.3.4 Problematik der empirischen Erfassbarkeit

Das Problem beginnt aber bereits lange vor der Datenauswertung. Während einige der benötigten Variablen relativ leicht quantifizierbar und erfassbar sind, ist dies bei anderen schwieriger. Die Erfassung der Anzahl Geräte und deren Alter ist problemlos. Bereits bei der Variable *P: Installierte Software* wird es schwieriger. Wie lässt sich installierte Software quantifizieren? Zählt eine Office-Suite als eine Software oder als mehrere (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentation). Noch schwieriger wird die Erfassbarkeit bei *K4: ICT-Know-how der Systembetreuer* und *R: Komplexität der ICT-Infrastruktur*.

5.3.5 Problematik der Systemdynamik

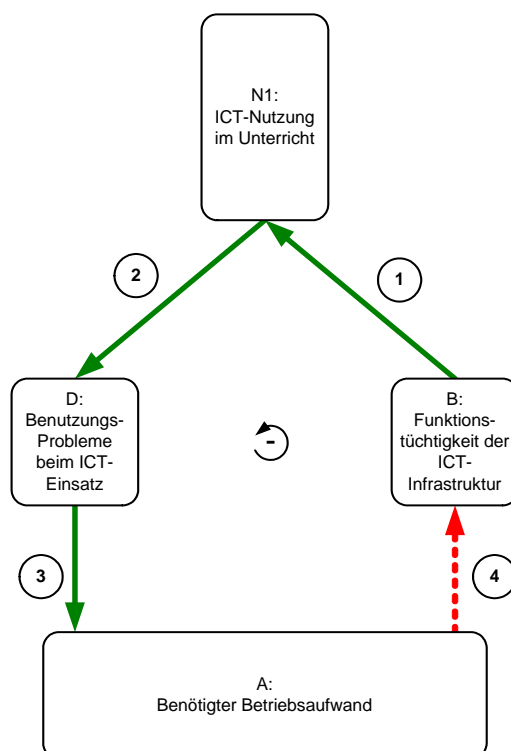
Auch ein stabil eingerichtetes, gut funktionierendes Schulcomputersystem ist keineswegs unveränderlich. Der benötigte Betriebsaufwand bleibt in der Wachstumsphase nicht konstant, sondern wächst aus verschiedenen Gründen mit der Zeit an.

Erhöhte ICT-Nutzung führt zu mehr Benutzungsproblemen

Abbildung 5-6 zeigt, wie eine funktionierende ICT-Infrastruktur (B) eine erhöhte Nutzung (N1) zur Folge hat und durch die Zunahme der Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz (D) den benötigten Betriebsaufwand (A) erhöht:

0. In der Ausgangssituation sei der benötigte Betriebsaufwand (A) gering und die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur (B) hoch.

1. Die hohe Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur (B) hat einen verstärkte Nutzung im Unterricht (N1) zur Folge.
2. Die erhöhte Nutzung vergrößert die Zahl der Benutzungsprobleme (D).
3. Diese Benutzungsprobleme erhöhen den benötigten Betriebsaufwand (A).
4. Ohne weitere Systemeingriffe werden die Wirkungszusammenhänge 1-3 so lange zu einer Erhöhung des benötigten Betriebsaufwandes (A) führen, bis dieser nicht mehr geleistet werden kann. Dadurch sinkt die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur (B).



5. Abbildung 5-6: Negative Rückkopplung beim benötigten Betriebsaufwand (A) durch vermehrte Nutzung im Unterricht (N1)

Aus Gründen der einfacheren Darstellung wurde nur die ICT-Nutzung *im Unterricht* betrachtet, doch diese Rückkopplung besteht bei jeglicher Computernutzung (N1, N2, N3).

Erhöhte ICT-Nutzung führt zu neuen Anforderungen und Wünschen der BenutzerInnen

Eine erhöhte Nutzung der ICT-Infrastruktur hat aber noch weitere Auswirkungen, wie Abbildung 5-7 zeigt: Durch die vermehrte ICT-Nutzung im Unterricht (N1) entstehen bei den BenutzerInnen zusätzliche Wünsche und Anforderungen (H) nach mehr Geräten (O) und mehr Möglichkeiten in Form von zusätzlicher Software (P). Wird diesen Wünschen und Forderungen nachgegeben, so erhöhen sowohl die zusätzlichen Geräte als auch die zusätzliche Software den benötigten Betriebsaufwand (A).

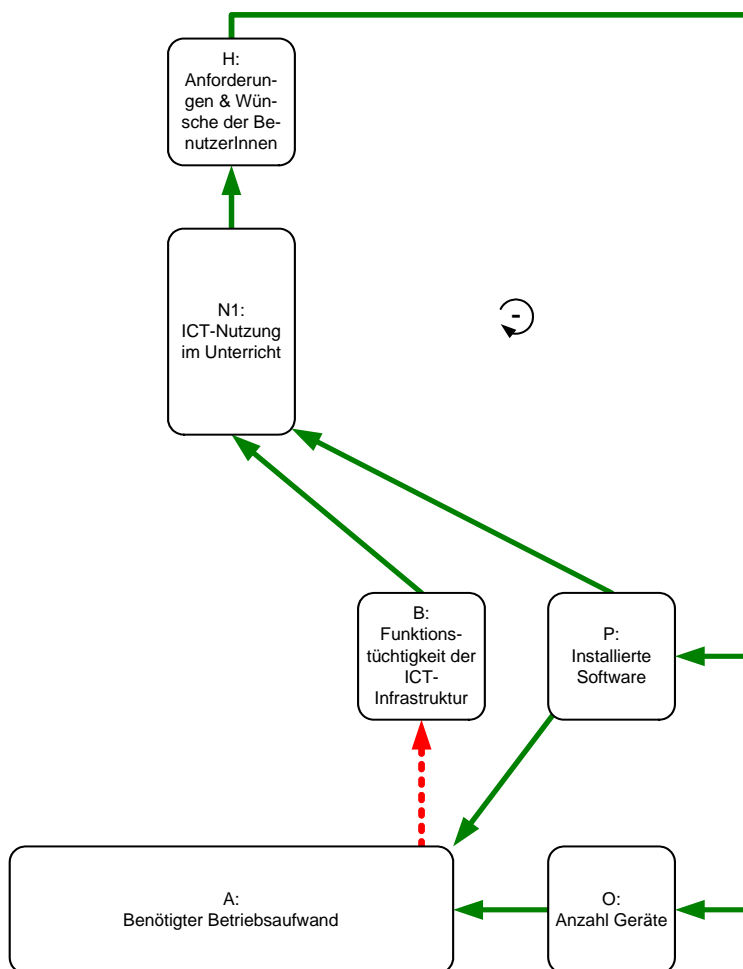


Abbildung 5-7: Negative Rückkopplung beim benötigten Betriebsaufwand (A) durch zusätzliche Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen (H)

Ohne weitere Systemeingriffe wächst auch auf Grund dieser Wirkungszusammenhänge der benötigte Betriebsaufwand (A) so lange, bis er nicht mehr geleistet werden kann und die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur (B) damit schliesslich sinkt.

Zusätzliche Software erhöht die Komplexität des Gesamtsystems

Die zusätzliche Software (P) erzeugt aber nicht nur bei Beschaffung und Betrieb direkt zusätzlichen Aufwand, sondern sie erhöht auch die Komplexität der ICT-Infrastruktur (R). Dies erhöht den benötigten Betriebsaufwand (A) ein drittes Mal (siehe Abbildung 5-8).

Drei negative Rückkopplungen bremsen die wachsende ICT-Nutzung

In einer Wachstumsphase steigt somit der benötigte Betriebsaufwand wegen mindestens drei Faktoren:

1. erhöhte Nutzung
2. Erhöhung der Geräte- und Softwareanzahl
3. erhöhte Komplexität der ICT-Infrastruktur

Werden keine Massnahmen getroffen, um diesem steigenden Betriebsaufwand zu begegnen, so hat dies ab einem gewissen Punkt eine geringere Funktionstüchtigkeit der ICT-

Infrastruktur zur Folge. Es handelt sich hier um einen in Unterabschnitt 2.3.2 besprochenen Systemarchetyp *Wachstum und Unterinvestition* (siehe Abbildung 2-11). Einfacher ausgedrückt: Jede Systembetreuung wird unabhängig von Kompetenz und Personalstärke den Punkt ihrer Überforderung erreichen.

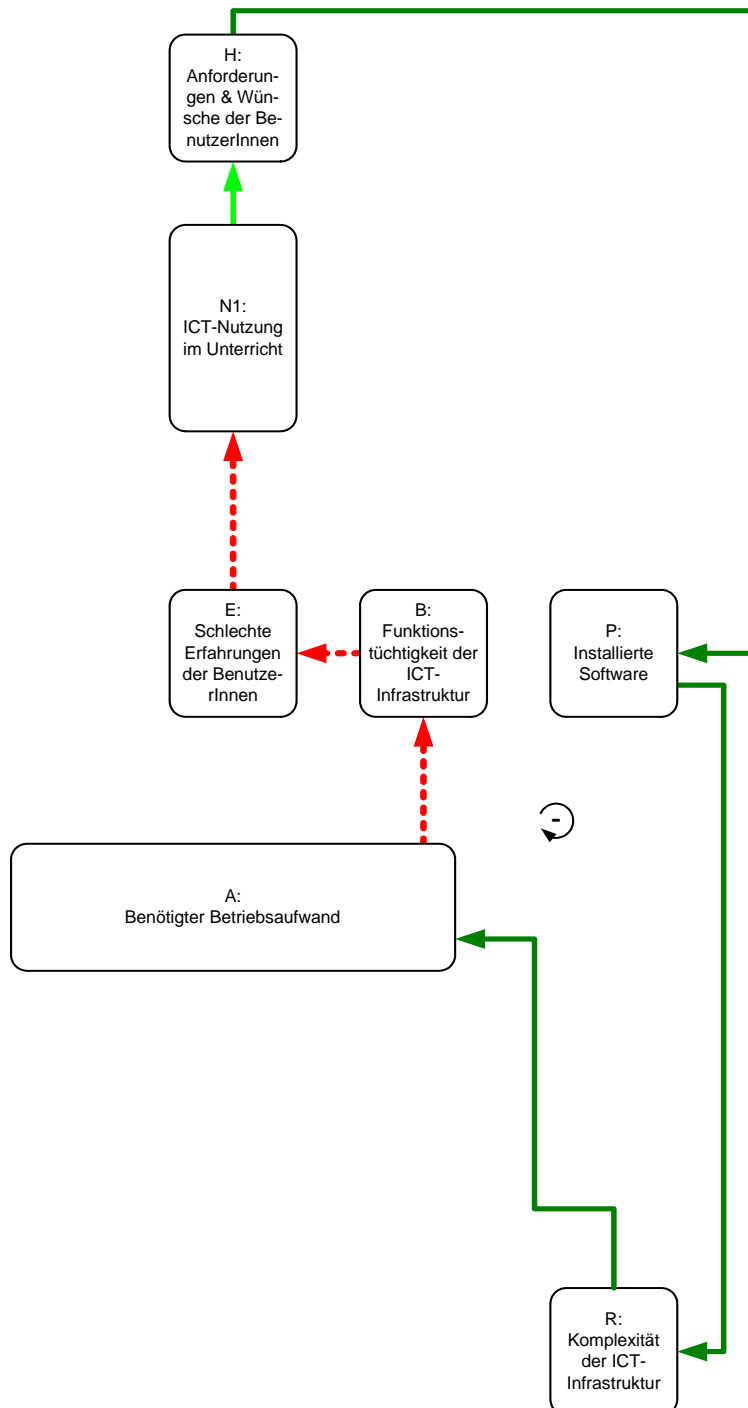


Abbildung 5-8: Negative Rückkopplung beim benötigten Betriebsaufwand (A) durch eine erhöhte Gesamtkomplexität der ICT-Infrastruktur (R).

5.3.6 Problematik der Masseinheiten

Beim Vergleich von Betriebsaufwandsmessungen aus unterschiedlichen Quellen ergibt sich das Problem unterschiedlicher Masseinheiten. Zur Angabe des Betriebsaufwandes in der Schule werden mindestens vier verschiedene Masseinheiten verwendet:

- **Stellenprozente:** Der Betriebsaufwand wird in Stellenprozenten angegeben. Zur Umrechnung in andere Masseinheiten ist es notwendig zu wissen, wie viel eine 100%-Stelle kostet und wie vielen Jahresstunden sie entspricht.
- **Entlastungslektionen / Abminderungsstunden :** Wie viele Lektionen muss eine Lehrperson weniger unterrichten, wenn sie die Aufgaben des Informatikverantwortlichen übernimmt? Eine Entlastungslektion entspricht nicht einer Arbeitsstunde, da zu einer Schullektion auch die notwendige Vorbereitungszeit zu zählen ist. Der genaue Umrechnungsfaktor ist je nach Schulstufe und Ort unterschiedlich.
- **Arbeitsstunden:** Wie viele Arbeitsstunden sind notwendig oder wurden geleistet, um die Arbeit zu erledigen?
- **Arbeitskosten:** Wie viel kostet die benötigte oder geleistete Arbeit? Standort der Schule und Schulstufe sorgen hier bereits für erste Unterschiede. Entscheidend ist aber die oft unbeantwortete Frage, ob diese Arbeitskosten durch Externe entstehen und mit welchen Honoraransätzen gerechnet wird.

Diese unterschiedlichen Masseinheiten erschweren den Vergleich verschiedener Angaben zum Betriebsaufwand. Die oft nicht einheitlich umrechenbaren Masseinheiten sind ein weiterer Grund, warum bei Aussagen über den Betriebsaufwand keine exakten Zahlen, sondern nur *grobe Schätzungen* angebracht sind.

Quelle	Stellenprozente	Lektionen pro Woche	Arbeitszeit pro Woche	Jahresstunden	Kosten
[Kubicek, Breiter 98: 84]	100%	k. A.	38.5	k. A.	100000 DM
[Landert 1999]	100%	22-32	45.8	1900	k. A.

Tabelle 5-9: Verschiedene Angaben zur Arbeitszeit von Lehrpersonen

Für die nachfolgenden Vergleiche werden die in Tabelle 5-10 angegebenen Werte zur Umrechnung verschiedener Masseinheiten verwendet.

Stellenprozente	Lektionen pro Woche	Arbeitszeit pro Woche	Jahresstunden	Kosten
100%	30	45	1900	100000 CHF

Tabelle 5-10: Verwendete Angaben zur Umrechnung von verschiedenen Einheiten des Arbeitsaufwandes

5.4 *Auf der Suche nach einer Betriebsaufwandformel*

5.4.1 Die Idee einer Formel

Zur Kosten- und Personalplanung wäre es wünschenswert, wenn man den benötigten Personalaufwand für Informatikmittel an Schulen voraussagen oder zumindest abschätzen könnte. In den vergangenen Jahren wurden deshalb zahlreiche Formeln entwickelt, die aufgrund unterschiedlicher Parameter eine Prognose des Personalaufwandes ermöglichen. Im folgenden sollen mehrere solcher Formeln vorgestellt und anhand des Systemmodells (Abbildung 2-12) verglichen werden.

5.4.2 Arfman und Roden / Project Athena, MIT (1992)

Ausgangslage

Das Athena Projekt entstand im Massachusetts Institute of Technology (MIT) von 1983 bis 1991 in Zusammenarbeit mit IBM und DEC. Ziel des Projektes war es, Informatikmittel auf dem Campus des MIT für Studierende allgemein verfügbar zu machen. 1990 hatten 11'000 BenutzerInnen (98% der Studierenden im Grundstudium und 70% Studierenden im Fachstudium) einen Athena-Account, der ihnen Zugang zu Standarddiensten (E-Mail, News, Diskplatz, UNIX-Shell, Druckdienste) und zu hochschulspezifischen Diensten (Bibliothekskataloge, Einschreibung, E-Learning-Angebote) bot.

Formel

Ausgehend von den Erfahrungen und empirischen Zahlen des Projekts Athena versuchten ARFMAN und RODEN eine Formel zur Berechnung des benötigten Arbeitsaufwandes für den Betrieb von vernetzten Computern in der Ausbildung zu finden [Arfman, Roden 1992] und anhand von Zahlen anderer Universitäten zu verifizieren.

ARFMAN und RODEN verwenden für ihre Formel 6 Parameter [Arfman, Roden 1992: 561]:

- **Clients:** Die Anzahl der Clients beeinflusst den Aufwand für Inventarisierung, Hardwarewartung, Installation, Updates und systemweite Dienste.
- **BenutzerInnen:** Die Anzahl der BenutzerInnen beeinflusst die BenutzerInnen-Verwaltung, die Schulung, den Supportaufwand sowie Dokumentation, Serverkonfiguration und -grösse.
- **Clusters:** Als Cluster bezeichnen die AutorInnen eine Gruppe physisch benachbarter Informatikmittel (Computerraum, Medienecke). Cluster unterscheiden sich in ihrer Grösse, ihrer Distanz zueinander und ihren Anforderungen bezüglich Serverleistung und Drucker. Diese Faktoren wiederum beeinflussen den Aufwand für Planung, Inbetriebnahme, Verbrauchsmaterial, Platzbedarf, Sicherheit und Serveradministration.
- **Unterstützte Anwendungen:** Als Anwendung wird jeder Programmtyp gezählt, der den AnwenderInnen zentral zur Verfügung gestellt wird und von mehreren Personen verwendet werden kann (Eigenentwicklungen und Standardsoftware). Jede Anwendung verursacht dabei Aufwand für Compilierung, Portierung, Installation, Integration, Test, Update, Wartung, anwendungsspezifischen Support und Dokumentation.

- **Benötigte Lizenzen:** Als Lizenz wird hier das Recht gezählt, eine Anwendung evtl. mehrfach auf evtl. mehreren Plattformen zu nutzen. Jede Art von Lizenz erfordert Aufwand zur Lizenzbeschaffung, -erneuerung und -kontrolle.
- **Betriebssysteme:** Jedes Betriebssystem erfordert mit jeder Version Aufwand zur Inbetriebnahme, Anpassung der Clients, Testen, Dokumentieren und Problemerkennung und -behebung.

Mit entsprechender Gewichtung dieser 6 Parameter kommen ARFMAN und RODEN zu folgender Formel zur Berechnung des Betriebsaufwands vernetzter Computersysteme:

$$\text{Human resources} = \frac{\text{Clients}}{500} + \frac{\text{Users}}{1000} + \frac{\text{Clusters}}{15} + \frac{\text{Applications}}{50} + \frac{\text{Licences}}{25} + \text{OS}$$

[Arfman, Roden 1992:561]

Die AutorInnen merken zu dieser Formel an, dass sie vorwiegend für grössere Umgebungen geeignet sei. So entsprechen die Summanden dieser Formel (*Applications* und *Licences* zusammengenommen) fünf Anforderungsprofilen, die durch unterschiedliche MitarbeiterInnen wahrgenommen werden müssten, was die minimale MitarbeiterInnenzahl auf 5 setzt.

Die Formel soll auch für gewachsene Systemumgebungen gelten, da der Aufwand bei neuen Systemen geringer sei. Als Begründung wird angegeben, dass bei neuen Systemen keine Rücksicht auf bestehende Systeme zu nehmen sei.

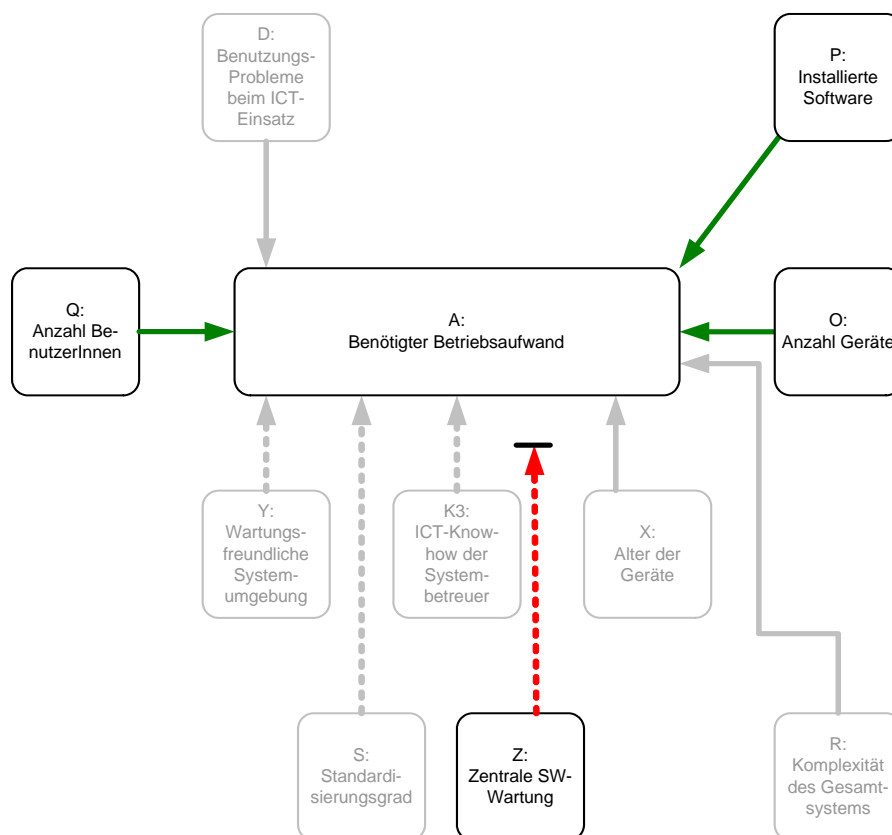


Abbildung 5-11 In der Formel von Arfman und Roden berücksichtigte Variablen des Systemmodells

Bewertung

Aus der Perspektive der vorliegenden Arbeit müssen zwei Vorbehalte angebracht werden: Die Formel von ARFMAN und RODEN basiert auf Zahlen aus der Zeit von 1983-1991 und bezieht sich auf Hochschulen.

Die Formel basiert auf einem serverbasierten Modell, bei welchem alle Anwendungen auf den Servern ausgeführt werden. Zentrale Softwarewartung ist damit gegeben (in Abbildung 5-11 als Konstante berücksichtigt). Die Formel lässt sich aber nicht problemlos auf heutige Client-Server-Umgebungen übertragen.

5.4.3 Grepper und Döbeli, allgemein bildende Schulen (1999)

Ausgangslage

Den in der Studie von GREPPER und DÖBELI vorgestellten Empfehlungen zu Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an allgemein bildenden Schulen liegen 12 Interviews mit Schulinformatikverantwortlichen zahlreicher Schulstufen zugrunde [Grepper, Döbeli 1999]. Im Sinne eines *Best Practice-Berichts* wurden Erfahrungen mit gut funktionierendem Informatikmittelbetrieb gesucht. Die Interviewpartner wurden deshalb nicht zufällig, sondern nach der Qualität ihres Informatikbetriebs ausgewählt. Dies hatte zur Folge, dass bei allen Interviewpartnern ein entsprechendes Problembewusstsein vorhanden war und die Informatikmittel überdurchschnittlich gewartet wurden (verglichen mit Zahlen aus dem Kanton Zürich [BiD 1999]).

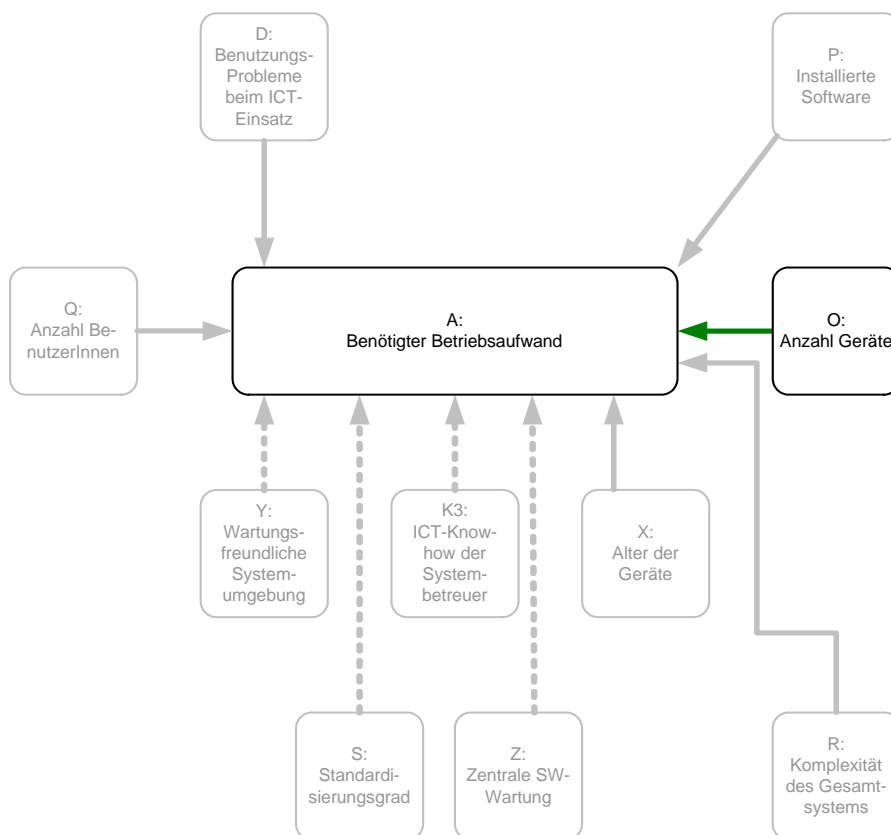


Abbildung 5-12: In der Formel von Grepper/Döbeli berücksichtigte Variablen des Systemmodells

Formel

Da in der Schweiz vor dieser Publikation keine Aussagen zum Thema Betriebsaufwand von Informatikmitteln an Schulen verfügbar waren, war das primäre Ziel eine quantitative Aussage zur *Sensibilisierung der Entscheidungsträger*. Eine auch für Laien verständliche Angabe zur Grössenordnung des notwendigen Betriebsaufwandes war darum wichtiger als eine allenfalls präzisere, aber für Laien unverständliche Formel.

Die „*Empfehlung 15: Wie viele Supporter benötigen Sie?*“ aus [Grepper, Döbeli 1999] schlägt deshalb folgende einfache Faustregel vor:

Pro Computer mindestens ein Stellenprozent [Support].

Da die Empfehlung 17 derselben Publikation dafür plädiert, dass die Schule auch den Betrieb der privaten Computer der Lehrerschaft betreut, wird die Formel etwas komplizierter:

$$\text{Benötigte Stellenprozente} = \frac{\text{Schulcomputer}}{100} + \frac{\text{private Lehrercomputer}}{200}$$

Bewertung

Abbildung 5-12 illustriert sehr deutlich, dass die Formel nur die Funktion einer Faustregel haben kann, da sie von den 10 Variablen des Systemmodells nur eine einzige berücksichtigt. Diese Einschränkung der zu erhebenden Variablen reduziert die vorhandene Komplexität und vereinfacht dadurch die Angabe eines Richtwertes. Mit dieser offensichtlichen Reduktion der in der Realität vorhandenen Komplexität wird die Positionierung der Empfehlung als *Faustregel* deutlich gemacht, die bloss *Richtwerte*, nicht aber präzise Zahlenwerte liefern will.

Die genannte Faustregel aus [Grepper, Döbeli 1999] hat in den vergangenen Jahren im deutschsprachigen Raum grosse Beachtung gefunden. Sie wurde in verschiedenen Fachpublikationen zum Thema als Forderung übernommen. So stützen sich beispielsweise die Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für Informatik auf die oben stehende Formel [GI 2001]. Neben weiteren Erwähnungen (z.B. [Jonietz 1999], [Moser 2001], [Angerhöfer, Garbe 2003]) wurde sie in einigen Fällen in der Praxis zur Berechnung der benötigten Stellenprozente für das Betriebspersonal verwendet (z.B. [Döbeli, Pilloud 2001], [BSG 2003]).

5.4.4 Michigan Technology Staffing Guidelines (2000)**Ausgangslage**

Die Michigan Technology Staffing Guidelines sollen den Schulbezirken des US-Bundesstaates Michigan bei der Planung und Budgetierung des Informatikbetriebs helfen. Sie entstanden aufgrund von Befragungen und Erfahrungen [Michigan 2000].

Formel

Zur Planung der benötigten Anzahl Mitarbeiter wird folgende Formel vorgeschlagen:

$$m = \frac{ws + p}{500} + \frac{u}{1000} + \frac{t}{150} + \frac{s}{5} + \frac{a \times c}{5000} + ts + as - v$$

Die verwendeten sind Variablen wie folgt definiert:

m: staff members
ws: number of workstations
p: peripherals
u: number of users
t: number of teachers
s: number of major LANs, servers, databases, etc
a: average number of software applications that must be installed and maintained on each computer
c: number of computers in full-time use
ts: number of staff required to handle web site content, telephone, video, satellite, broadcast, and other non-computer technologies
as: number of management, administrative and administrative support staff
v: number of positions outsourced or handled by volunteers
 [Michigan 2000]

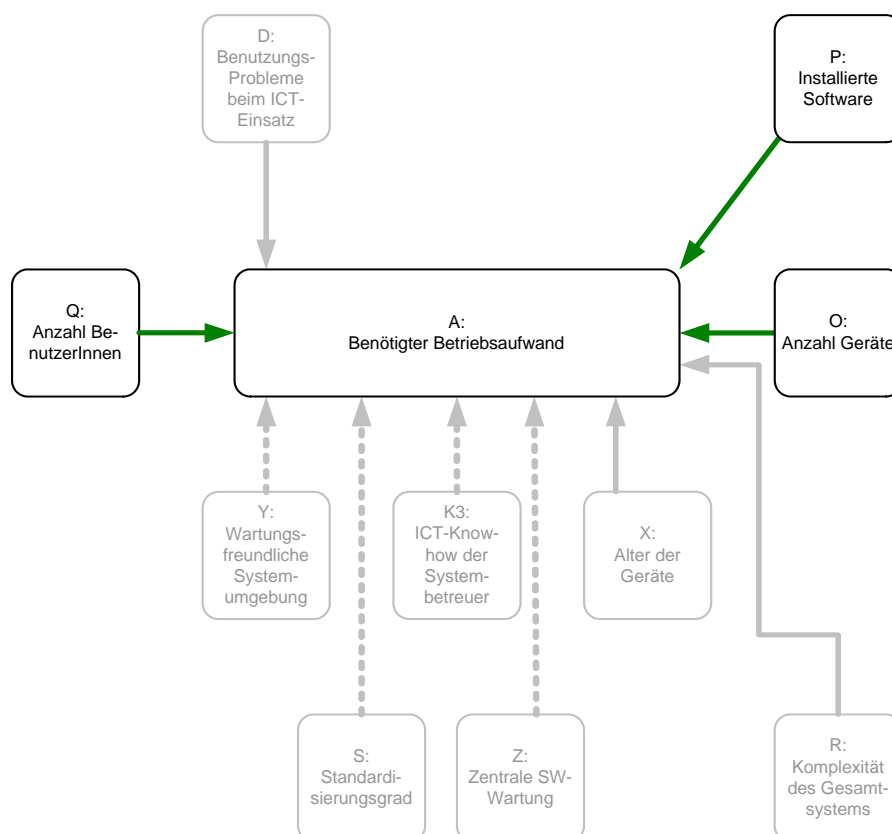


Abbildung 5-13: In der Formel der Michigan Technology Staffing Guidelines berücksichtigte Variablen des Systemmodells

Im Anschluss an diese sehr detaillierte Formel zur Berechnung des Betriebsaufwandes folgt ein Nachsatz, welcher die oben suggerierte Genauigkeit wieder aufhebt:

Total should be increased by 10-20% for environmental factors that significantly increase support requirements. Total may be decreased by up to 25% for low-tech districts and increased by up to 25% for high tech districts, or districts with a goal to substantially improve their use of technology [Michigan 2000].

Bewertung

Die Formel versucht mehrere Faktoren mit unterschiedlichen Gewichten in die Berechnung aufzunehmen, um den benötigten Aufwand besser vorher sagen zu können. Zentrale Server und Datenbanken fallen dabei stärker ins Gewicht als Clients und die darauf installierten Programme. Betrachtet man aber Abbildung 5-13, so ist ersichtlich, dass trotz der zahlreichen Faktoren nur drei von zehn Einflussfaktoren des Systemmodells der vorliegenden Arbeit berücksichtigt werden. Die im Zitat vorgeschlagene Abweichung von $\pm 25\%$ zeigt, dass auch mit einer komplizierteren Formel nur eine Bandbreite, nicht aber ein präziser Einzelwert angegeben werden kann.

5.4.5 Weitere Quellen

Im deutschsprachigen Raum existieren weitere Publikationen mit Angaben zur Berechnung des Betriebsaufwandes von Informatikmitteln an Schulen. Ihnen ist meist gemeinsam, dass sie die Zahl der vorhandenen Computer als einzige Berechnungsgrundlage verwenden. Es ist zu vermuten und bei gewissen Quellen auch offen gesagt, dass sie nicht unabhängig voneinander entstanden sind.

In einer von der Bertelsmann Stiftung in Auftrag gegebenen Studie kommen KUBICEK und BREITER 1998 zu folgenden Angaben:

Der Betreuungsaufwand von Anwendungsberater/in und Systembetreuer/in wurde - ebenfalls unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus den USA und Grossbritannien und an deutschen Schulen - wie folgt veranschlagt. Im Durchschnitt hat ein Systembetreuer 90 bis 120 Geräte zu betreuen. Die Ermässigungstunden für Lehrkräfte sind eine Ergänzung, so dass insgesamt etwa pro Person 60 Rechner anfallen. Im Computerraum-Modell und bei den Laptops liegt die Zahl etwas höher, da eine Konzentration der Geräte auf einen Raum die Wartung erleichtert bzw. bei einem tragbaren Rechner der Eigenanteil der Besitzer angerechnet werden muss. [Kubicek, Breiter 1998:84]

In diesen Zahlen ist die Anwendungsberatung (ein Teil der pädagogischen Systembetreuung) eingeschlossen. Im 1999 veröffentlichten *Informationstechnologie-Planer für Schulen* rechnen BREITER und KUBICEK bereits mit einem höheren Aufwand:

Erfahrungen aus Unternehmen oder der Verwaltung zeigen, daß ein/e Systembetreuer/in im Höchstfall etwa 60 Geräte verwalten kann. Ermäßigungsstunden für Lehrkräfte sind eine Ergänzung. [Breiter, Kubicek 1999:45]

Unter Bezugnahme auf [Kubicek, Breiter 1998] und [Grepper, Döbeli 1999] fordert die *Fachgruppe 7.3.1 Informatiklehrerinnen und Informatiklehrer der Deutschen Gesellschaft für Informatik (GI)* im Jahr 2001:

Langfristig muss deshalb für die technische Systembetreuung, ebenso wie z.B. an den Hochschulen und in Verwaltungsbehörden, speziell ausgebildetes Personal eingestellt (und laufend fortgebildet) werden. Dafür muss eine ausreichende Anzahl von Stellen (mindestens eine Vollzeitstelle je 90–100 Rechner) eingerichtet werden. [GI 2001]

Die Bildungsdirektion des Kantons Zürich kommt für die Volksschule auf einen deutlich tieferen Betreuungsaufwand:

Für die Berechnung des Supportaufwands empfiehlt die Bildungsdirektion, von 6 Stunden pro Computer und Jahr auszugehen. In begründeten Fällen (Neuinstallationen im grösseren Rahmen, Wechsel der Informatikverantwortlichen usw.) kann der tatsächliche Aufwand diesen Betrag vorübergehend übersteigen. Umgekehrt lässt sich der Zeitaufwand durch Optimierung von Wartung und Support (standardisierte Konfigurationen, Lehrpersonen mit guter Informatikkompetenz, Konzentration auf das Notwendige usw.) nachhaltig senken. [BiD ZH 2001a]

Gemäss Tabelle 5-10 entspricht dies knapp $\frac{1}{3}$ Stellenprozent pro Computer.

5.5 Überprüfung der Betriebsaufwandformeln – Empirische Daten

5.5.1 Methodische Bemerkungen

Bedeutung der Tabellenspalten:

In den nachfolgenden Tabellen werden Zahlen aus verschiedenen Schweizer Studien zusammen getragen. *Region* und *Jahr* geben dabei an, in welchem Gebiet und in welchem Jahr diese Zahlen erfasst wurden. Die Spalte *Support/Computer* entspricht dem geleisteten personellen Betriebsaufwand pro Computer in der Masseinheit der jeweiligen Studie. In der Spalte *%/Computer* wird dies zur besseren Vergleichbarkeit einheitlich auf Stellenprozente pro Computer umgerechnet. Die drei Spalten *Entlastung K, P* und *A* geben Auskunft darüber, welche Art Entlastung die Lehrpersonen für ihre Arbeit erhielten. *K* steht dabei für keine, *P* für pauschale Entschädigung und *A* für aufwandsabhängige Entschädigung. In der letzten Spalte ist schliesslich die Herkunft der Zahlen angegeben.

Zur Validität der Zahlen:

Je nach Auftraggeber solcher Studien sind geschönte Zahlen in die eine (Aussicht auf höhere Entschädigung) oder andere Richtung (Spardruck der öffentlichen Hand, Aufzeigen eines Sparpotentials durch den Lösungsanbieter) nicht auszuschliessen. Bei Selbsterhebung durch Lehrpersonen sind evtl. zu tiefe Zahlen zu erwarten, da manche Lehrpersonen nicht zugeben wollen, wie lange sie tatsächlich für eine Fehlerbehebung benötigten [Schrackmann 2002]. Überlasteten Lehrpersonen fehlt zudem die Zeit für Zeiterfassung (auch da Noteinsätze oft zwischen Schulstunden erfolgen müssen), und die Trennung in Wartung, Support, Schulung und eigene Weiterbildung ist oft schwierig.

5.5.2 Durchschnittlicher personeller Betriebsaufwand nach Schulstufe

In Tabelle 5-14 und Tabelle 5-15 sind alle verfügbaren Zahlen aus verschiedenen Kantonen sowie aus einer gesamtschweizerischen Umfrage für die Stufen Primar und Sek I der letzten fünf Jahre aufgeführt. Der durchschnittlich ausgewiesene personelle Betriebsaufwand unterscheidet sich je nach Untersuchung, ist aber immer bedeutend geringer als das von uns geforderte Stellenprozent pro Computer. Im extremsten Fall ist unsere Empfehlung fünf mal grösser als der ausgewiesene Betriebsaufwand.

Region	Jahr	Support / Computer	% / Comp	Entlastung			Quelle
				K	P	A	
Kt. Zürich	2000	5.6h	0.29 %	45 %	46 %	9 %	[BiD ZH 2001b]
Kt. Zürich	2002	3.1h	0.16 %	29 %	60 %	11 %	[BiD ZH 2003]
Kt. Schwyz	2002	12.5h	0.65 %	(27 %)	0 %	(73 %)	[Schrackmann 2002]
Schweiz	2001	(4.8h) ¹	0.25 %	52 %	48 %		[Niederer et al. 2003]

Tabelle 5-14: Angaben zum geleisteten personellen Betriebsaufwand auf Primarstufe in der Schweiz (Entlastung: K: keine, P: pauschal, A: nach Aufwand)

Region	Jahr	Support / Computer	% / Comp	Entlastung			Quelle
				K	P	A	
Kt. Zürich	2000	5.2h	0.27 %	6 %	87 %	7 %	[BiD ZH 2001b]
Kt. Zürich	2002	3.7h	0.19 %	3 %	90 %	7 %	[BiD ZH 2003]
Kt. Schwyz	2002	5.2h	0.27 %	(27 %)	0 %	(73 %)	[Schrackmann 2002]
Kt. Baselland	2002	4.0h	0.21 %	0 %	100 %	0 %	[Moser, Scheuble 2002]
Schweiz	2001	(4.8h) ¹	0.25 %	8 %	92 %		[Niederer et al. 2003]

Tabelle 5-15: Angaben zum geleisteten personellen Betriebsaufwand auf Sekundarstufe I in der Schweiz (Entlastung: K: keine, P: pauschal, A: nach Aufwand)

Es gibt verschiedene Erklärungen für diese Differenz:

- **Nutzungsintensität:** Unsere Empfehlung beruht auf Erfahrungen in Schulen, die Informatikmittel intensiv einsetzen. In den oben aufgeführten Untersuchungen sind wenig quantitative Angaben zur Intensivität der Nutzung zu finden.
- **Mangelnde Entlastung/Bezahlung:** Wenn auf Primarschulstufe 52% der Schweizer Lehrpersonen keine Entlastung für den Betrieb der Informatikmittel erhalten, dann ist eine gewisse obere Grenze der Freiwilligenarbeit nicht erstaunlich.
- **Meist keine Arbeitszeiterfassung:** Aus der Erhebung des Kantons Zürich von 2002 geht hervor, dass auf Primarschulstufe 74% und auf Stufe Sek I 59% der Informatikverantwortlichen kein Arbeitsjournal führen [BiD ZH 2003]. Zusammen mit der Unsicherheit, welcher Anteil des eigenen Lernaufwands als Betriebsaufwand verrechnet werden soll [Schrackmann 2002] lässt sich argumentieren, dass der effektive Aufwand grösser ist als der in einer Befragung angegebene.

¹ Die Untersuchung liefert dazu keine Aufschlüsselung nach Schulstufen. Im aufgeführten Aufwand ist nur die Arbeit an Clients, nicht aber derjenige an evtl. vorhandenen Servern und am Netzwerk inbegriffen.

5.5.3 Streuung des Betriebsaufwands

Neben dem durchschnittlich geleisteten personellen Betriebsaufwand ist auch dessen Streuung beim Vergleich verschiedener Schulen interessant. SCHRACKMANN zeigt diese Streuung in der Erhebung des geleisteten personellen Betriebsaufwands für Computer in den Volksschulen des Kantons Schwyz.

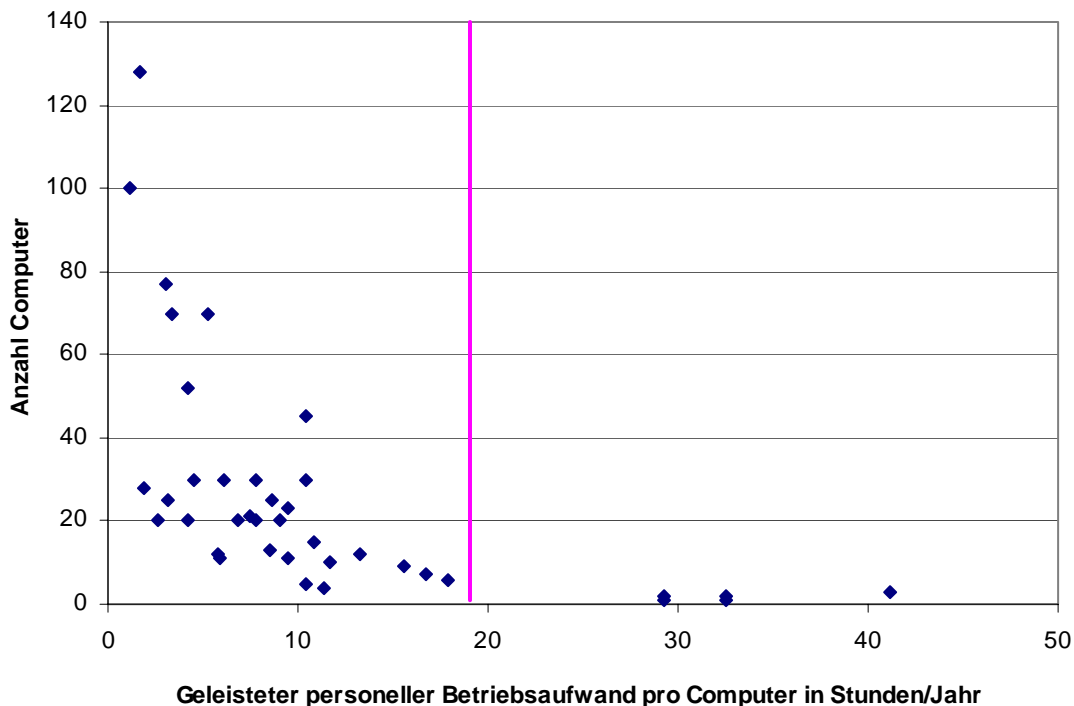


Abbildung 5-16: Zusammenhang zwischen der Anzahl Computer und dem geleisteten personellen Betriebsaufwand pro Computer an Volksschulen des Kantons Schwyz, $N=42$ (nach Zahlen von [Schrackmann 2002])

In Abbildung 5-16 ist der geleistete Betriebsaufwand von 42 Volksschulen des Kantons Schwyz in Bezug auf die Anzahl Computer im jeweiligen Schulhaus ersichtlich. Als senkrechte Linie eingezeichnet ist die Empfehlung aus [Grepper, Döbeli 1999] von 1 Stellenprozent pro Computer. SCHRACKMANN erklärt die Streuung folgendermassen:

Sobald einmal Computer vorhanden sind, braucht es einen gewissen Grundsupport, der nicht proportional zur Anschaffung neuer Geräte wächst. Etwas vereinfacht kann man sagen: "Je mehr Computer eine Schule hat, umso geringer ist der Supportaufwand pro Computer." Dieser Zusammenhang ist – berechnet mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson - hoch signifikant ($r = -.514$), was auch das Streudiagramm nochmals verdeutlicht. [Schrackmann 2002]

Die Erhebung bei den 20 Gymnasien im Kanton Zürich bestätigt jedoch diesen Zusammenhang nicht. Die aus Zahlen dieser Erhebung hergestellte, zu Abbildung 5-16 analoge Abbildung 5-17 zeigt ein anderes Bild. Es ist keine Korrelation zwischen Anzahl Computer und Aufwand pro Computer ersichtlich. Die Autoren der Studie schreiben dazu:

Durchschnittlich werden pro Computer und Jahr 10.7 Wartungsstunden aufgewendet. Die Bandbreite reicht von drei Stunden pro Computer bis zu 19 Wartungsstunden pro Computer und Jahr. Die Plattform (Macintosh oder Windows) ist nur zum Teil für die Unterschiede zwischen den Schulen verantwortlich. Für Macintosh-Computer werden durchschnittlich 10 Stunden, für Windows-Computer 11.5 Stunden aufgewendet. Ebenso gibt es keinen statistischen Zusammenhang zwischen dem Wartungsaufwand und dem Alter der Geräte beziehungsweise der Anzahl der installierten fachspezifischen Programme. Worin die grossen Unterschiede tatsächlich begründet liegen, müsste im Einzelnen überprüft werden. Die vorliegende Untersuchung kann dafür keine hinreichende Begründung liefern. [BiD ZH 1999]

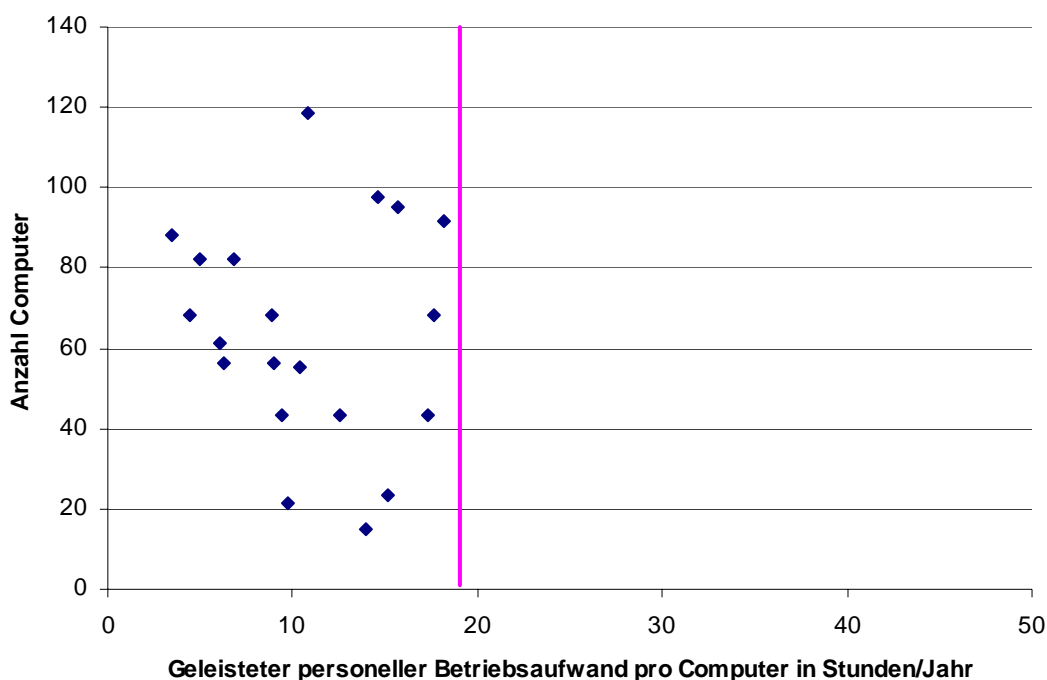


Abbildung 5-17: Zusammenhang zwischen der Anzahl Computer und dem geleisteten personellen Betriebsaufwand pro Computer an Gymnasien des Kantons Zürich, N=20 (nach Zahlen von[BiD ZH 1999])

5.5.4 Empirische Daten aus Unternehmen

Abbildung 5-18 zeigt als Vergleich den Betriebsaufwand pro Notebook von grossen Schweizer Unternehmen. In der Untersuchung von KOBLEK und RANDEGGER wurden 18 Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen mit Notebookflotten zwischen 210 und 7500 Geräten befragt [Kobler, Randegger 2001]. Für den Betriebsaufwand wurden Mitarbeitende im Support, im Callcenter und in der Technik erfasst. Drei Unternehmen sind in Abbildung 5-18 nicht dargestellt, einerseits ein Ausreisser mit nur 250 Notebooks, aber einem Betriebsaufwand von 68.4h pro Notebook und Jahr, andererseits zwei Unternehmen, die Teile des Notebookbetriebs externen Firmen übertragen haben und für die Untersuchung weder personelle noch finanzielle Angaben machen wollten. Zu Vergleichszwecken ist auch in Abbildung 5-18 unsere Empfehlung für Schulen von 19 Stunden pro Computer und Jahr eingezeichnet.

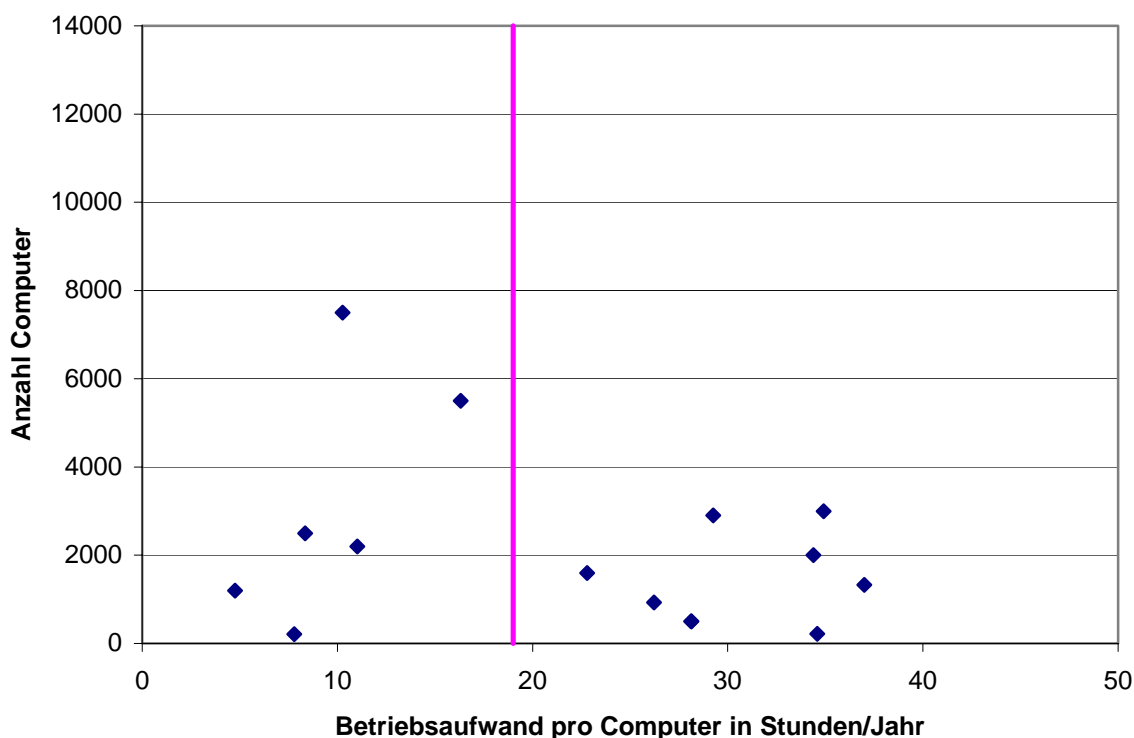


Abbildung 5-18: Zusammenhang zwischen der Anzahl Notebooks und dem Betriebsaufwand (Support, Callcenter, Technik) pro Notebook in 14 grossen Schweizer Unternehmen (nach Zahlen von [Kobler, Randegger 2001])

Beim Vergleich dieser Zahlen mit denjenigen von Volksschulen und Gymnasien sind neben den allgemeinen Unterschieden zwischen Unternehmens- und Schulcomputern folgende Punkte zu beachten:

- **Unterschiedliche geografische Verteilung:** Bei den untersuchten Schulen befinden sich jeweils alle zu betreibenden Informatikmittel auf demselben Schulgelände. Bei den Unternehmen wurden mehrere Versicherungen befragt, deren Informatikmittel auf viele, zum Teil kleine Geschäftsstellen verteilt sind.
- **Vergleiche von Notebooks mit Computern:** Während bei den Schuluntersuchungen alle Arten von Computern berücksichtigt wurden, bezog sich die Erhebung von KOBLER und RANDEGGER mehrheitlich auf Notebooks. Oft wurde in den Unternehmen aber nicht zwischen Support von Notebook und Desktops unterschieden, so dass undifferenzierte Zahlen verwendet wurden.
- **Unterschiedliche Grösse der Informatikmittelparks:** Während in den untersuchten Schulen 1 bis 130 Computer standen, sind es bei den Unternehmen bis zu 7500 Notebooks (Die y-Achse von Abbildung 5-18 unterscheidet sich dementsprechend um den Faktor 100 von denjenigen der beiden vorhergehenden Abbildungen).

Auch wenn man die grössere geografische Verteilung und den höheren Betriebsaufwand von Notebooks gegenüber Desktops berücksichtigt wird deutlich, dass in der Wirtschaft ein deutlich höherer Aufwand für den Betrieb der Informatikmittel geleistet wird als in Schulen. Trotz des höheren Betriebsaufwands waren nicht alle von Kobler und Randegger befragten BenutzerInnen mit dem Support zufrieden. So wurde bemängelt, dass ausserhalb der Büro-

zeiten BenutzerInnen ohne Hilfe bleiben. Zudem dauere die Behebung von Problemen nicht die vom Unternehmen angestrebten 4-8 Stunden sondern 2-3 Tage [Kobler, Randegger 2001].

5.6 Diskussion

Die empirischen Daten zum geleisteten Betriebsaufwand weisen in Schulen und Unternehmen (siehe Abbildung 5-18) eine grosse Streuung auf. Die Zahlen aus der Untersuchung von KOBLER und RANDEGGER zeigen, dass diese breite Streuung nicht nur auf die Unerfahrenheit von Schulen im Umgang mit ICT zurückzuführen ist. Auch bei Unternehmen mit langjähriger Erfahrung mit dem Betrieb von Informatikmitteln sind grosse Unterschiede beim geleisteten Betriebsaufwand festzustellen. Diese Unterschiede liessen sich in der Untersuchung von KOBLER und RANDEGGER weder auf Branchenunterschiede noch auf unterschiedliche Unternehmensgrössen zurückführen.

Es stellt sich die Frage, ob sich diese Streuung in Zukunft verkleinern wird und damit präzisere Formeln zur Angabe des benötigten Betriebsaufwands möglich werden. Bei Unternehmen sind zwei Antworten möglich:

1. Präzisere Aussagen zum benötigten Betriebsaufwand werden erst möglich, wenn Unternehmen beim Einsatz von ICT in der *Phase der Institutionalisierung* nach dem Phasenmodell von NOLAN (siehe 3.2.2) angelangt sind. Ob es dazu kommen wird, hängt von der technischen Entwicklung ab, die durch das MOORE'sche Gesetz (siehe 3.2.1) getrieben wird. Kommt es aufgrund der technischen Entwicklung in Unternehmen nochmals zu einem *neuen technologischen Zeitalter* (siehe [Nolan 1993]), so werden Unternehmen die vier Phasen des Informatikmitteleinsatzes erneut durchlaufen müssen. Damit würde das allgemeine Erreichen der Phase der Institutionalisierung weiter in die Zukunft verschoben.
2. Die in 5.3.1 genannten Probleme bei Erfassung und Vergleich des benötigten Betriebsaufwandes werden sich nicht vollständig lösen lassen. Von den sechs genannten Gründen bleiben deren drei auch mit zunehmender Erfahrung weitgehend bestehen. Die *zahlreichen Systemvariablen*, die *Systemdynamik* und die *schwierige empirische Erfassbarkeit* gewisser Variablen werden auch in Zukunft die präzise Voraussage des benötigten Betriebsaufwands verhindern.

Akzeptiert man den Schluss, dass zumindest in naher Zukunft keine präzise Formel gefunden werden kann, so gewinnt die *Einfachheit* einer Formel an Bedeutung. Die Angabe eines Richtwerts rechtfertigt weniger Aufwand als dies bei einem präzisen und verlässlichen Ergebnis der Fall wäre. Am einfachsten ist die Beschränkung auf eine Variable zur Abschätzung des benötigten Betriebsaufwandes. Dafür kommen aufgrund der leichten Erfassbarkeit neben der von GREPPER und DÖBELI verwendeten *Anzahl Geräte (O)* nur noch die *Anzahl BenutzerInnen (Q)* in Frage (siehe Abbildung 5-5). In Schweizer Volksschulen teilen sich durchschnittlich mehr als 10 SchülerInnen und Schüler einen Computer [Niederer et. al. 2003:20]. Damit legt die *Anzahl Geräte* und nicht die *Anzahl der BenutzerInnen* die obere Grenze der Nutzung fest. Da die Nutzung einen grossen Einfluss auf den benötigten Betriebsaufwand hat, eignet sich die *Anzahl Geräte* besser zur Abschätzung des benötigten Betriebsaufwands als die *Anzahl BenutzerInnen*. Der Wunsch von Schule und insbesondere Politik nach einer präzisen Formel zur Berechnung des benötigten Betriebsaufwandes ist zwar verständlich, aber in absehbarer Zukunft nicht erfüllbar. Die Näherungsformel von GREPPER und DÖBELI bietet als Ersatz einen einfach zu berechnenden Richtwert.

6 TECHNISCHE ASPEKTE

6.1 Einführung

Bei den technischen Aspekten des Informatikmitteleinsatzes stellen sich die beiden Fragen nach Effektivität und Effizienz:

- Effektivität: Welche Informatikinfrastruktur eignet sich am besten für den Schuleinsatz?
- Effizienz: Wie soll die Informatikinfrastruktur aussehen, so dass die Kosten minimal sind?

Die Wirtschaft hat über 30 Jahre Erfahrung mit dem Einsatz von Informatikmitteln. Zusammen mit der technischen Entwicklung haben sich verschiedene technische Konzepte zum effizienten Betrieb von Informatikmitteln etabliert. Die Wirtschaft verfügt somit über einen grossen Erfahrungsschatz, welche Informatikinfrastruktur sich für den Einsatz in Unternehmen eignet und wie diese Infrastruktur für einen effizienten Betrieb technisch aufgebaut sein soll. Die zentralen Strategien zur Kostenminimierung sind dabei *Automatisierung* und *Standardisierung*. Beim Betrieb von Informatikmitteln lassen sich daraus die weiteren Strategien *Vernetzung* und *Zentralisierung* ableiten, da beide die Automatisierungsmöglichkeiten erhöhen.

Diese grundlegenden Strategien haben auch im Schulbereich ihre Gültigkeit. Drei dieser Strategien finden sich darum auch im Systemmodell zum ICT-Einsatz in der Schule wieder und zwar als Standardisierungsgrad (S), Vernetzung (V) und zentrale Software-Wartung (Z) (siehe Abbildung 6-1). Daneben haben die Anzahl (O) und das Alter (X) der Geräte, die installierte Software (P), die Komplexität des Gesamtsystems (R) und die Wartungsfreundlichkeit der Systemumgebung (Y) einen Einfluss auf den benötigten Betriebsaufwand (A).

Auf diesem hohen Abstraktionsgrad sind die Strategien in Wirtschaft und Schule zum effizienten Betrieb von Informatikmitteln identisch. Erst wenn man die konkreten Ansprüche der Schule an Informatikmittel mit denjenigen der Wirtschaft vergleicht, zeigen sich Differenzen, die in der Umsetzung der Strategien zu unterschiedlichen Lösungen führen können.

Die Nutzung von Informatikmitteln in Schulen unterscheidet sich in zahlreichen Aspekten von derjenigen in Unternehmen [IDC 1997], [PROFSYS 1998], [Grepper, Döbeli 1999]. Im Abschnitt 6.2 werden wichtige Unterschiede aufgeführt, ohne auf die Eigenheiten einzelner Schulstufen einzugehen.

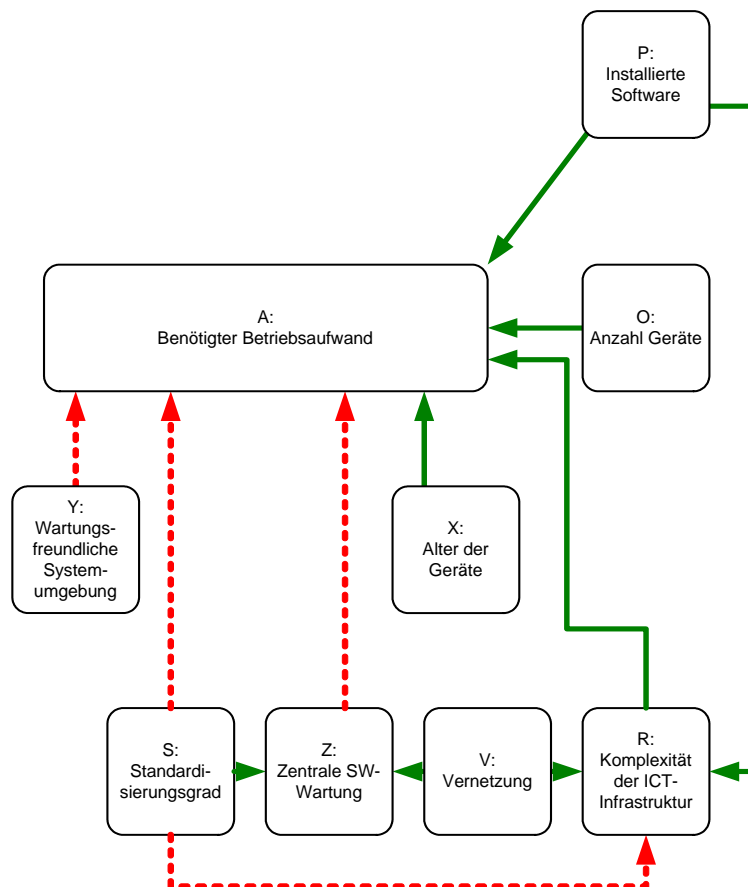


Abbildung 6-1: Technische Variablen des Systemmodells

6.2 Unterschiede der ICT-Nutzung von Unternehmen und Schulen

6.2.1 BenutzerInnen

Ein wichtiger Unterschied besteht in der Zuordnung von BenutzerInnen und Informatikmitteln (siehe Tabelle 6-2). In Unternehmen besteht heute meist eine 1:1-Beziehung zwischen Computer und NutzerIn, während in Schulen eine n:n-Beziehung die Regel ist. Der fehlende „persönliche“ Computer führt in Schulen verglichen mit Unternehmen zu einer geringeren Sorgfalt für die vorhandenen Informatikmittel. Persönliche Anmeldung am System mit der Möglichkeit von persönlichen Systemeinstellungen ist für Schulen tendenziell komplexer und generiert aufgrund der höheren Fluktuation der BenutzerInnen auch einen höheren administrativen Aufwand.

Die meisten BenutzerInnen in Unternehmen arbeiten immer am gleichen Arbeitsplatz. Ein persönlicher Computer muss somit nicht mobil sein, sondern kann fix am Arbeitsplatz installiert und vernetzt werden. In der Schule ist dies nicht der Fall. Sowohl Lehrpersonen als auch SchülerInnen arbeiten zuhause und in der Schule. Zudem wechseln in Schulen mit Fachlehrersystem entweder LehrerInnen oder SchülerInnen für jede Lektion das Schulzimmer. Als persönliche Computer eignen sich somit nur mobile Geräte.

Nutzungsaspekt	in Unternehmen	in Schulen	Konsequenzen f. Schulen
Anzahl BenutzerInnen pro Computer	Meist eine Person pro Computer	Mehrere BenutzerInnen pro Computer	<ul style="list-style-type: none"> • Multiuserkonfiguration ist notwendig • Geringeres Verantwortungsgefühl der BenutzerInnen
Anzahl Computer pro BenutzerIn	Statische Beziehung („Person X arbeitet immer am Computer Y“)	Dynamische Beziehung (BenutzerInnen müssen an verschiedenen Stationen arbeiten)	<ul style="list-style-type: none"> • Kompliziertere Konfiguration, wenn individuelle Einstellungen angeboten werden sollen
Sorgfalt im Umgang mit dem Computer	Vorhanden, da persönliches Gerät	Bei nicht persönlichen Geräten weniger vorhanden	<ul style="list-style-type: none"> • Eher Unsorgfältigkeit oder sogar Vandalismus bei öffentlichen Geräten
Fluktuation der BenutzerInnen	Relativ wenig Mutationen	Pro Jahr wechselt ca. ¼ der BenutzerInnen	<ul style="list-style-type: none"> • Grösserer Verwaltungsaufwand, wenn individuelle Konten angeboten werden
Arbeitsort der BenutzerInnen	Meist der eigene Büroarbeitsplatz	Schule / zuhause, in der Schule wechselnd	<ul style="list-style-type: none"> • Stationäre Computer eignen sich nicht als persönliche Geräte

Tabelle 6-2: Unterschiede der ICT-Nutzung in Schulen und Unternehmen in Bezug auf MehrbenutzerInnen-Umgebungen

6.2.2 Programme und Hardware

Weitere Unterschiede zwischen Unternehmen und Schulen bestehen bei der Zahl und Erneuerungshäufigkeit von Programmen und der Nutzungsdauer von Hardware (siehe Tabelle 6-3).

Nutzungsaspekt	in Unternehmen	in Schulen	Konsequenzen f. Schulen
Anzahl Programme	Geringe Anzahl von (Büro-)Programmen	Grosse Anzahl von (zum Teil fachspezifischen) (Lern-) Programmen	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr der gegenseitigen Störung grösser
Neue Programme	Selten	Häufig	<ul style="list-style-type: none"> • Häufigere Konfigurationsänderungen
Nutzungsdauer von Hardware	Durchschnittlich 3 Jahre	Durchschnittlich 5-6 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • Grösserer Aufwand durch ältere Geräte

Tabelle 6-3: Unterschiede der ICT-Nutzung in Schulen und Unternehmen in Bezug auf Hardware und Programme

Auf Schulcomputern sind laut einer IDC-Studie doppelt so viele Programme installiert wie auf einem Unternehmenscomputer [IDC 1997]. Zudem werden auf Schulcomputern häufiger neue oder zusätzliche Programme installiert, da neue Lernprogramme ausprobiert oder eingesetzt werden sollen. Andererseits sind schulische Computer durchschnittlich 5-6 Jahre im Einsatz, doppelt so lange wie Unternehmenscomputer ([IDC 1997], [Kobler, Randegger 2001]).

6.2.3 Daten

Tabelle 6-4 zeigt Unterschiede zwischen Unternehmen und Schulen bezüglich der bearbeiteten Daten auf. Je nach Schulstufe ist die Bedeutung multimedialer Daten in Schulen viel höher als in durchschnittlichen Büroumgebungen. Einerseits ist bei gewissen Lernprogrammen der Multimediaanteil sehr hoch, andererseits sollen mit Schulcomputern Bild-, Ton- und sogar Filmbearbeitung möglich sein. Dies stellt höhere Anforderungen an Speicherkapazität, Verarbeitungsgeschwindigkeit und Programme.

Nutzungsaspekt	in Unternehmen	in Schulen	Konsequenzen f. Schulen
Datenart	Mehrheitlich Text oder Zahlen	Hoher Anteil an Multimedia (Bild, Ton, Film, Animation)	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Leistungsanforderungen an Informationsmittel
Datennutzung	Oft unternehmens- oder abteilungsweit	Meist individuell oder klassenweise	<ul style="list-style-type: none"> • Keine zentrale Datenspeicherung notwendig
Vertraulichkeit der Daten	Hoch (meist gegenüber Externen, teilweise auch intern)	Gering (abgesehen von Prüfungen, Lösungen und Bewertungen)	<ul style="list-style-type: none"> • Kein grosser Aufwand für Schutz der Vertraulichkeit notwendig
Verfügbarkeit der Daten	Sehr wichtig	Wichtig	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand zur Sicherstellung der Verfügbarkeit ist geringer als in Unternehmen
Integrität der Daten	Sehr wichtig	Wichtig (sehr wichtig nur bei Bewertungen)	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand zur Sicherstellung der Integrität ist geringer als in Unternehmen
Lebensdauer der Daten	Teilweise mehrere Jahre gesetzlich vorgeschrieben oder unternehmerisch notwendig	Meist bis Projektende (1-2 Monate) oder bis Schulwechsel (2-4 Jahre)	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwand für mittelfristige Verfügbarkeit geringer

Tabelle 6-4: Unterschiede der ICT-Nutzung in Schulen und Unternehmen in Bezug auf bearbeitete Daten

In Unternehmen muss ein Grossteil der Daten unternehmensweit oder zumindest abteilungsweit verfügbar sein, da mehrere Mitarbeitende und mehrere Abteilungen mit dem gleichen Datenbestand arbeiten müssen. Dies bedingt eine zentrale Datenspeicherung. In Schulen ist dies anders. Daten werden meist individuell oder klassenweise bearbeitet. Der Anteil von Daten, die Klassen übergreifend verwendet werden, ist eher gering. Somit ist eine zentrale Datenspeicherung keine Anforderung aus Sicht der NutzerInnen.

Auch bezüglich Lebensdauer der Daten sind die Ansprüche in Unternehmen meist höher. Daten müssen aus geschäftlichen oder gesetzlichen Gründen oft mehrere Jahre verfügbar sein. In Schulen ist dies weniger häufig der Fall. Abgesehen vom Unterrichtsmaterial der Lehrpersonen müssen die wenigsten Daten länger als ein bis zwei Monate sofort verfügbar sein. Dies vermindert den notwendigen Aufwand zur Sicherstellung der sofortigen Verfügbarkeit von Daten in Schulen.

Ist der Schulverwaltungsbereich vom Ausbildungsbereich getrennt, so sind die Anforderungen an die Vertraulichkeit von Daten im Ausbildungsbereich im Vergleich zu Unternehmensdaten viel geringer. Abgesehen von Prüfungen, Lösungen und Bewertungen (Noten) werden im Ausbildungsbereich keine vertraulichen Daten verarbeitet. Somit ist kein grosser Aufwand zum Schutz vor unberechtigter Einsichtnahme notwendig. Auch die Ansprüche an die Verfügbarkeit und Integrität von Daten sind in Unternehmen um vieles höher als in Schulen. Aus diesem Grund muss in Unternehmen ein grösserer Aufwand betrieben werden, um Verfügbarkeit und Integrität sicherzustellen.

6.3 *Konzepte zur Systeminstallation und Systemwiederherstellung*

Die Erst-Installation von Computersystemen (Hard- und Software) und insbesondere deren wiederholte Neuinstallation nach Hard- oder Softwarefehlern machen einen grossen Anteil des Betriebsaufwandes aus. In Schulen ist dieser Anteil aus verschiedenen Gründen noch grösser als in Unternehmen, denn es muss mehr und häufiger Software installiert werden und unpersonliche Computerarbeitsplätze müssen öfters frisch installiert werden (siehe Unterabschnitt 6.2.2). Dementsprechend gross ist das Sparpotenzial rationeller Verfahren. Es lassen sich heute drei Hauptvarianten zur Installation von mehreren Computern unterscheiden:

1. **Manuell:** Betriebssystem, Programme und Updates jeglicher Art werden auf jedem Computer einzeln installiert. Diese Variante setzt keine besonderen Kenntnisse voraus, der Aufwand steigt aber linear mit der Anzahl der Computer.
2. **Image-basiert:** Es wird eine Referenzinstallation auf einem Computer installiert und das entstandene Image der Festplatte wird auf die anderen Computer verteilt. Dabei existieren folgende Verteil- und Systemwiederherstellmöglichkeiten:
 - a. **Per externen Datenträger:** Das Image wird auf einen Datenträger (z.B. CD, DVD, externe Festplatte) gespeichert und auf den anderen Computern installiert.
 - b. **Per Netzwerk:** Das Image wird auf einem zentralen Computer gespeichert und per Netzwerk auf die zu installierenden Computer übertragen.
 - c. **Per Kopie auf lokaler Festplatte** (nur zur Systemwiederherstellung): Dem Computer steht im Normalbetrieb nicht die gesamte Festplatte zur

Verfügung. In einem versteckten Bereich ist ein Image der Installation vorhanden, das bei Bedarf in den sichtbaren Bereich kopiert werden kann.

- d. **Read-Only-Image** (nur zur Systemwiederherstellung): Der für das Betriebssystem direkt sichtbare Bereich der Festplatte ist nur lesbar. Schreibbefehle werden entweder gar nicht zugelassen oder nur simuliert und in einem separaten Bereich gespeichert. Änderungen auf der Festplatte sind somit nicht persistent, nach einem Neustart ist der für das Betriebssystem direkt sichtbare Bereich unverändert. Zu diesem Zweck sind spezielle Hardwareerweiterungen entwickelt worden, welche die Kommunikation zwischen Mainboard und Festplatte kontrollieren und entsprechend verändern.

Diese Variante bedingt eine gewisse Standardisierung und Planung, sowie Kenntnisse zur *Herstellung* von Images oder der Installation eines so genannten *Festplattenwächters* zur Umsetzung der Untervarianten *c* und *d*. Das *Installieren* eines vorhandenen Images kann aber so einfach gemacht werden, dass keine besonderen technischen Kenntnisse mehr notwendig sind. Der Aufwand für das Erstellen eines Images zahlt sich bereits bei wenigen identisch zu installierenden Computern aus.

3. **Paket-basiert:** Für Updates und Systemwiederherstellung wird ein Programm auf allen Computern installiert, das von einem zentralen Computer vorbereitete Pakete bezieht und in die vorhandene Installation integriert. Diese Variante erlaubt eine feinere Steuerung von Installations- und Reparaturvorgängen. So können Pakete nach verschiedenen Kriterien nur auf gewissen Computern installiert oder deinstalliert werden. Zum Aufbau und zum Betrieb paket-basierter Installationen sind jedoch detaillierte Informatikkenntnisse notwendig. Der Aufwand lohnt sich erst ab einer größeren Anzahl Computer.

In Schulen höherer Schulstufen oder mit Weiterbildungsangebot sind die Anforderungen an die Computerarbeitsplätze oft nicht mehr mit einer einzigen standardisierten Installation abdeckbar. Unterschiedliche Betriebssysteme, Speicherplatzprobleme durch zu viele Programme und Daten auf der lokalen Festplatte oder auch nur Benutzungsprobleme durch eine Überfülle installierter Programme können die Verwendung von mehreren Installationen notwendig machen. Diese Situation tritt auch in Unternehmen mit unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Abteilungen auf. Schulspezifisch ist jedoch die Anforderung, dass *ein und derselbe Computer* zu verschiedenen Zeiten eine unterschiedliche Installation aufweisen sollte.

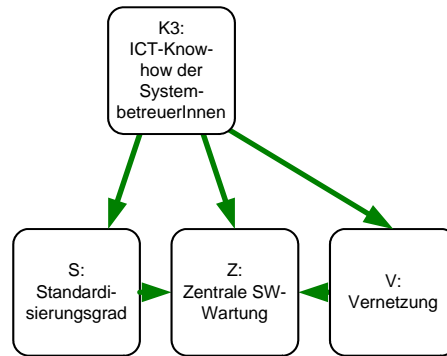


Abbildung 6-5: Variablen des Systemmodells, welche die zentrale Software-Wartung beeinflussen

Welches Verfahren sich im konkreten Fall zur Installation eignet, hängt unter anderem von den Systemvariablen *Standardisierungsgrad* (S), *Vernetzung* (V) und dem *Know-how der SystembetreuerInnen* (K3) ab (siehe Abbildung 6-5).

6.4 Computerarchitekturen

6.4.1 Einleitung

Bei der Beschaffung von Informatikmitteln in Schulen geht es meist nicht um einzelne Computer, sondern darum, ein ganzes Schulhaus oder eine Gruppe von Schulhäusern auszurüsten. Damit stellen sich nicht nur Fragen zur Ausstattung der Einzelgeräte, sondern auch zur sinnvollen und effizienten Zusammenarbeit und Aufgabenverteilung der verschiedenen Geräte. Im Folgenden werden solche Konzepte als Computerarchitektur bezeichnet:

Computerarchitektur: *Konzept der Zusammenarbeit und Aufgabenverteilung mehrerer Computer*

In einer Gruppe von verschiedenen Computern können diese verschiedene Rollen übernehmen:

Server: *Computer, der anderen Computern Dienstleistungen (Rechenzeit, Speicherplatz, usw.) zur Verfügung stellt.*

Client: *Computer, der BenutzerInnen zur Verfügung steht und von anderen Computern Dienstleistungen bezieht.*

Standalone: *Computer, der weder Dienstleistungen von anderen Computern bezieht noch diesen Dienstleistungen anbietet.*

In der Geschichte der Informatik haben sich verschiedene Computerarchitekturen etabliert, die sich zum Teil ablösen, aber auch nebeneinander bestehen. Welche Computerarchitekturen

eignen sich unter welchen Umständen für den Schuleinsatz? Zur Beantwortung dieser Frage werden in Unterabschnitt 6.4.2 Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Computerarchitekturen erarbeitet. In den danach folgenden Unterabschnitten werden die wichtigsten Computerarchitekturen vorgestellt und auf ihre Eignung in der Schule untersucht.

6.4.2 Differenzierungskriterien

Die traditionelle *funktionale* Betrachtung verschiedener Computerarchitekturen gliedert Informatiklösungen. Hier stellen sich folgende Fragen [Bauknecht, Zehnder 1996]:

- **Präsentation:** Wo findet die Datenpräsentation statt?
- **Anwendungslogik:** Wo findet die Datenverarbeitung statt?
- **Datenhaltung:** Wo findet die Datenspeicherung statt?

Diese Fragen helfen nicht direkt bei der Wahl einer kostengünstigen Computerarchitektur. Aus Sicht von Beschaffung und Betrieb sollen deshalb leicht abweichende Fragen gestellt werden:

- **Rechenleistung:** Wo wird Rechenleistung benötigt?
- **Programmspeicherung:** Wo werden Programme gespeichert?
- **Datenspeicherung:** Wo werden Daten gespeichert?
- **Netzwerkverkehr:** Wann gehen welche Datenmengen über das Netz?

Abbildung 6-6 illustriert die Zusammenhänge zwischen der funktionalen Aufteilung und der Aufteilung nach Beschaffungs- und Betriebsaspekten:

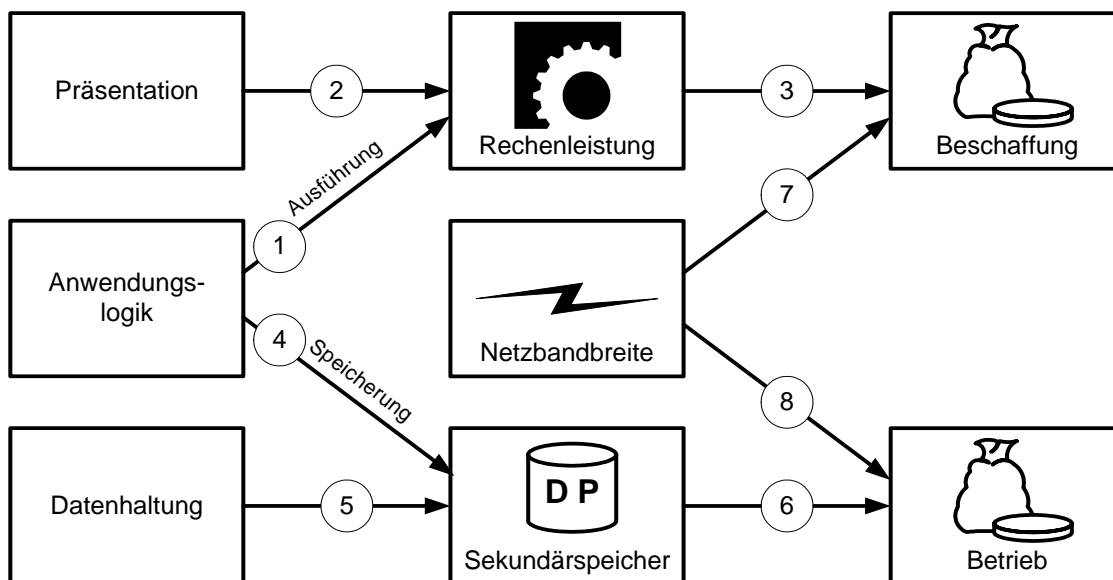


Abbildung 6-6: Funktionale Aufteilung versus Aufteilung aus Sicht von Beschaffung und Betrieb

- Je nach Anwendung wird Rechenleistung nicht nur zur Datenverarbeitung (1), sondern auch zur Datenpräsentation (2) benötigt (für Grafik, Rendering, Multimedia).

- Je grösser die benötigte Rechenleistung, desto höher sind die Beschaffungskosten (3). Dieser Zusammenhang kommt aus verschiedenen Gründen zustande:
 - Neuere und schnellere Prozessoren sind teurer als ältere und langsamere. Das Moore'sche Gesetz (siehe Unterabschnitt 3.2.1) besagt zwar, dass Computerleistung immer billiger wird. Erscheint aber ein neues Gerät mit grösserer Kapazität auf dem Markt, so sinken gleichzeitig die Preise für ältere Modelle. Zu einem bestimmten Zeitpunkt t sind somit schnellere Prozessoren trotz Moore'schem Gesetz teurer als langsamere. Sparen liesse sich mit dem Moore'schen Gesetz nur, wenn man mit der Beschaffung zuwartet oder auf neue Programme und Nutzungsarten verzichtet.
 - Trotz vorhandenen Systemen sind Neuinvestitionen notwendig, wenn die benötigte die bisher vorhandene Rechenleistung übersteigt.
 - Rechenleistung äussert sich in Stromverbrauch und Hitzeentwicklung. Bei mehreren Geräten in einem Raum kann dies dazu führen, dass die vorhandene Strominstallation nicht ausreichend ist oder für eine Kühlung des Raumes gesorgt werden muss. Beides verursacht versteckte Investitionskosten.
- Die Speicherung der Programme (4) benötigt wie die Speicherung der Daten (5) Sekundärspeicher. Dabei sind die Kosten, die dieser Sekundärspeicher bei der Beschaffung verursacht vernachlässigbar klein im Vergleich zu seinen Betriebskosten (6):
 - Programme müssen installiert und konfiguriert werden. Der zur Programminstallation benötigte Aufwand fällt dabei nicht nur bei der Erstinstallation des Gesamtsystems an, sondern auch bei zusätzlichen Programmen, neueren Programmversionen oder kleineren Updates zur Fehlerbehebung.
 - Daten müssen regelmässig gesichert und teilweise vor unrechtmässiger Einsicht und Manipulation geschützt werden.

Die benötigte Netzbandbreite hat sowohl Auswirkungen auf die Beschaffungskosten (7) als auch auf den Betriebsaufwand (8).

In den nachfolgenden Unterabschnitten werden verbreitete Computerarchitekturen vorgestellt und auf ihre Eignung für Schulen geprüft. Bei den Illustrationen einzelner Computerarchitekturen werden dabei die in Abbildung 6-7 definierten Symbole verwendet.

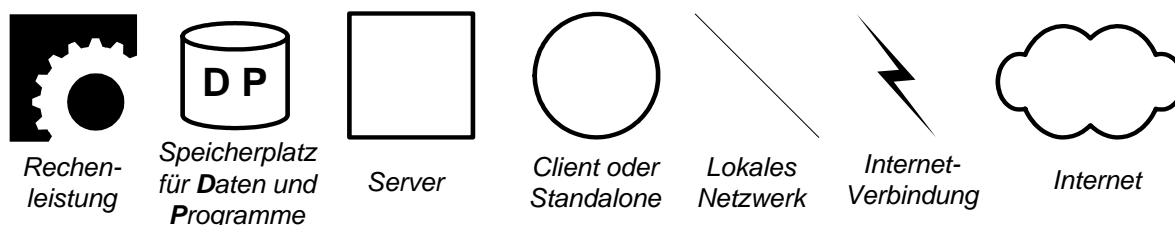


Abbildung 6-7: Symbole zur Beschreibung von verschiedenen Computerarchitekturen

6.4.3 Terminalsysteme

Terminalsysteme spielen heute in der Schule keine Rolle mehr. Es gibt zwei Gründe, sie hier trotzdem aufzuführen, einerseits zur historischen Vollständigkeit, andererseits als Vergleich zum heute aktuellen Thin Client Konzept (siehe Unterabschnitt 6.4.8). Bei Terminalsystemen

können die auf einem Hostrechner ablaufenden Programme und gespeicherten Daten von verschiedenen Terminals aus gleichzeitig benützt werden (siehe Abbildung 6-8). In den späten sechziger und den siebziger Jahren wurden Terminalsysteme auch zu Ausbildungszwecken in Hochschulen und Schulen verwendet. Bei den beiden grössten Systemen PLATO und TICCIT konnten an einem Server bis zu 1000 (PLATO) bzw. 128 (TICCIT) Terminals angeschlossen werden [Schulmeister 1996].

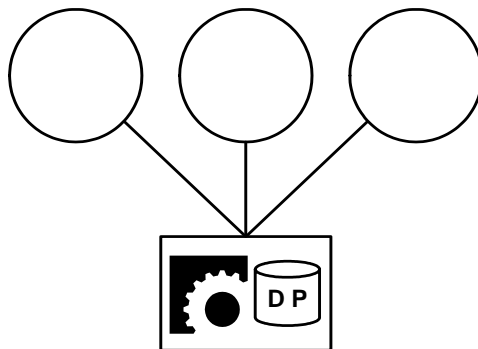


Abbildung 6-8: Time Sharing System

6.4.4 Unvernetzte Personal Computer (PC)

Mit der Präsentation des IBM PC begann 1981 das Jahrzehnt der Personal Computer. Der Name drückt den wesentlichen Unterschied zum Terminalsystem aus: Pro BenutzerIn ein Computer, auf dem sowohl Berechnungen durchgeführt als auch Daten gespeichert werden können (siehe Abbildung 6-9).

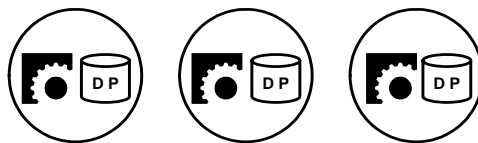


Abbildung 6-9: Unvernetzte Personal Computer

Das Konzept des unvernetzten Personal Computers in der Schule wird in letzter Zeit zu Unrecht pauschal als veraltet, nicht mehr zeitgemäss und wartungsintensiv bezeichnet. Es gibt aber weiterhin Bereiche, wo unvernetzte Computer sowohl in der Beschaffung als auch im Betrieb am kostengünstigsten sind und den Anforderungen vollständig genügen. Dazu gehört zum Beispiel der Tastaturschreibunterricht oder Einzelcomputer in Kindergarten und Primarschule, die keine Internetverbindung benötigen. Ändern sich die Anforderungen an die Geräte selten, so kann die Systeminstallation und -wiederherstellung entweder manuell oder imagebasiert per externen Datenträger vorgenommen werden (siehe Abschnitt 6.3).

6.4.5 Peer-to-Peer Systeme

Werden einzelne Personal Computer miteinander vernetzt und mit entsprechenden Programmen ausgerüstet, so entsteht ein Peer-to-Peer System, bei dem jeder Computer als Server und als Client auftreten kann (siehe Abbildung 6-10). Der Aufbau von Peer-to-Peer Systemen ist ohne grossen Aufwand möglich. Dies ist ein Grund, warum diese Architektur in Schulen zum Einsatz kommt. Allerdings können unter Umständen der Betriebsaufwand und das Si-

cherheitsrisiko sehr gross werden, wenn keine Standardisierung sicher gestellt wird und Programme und Daten ohne zentrale Kontrolle weitergegeben werden können.

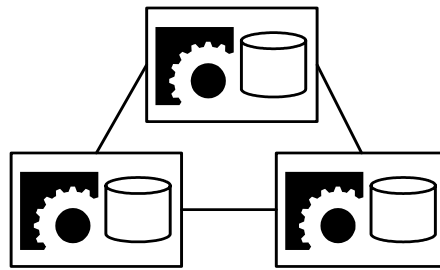


Abbildung 6-10: Peer to Peer Architektur (P2P)

Das für diese Architektur notwendige Netzwerk ermöglicht die gemeinsame Nutzung von Peripheriegeräten (z.B. Drucker oder Scanner). Dabei werden diese Geräte direkt ans Netzwerk oder aber an einen PC angeschlossen, welcher deren Benutzung den anderen Computern als Dienst anbietet.

Für Unternehmen eignet sich diese Computerarchitektur selten, da MitarbeiterInnen eines Unternehmens meist auch eine gemeinsame Datenbasis bearbeiten, die entsprechend zuverlässig verfügbar sein sollte (siehe Unterabschnitt 6.2.3). Dank der Möglichkeit der serverlosen Vernetzung (siehe Unterabschnitt 6.4.7 weiter unten) sind Peer-to-Peer Systeme auch für Schulen, die keinen Server einsetzen wollen, meist nicht mehr sehr attraktiv.

6.4.6 Client Server Systeme

Als Mischform zwischen einer zentralen und einer dezentralen Lösung konnte sich in den letzten 15 Jahren in Unternehmen die Client-Server-Architektur etablieren, bei der Daten auf einem gemeinsamen Server abgespeichert werden. Programme sind meist auf den Clients installiert, können aber ebenfalls auf dem Server liegen (siehe Abbildung 6-11). Sind Programme auf den Clients installiert, so ist eine eingeschränkte Nutzung auch beim Ausfall des Servers möglich.

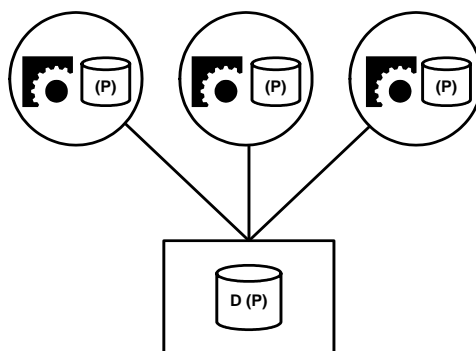


Abbildung 6-11: Client-Server Architektur

Neben der zentralen Datenspeichermöglichkeit bietet die Client-Server Architektur weitere Vorteile:

- **Zentrale Softwareverteilung:** Sind der Server und das für eine Client-Server Architektur notwendige Netzwerk leistungsfähig genug, so kann die Systeminstallation und -wiederherstellung image- oder paket-basiert über das Netzwerk erfolgen. Dies verringert den Betriebsaufwand, setzt aber entsprechendes Know-how bei der Installation und bei jeder Programmänderung voraus.
- **Zentrale Zugriffsverwaltung und Kostenabrechnung:** Ein Server ermöglicht eine zentrale Überwachung und Einschränkung der Nutzung von Computern und Peripheriegeräten. NutzerInnen müssen sich vor der Nutzung am Computer authentifizieren. Der Server kann nun die Nutzung verschiedener Dienste erlauben oder verbieten sowie deren Nutzung protokollieren. Während in Unternehmen die Kostenabrechnung eher abteilungsweit oder Projekt bezogen geschieht, können in Schulen die Kosten z.B. für Ausdrücke den Lehrpersonen und SchülerInnen persönlich weiter verrechnet oder zumindest mitgeteilt werden.

Die Client-Server Architektur bringt den grössten Nutzen bei gemeinsam genutzten Daten; sie setzt Know-how zur Systemadministration des Servers voraus. Beides ist nicht in allen Schulen gegeben. Auf vielen Schulstufen werden nicht viele Daten gemeinsam und über einen längeren Zeitraum hinweg bearbeitet, so dass der Aspekt der *gemeinsamen* Datenablage keine Vorteile bringt. Schwerer wiegen aber die Voraussetzungen für eine funktionierende Client-Server Installation. Ohne entsprechendes Know-how oder finanzielle Mittel für externe Hilfe sind Schulen oft nicht imstande, einen Server sicher und zuverlässig zu betreiben. Häufige Ausfälle oder sogar Datenverluste sind die Folgen davon. Dies erhöht die schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen (E im Systemmodell) und wirkt sich letztendlich negativ auf die Nutzung von ICT aus (N1, N2 und N3 im Systemmodell).

Obwohl somit der Einsatz einer Client-Server Architektur in Schulen problematisch sein kann, lassen sich Schulbehörden und Informatikverantwortliche oft nur schwer von der Wahl dieser Architektur abhalten. Die grosse Verbreitung dieser Architektur in der Wirtschaft und fehlendes Wissen über Alternativen dürften die Hauptgründe dafür sein.

6.4.7 Serverlose Vernetzung

Seit der grossen Verbreitung des Internets ab ca. 1995 hat sich eine weitere Computerarchitektur etabliert, welche auf lokale Server verzichtet und stattdessen im Internet verfügbare Dienste nutzt. Die Clients sind dabei autonom funktionsfähig, können aber Dienste auf Servern im Internet nutzen (siehe Abbildung 6-12).

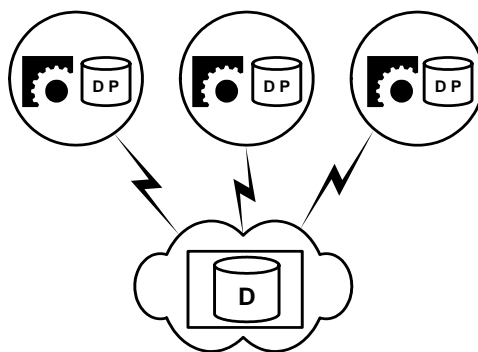


Abbildung 6-12: Serverlose Vernetzung

Die Nutzung von Diensten auf Servern im Internet kann eine Kosteneinsparung bei der Beschaffung, aber insbesondere beim Betrieb bringen. Server im Internet können von mehreren Unternehmen oder Schulen genutzt werden. Damit wird die Auslastung besser und das zum Betrieb notwendige Know-how kann zentralisiert und gemeinsam finanziert werden.

Gemeinsam genutzte Daten können auf Servern im Internet gespeichert werden, wenn kein gemeinsamer Datenspeicher zur Verfügung steht. Diese Verlagerung verschlechtert jedoch die Zugriffsgeschwindigkeit und unter Umständen auch die Verfügbarkeit und die Vertraulichkeit der Daten. Während die Zugriffsgeschwindigkeit bei grossen Datenmengen (z.B. Multimedia-Daten) sowohl für Unternehmen als auch für Schulen zum Problem werden kann, sind es bei Unternehmen auch die geringere Verfügbarkeit und Vertraulichkeit, welche gegen diese Computerarchitektur sprechen können.

Müssen keine grossen Datenmengen gemeinsam bearbeitet werden oder ist dieser Datenaustausch bilateral per externem Datenträger möglich, so ist die serverlose Vernetzung für Schulen eine brauchbare, oft sogar eine interessante Systemarchitektur. Der benötigte Systemaufwand (Variable A im Systemmodell) verringert sich durch eine geringere Komplexität des Gesamtsystems (Variable R) und eine geringere Anzahl installierter Programme (Variable P)

6.4.8 Thin Client Systeme

Bei dieser jungen Computerarchitektur handelt es sich in gewissem Sinne um eine Rückkehr zum Konzept der Terminalsysteme (siehe Unterabschnitt 6.4.3). Bei Thin Client Systemen werden mehrere Clients über ein Netzwerk an einen leistungsfähigen zentralen Server angeschlossen. Da die Arbeitsplatzrechner nur noch als Ein- und Ausgabegeräte für BenutzerInnen eingesetzt werden, benötigen sie nur eine vergleichsweise geringe Leistungsfähigkeit und werden darum *Thin Clients* genannt.

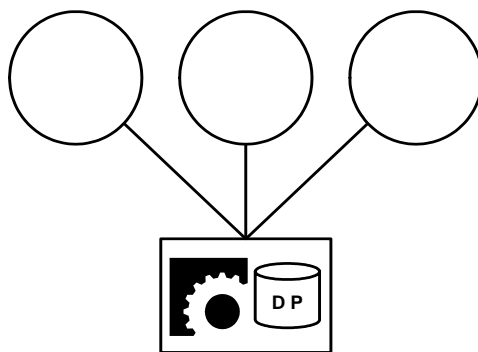


Abbildung 6-13: Thin Client Architektur mit lokalem Server

Bei der Thin Client Architektur kann der Server entweder am selben Ort wie die Clients (siehe Abbildung 6-13) oder aber irgendwo im Internet stehen (siehe Abbildung 6-14). Diese zweite Variante wird oft auch *Application Service Providing (ASP)* genannt, da der Server im Internet meist nicht von jener Organisation betrieben wird, welche die Clients nutzt.

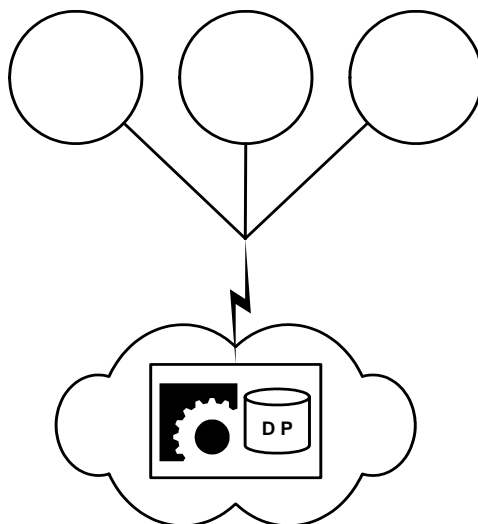


Abbildung 6-14: Thin Client Architektur mit Server im Internet

Die Thin Client Architektur bietet unter gewissen Voraussetzungen sowohl im Unternehmens- als auch im Schuleinsatz Vorteile bei Beschaffung und Betrieb:

- **Geringere Beschaffungskosten:** Da Thin Clients weder eine grosse Rechenleistung noch grosse Sekundärspeicherkapazität benötigen, sind sie im Vergleich zu voll ausgestatteten Arbeitsplatzcomputern kostengünstiger in der Beschaffung. Da steigende Leistungsanforderungen nur den Server, nicht aber die Thin Clients betreffen, können diese länger eingesetzt werden als Clients in einer Client-Server Umgebung [Aulie, Döbeli Honegger 2002].
- **Geringere Unterhaltskosten:** Die beim Einsatz von Thin Clients notwendige Standardisierung (Variable S im Systemmodell) und Zentralisierung (Variable Z im Systemmodell) verringern den benötigten Betriebsaufwand im Vergleich zu Client-Server Systemen [Aulie, Döbeli Honegger 2002].

Die Thin-Client Architektur bietet zudem Vorteile, die für Schulen besonders interessant sind:

- **Weiterverwendung bisheriger normaler Clients als Thin Clients:** Aufgrund der geringeren Leistungsanforderungen an Thin Clients lassen sich auch ältere Computer z.B. aus einer Client-Server Umgebung als Thin Clients weiter verwenden, obwohl sie als eigenständige Computer den Anforderungen nicht mehr genügen würden. Schulen können somit die Zahl der Computerarbeitsplätze erhöhen, indem sie eigene oder fremde ältere Computer als Thin Clients einsetzen [Aulie, Döbeli Honegger 2002].
- **Geringere Lärm- und Hitzeentwicklung:** Durch den Einsatz spezieller Thin Client Terminals ohne mechanische Teile lässt sich die Lärm- und Hitzeentwicklung an den Arbeitsplätzen reduzieren. In einem Raum mit vielen Computerarbeitsplätzen kann dies sogar den Einbau einer Klimaanlage überflüssig machen, was sowohl Beschaffungs- als auch Betriebskosten spart [Aulie, Döbeli Honegger 2002].
- **Geringere Vandalismus- und Diebstahl-Gefahr:** Alte Computer oder reine Thin Client Terminals, die sich nicht ohne Server betreiben lassen, sind weniger anfällig für Diebstahl und Vandalismus. Dies ist insbesondere bei unpersönlichen und nicht permanent überwachten Arbeitsplätzen relevant, wie sie oft in Schulen vorkommen [Aulie, Döbeli Honegger 2002].

Die Thin Client Architektur besitzt aber auch zwei Nachteile, die besonders auf bestimmten Schulstufen sehr relevant sind:

- **Probleme mit Multimedia-Software:** Bisherige Thin Client Lösungen eignen sich schlecht für Anwendungen mit grossem Multimedia-Anteil [Aulie, Döbeli Honegger 2002]. Die zur Darstellung von Multimedia benötigte Bandbreite zwischen Clients und Server kann zum Flaschenhals werden. Rechenintensive Programme wie CAD oder 3D-Renderer überfordern rasch die Leistungsfähigkeit heutiger Server. Das gilt aber vor allem bei synchroner Wiedergabe von Bild und Ton auf dem Client. Bisherige Übertragungs- und Darstellungsprotokolle sind noch nicht auf die Anforderungen synchroner Multimedia-Präsentationen vorbereitet. Fehlende Synchronizität von Bild und Ton kann zum Beispiel bei multimedialen Sprachlernprogrammen sehr störend wirken.
- **Probleme mit Multimedia-Hardware:** Bisherige Thin Client Lösungen sind schlecht auf den Anschluss von zusätzlichen Multimedia-Geräten wie Scanner, Digitalkamera oder Videokamera vorbereitet [Aulie, Döbeli Honegger 2002]. Dies ist für normale Büroarbeit kein Nachteil. Eigene Multimedia-Produktionen von SchülerInnen oder Lehrpersonen sind aber mit einer reinen Thin Client Architektur nicht möglich.

Es ist aufgrund des Moore'schen Gesetzes (siehe Unterabschnitt 3.2.1) zu erwarten, dass sich die Software-Probleme mit der Zeit entschärfen, da Rechenleistung und Bandbreite zunehmen. Bei den Hardware-Problemen ist eine Prognose schwieriger, da sie zu einem Teil Architektur bedingt sind und nur zum Teil von der Leistungsfähigkeit der Geräte abhängen.

6.4.9 Ausbildungsspezifische Computerarchitekturen (Bsp. Ceres)

Bei der serverlosen Vernetzung (Unterabschnitt 6.4.7) und der Thin Client Architektur (Unterabschnitt 6.4.8) zeigt sich, dass unterschiedliche Anforderungen von Unternehmen und Schulen verschiedene Computerarchitekturen favorisieren können. Während immer mehr Unternehmen von der Client-Server auf die Thin Client Architektur wechseln, ist dies bei Schulen weniger der Fall, da Anforderungen von gewissen Schulstufen mit Thin Clients nicht erfüllt werden können [Aulie, Döbeli Honegger 2002]. Umgekehrt kommen an Schulen Computerarchitekturen zum Einsatz, die sich schlecht für den verbreiteten Einsatz in Unternehmen eignen. Ein solches Beispiel serverloser Vernetzung wird in der Fallstudie im Kapitel 8 besprochen. Ein anderes Beispiel, die ETH-Eigenentwicklung *Ceres-3* soll im Folgenden betrachtet werden. Die *Ceres-3* ist in diesem Zusammenhang aus zwei Gründen interessant. Sie zeigt, dass nicht erst in den letzten fünf Jahren über optimale Computerarchitekturen für Ausbildungszwecke nachgedacht wird. Zudem sind die Überlegungen dokumentiert, die zur Wahl einer zu jener Zeit unüblichen Computerarchitektur geführt haben.

Im Rahmen des ETH-Projekts IDA (Informatik Dient Allen, [IDA 1992]) wurden 1990 vom Institut für Computersysteme der ETH Zürich zwei Computerlabors mit insgesamt 85 *Ceres-3* Maschinen ausgerüstet. Bei diesen Arbeitsplatzsystemen handelt es sich um eine Eigenentwicklung der ETH Zürich, die ausgehend von der *Lilith* über *Ceres-1* und *Ceres-2* einen grösseren Stammbaum besitzt. Bereits bei der Entwicklung der *Ceres-3* war klar, dass sie für den Ausbildungseinsatz in Computerlabors gedacht war:

Sämtliche Designentscheidungen wurden im Hinblick auf den hauptsächlichen Einsatz als Labormaschine kompromisslos den Kriterien Kompaktheit und Preisgünstigkeit untergeordnet. [Gutknecht 1992:92]

Dies führte zu folgenden Designentscheidungen:

- **(Fast) keine mechanischen Teile:**
So wurde auf eingebaute Harddisk und mechanische Kühlung ebenso verzichtet wie auf Farbmonitor. [...] Einzige Ausnahme des „vollelektronischen“ Designs bildet (vorläufig) ein mechanisches Diskettenlaufwerk [Gutknecht 1992:92].
- **Geschützter Speicherbereich für Systemsoftware:** *Um vollwertigen Ersatz eines auf Disk abgelegten Sekundärspeichers betreffend Stabilität zu bieten, muss der RAM-Disk-Bereich gegen unauthorisiertes Überschreiben geschützt werden. [...] Die Lösung [...] bestand im Einbrennen der Betriebssystemfiles in ein EPROM, welches konzeptuell als Teilbereich in die RAM-Disk integriert ist [Gutknecht 1992:93].*
- **Autonomie der Clients trotz vorhandenem Server:**
Die Ausgestaltung des Netzverbundes als eine Menge von weitgehend autonomen „Masterstationen“, die nur sporadisch über das Netz mit „Serverstationen“ verkehren, garantiert jedem Benutzer einen ungestörten Betrieb, und zwar unabhängig von der jeweiligen totalen Auslastung des Labors. Damit bleiben (im Gegensatz etwa zu disklosen SUNs im Netzverbund) die Vorteile des Konzeptes autonomer Arbeitsplatzrechner erhalten, ohne dass dabei auf die Möglichkeit von netzweiten Dienstleistungen verzichtet werden müsste. In der Tat ist die Kombination der voll-elektronischen Maschinen mit weitgehender Autonomie und superschneller Verarbeitung dank RAM-Disk der innovative Aspekt dieses Labors. [Gutknecht 1992:95].

Erste Erfahrungen nach einem Jahr Nutzung bekräftigen die Richtigkeit der getroffenen Entscheidungen:

- *Die neuartige Arbeitsweise mit den absolut geräuschlosen und superschnellen Geräten wird von den Benutzern geschätzt. [Gutknecht 1992:95]*
- *Der Server ist das kritische Element im System. Durch den Ausfall von Druckservice und zentralem Filestore für mehr als ein paar Stunden kann der Übungsbetrieb erheblich gestört werden. [Gutknecht 1992:96]*
- *Die Wartung und die Wahrung der Softwarekonsistenz ist dank Abwesenheit von Permanentspeicher ausserordentlich benutzerfreundlich. Ungefähr jede Woche wird die Serverdisk bereinigt, und jedes Semester wird das EPROM jeder Maschine mit der Basissoftware auf den neusten Stand gebracht. [Gutknecht 1992:96]*

Dies zeigt, dass bei Berücksichtigung der Bedürfnisse der Ausbildung Computerarchitekturen resultieren können, die im besprochenen Extremfall spezieller Hardware von der Industrie nicht zur Verfügung gestellt werden, sondern von der (technischen!) Hochschule selbst entwickelt werden müssen.

Trotz des erfolgreichen Einsatzes an der entwickelnden Hochschule konnte sich die Ceres-3 weder gross an anderen Hochschulen verbreiten noch gab es Nachfolgeprodukte. Mit ein

Grund dafür dürfte der grosse Entwicklungsaufwand sein, der selbst für ein Institut, welches in diesem Bereich forscht, nicht einfach zu leisten war [Gutknecht 1992:94].

In den letzten Jahren sind keine schulspezifischen Computerarchitekturen mehr entwickelt worden, die eine weitere Verbreitung gefunden hätten. Dafür entstanden aber schulspezifisch vorkonfigurierte Ausgaben von Betriebssystemen oder auf die Bedürfnisse von Schulen ausgerichtete Aufsätze auf bestehende Betriebssysteme. Im Vergleich zu schulspezifischer Hardware ist bei schulspezifischer Software seit der breiten Verfügbarkeit des Internets sowohl die verteilte Entwicklung als auch die Verteilung viel einfacher.

6.5 *Dilemma zwischen Standardisierung und Flexibilität*

6.5.1 **Problematik**

Automatisierung ist grundsätzlich auch Standardisierung. Der Automatisierungsaufwand ist sehr ungleich verteilt. Grob 80% der ähnlich gelagerten Fälle lassen sich mit 20% des Aufwandes erledigen. 80% des Aufwandes werden für die Behandlung der 20% Spezialfälle benötigt. Diese als *Pareto-Prinzip* oder *80-20-Regel* bekannte Tatsache ([Zehnder 2001]) gilt nicht nur für die Automatisierung von Anwendungsprozessen mit Hilfe von Informatikmitteln, sondern oft auch für den Betrieb von Informatikmitteln selbst.

Kosteneinsparungen durch Automatisierung bedingen jedoch eine starke Standardisierung, da ansonsten die Behandlung der Sonderfälle die möglichen Einsparungen wieder zunichte machen [Bauknecht, Zehnder 1996:111]. Damit kommt es beim Einsatz von Informatikmitteln zum Dilemma zwischen Standardisierung und Flexibilität. Für eine optimale Effektivität ist grösstmögliche Flexibilität gefragt, optimale Effizienz verlangt hingegen nach einer grösstmöglichen Standardisierung.

Die Geschäftsanforderung zur gemeinsamen Datennutzung (siehe Unterabschnitt 6.2.3), die Entwicklung von auf Geschäftsbedürfnisse zugeschnittenen Standardprogrammen in den letzten Jahrzehnten und der Kostendruck haben in Unternehmen zu einer weit gehenden Standardisierung der Arbeitsplatzrechner der Mitarbeitenden geführt. Insbesondere grosse Unternehmen betreiben eine Flottenpolitik, definieren unternehmensweit die eingesetzten Programme und Programmversionen und beschränken die Konfigurationsmöglichkeiten der Mitarbeitenden auf ein Minimum [Kobler, Randegger 2001]. Der Trend weg von voll ausgerüsteten Arbeitsplatzrechnern zu Thin Clients ohne Anschlussmöglichkeiten für externe Geräte und Datenträger verstärkt diese Entwicklung zur Einschränkung der Flexibilität zusätzlich.

Die Anforderungen an Informatikmittel in Schulen unterscheiden sich diesbezüglich stark von denjenigen in Unternehmen. Bisher werden wenig Daten schulweit gemeinsam genutzt und im Gegensatz zu etablierten Programmen für die tägliche Büroarbeit existiert noch kein vergleichbarer Standard für Lehr- und Lernprozesse in Schulen. In Schulen werden Computer oft auch für Multimedia-Konsumation und -Produktion verwendet. Dies alles hat zur Folge, dass auf Schulcomputern mehr und häufiger Programme installiert werden als auf Arbeitsplatzrechnern in Unternehmen (siehe Unterabschnitt 6.2.2). Insbesondere beim Ausprobieren von Lernsoftware möchte die Lehrperson dies rasch und unkompliziert tun können.

Werden die restriktiven Einstellungen aus der Unternehmenswelt für Schulen übernommen, so hilft dies zwar, den Betriebsaufwand zu minimieren. Die Einsatzmöglichkeiten und die Effektivität der Informatikmittel wird aber dadurch unter Umständen stark eingeschränkt.

6.5.2 Lösungen

Diesem Dilemma zwischen bestmöglicher Wartbarkeit und grösstmöglicher Flexibilität für BenutzerInnen kann auf zwei Arten begegnet werden: Entweder durch geeignete Image & Restore-Mechanismen oder durch Unterscheidung von produktiven und experimentellen Informatikmitteln.

Bei der gebräuchlicheren Variante werden durch geeignete Massnahmen Konfigurationsänderungen am Arbeitsplatzrechner gar nicht dauerhaft gespeichert oder bei Bedarf mit geringem Aufwand wieder auf eine zuvor definierte Standardkonfiguration zurückgesetzt. Dazu kommen meist Image-Konzepte zum Einsatz, die auch zur Systeminstallation und -Wiederherstellung verwendet werden (siehe Abschnitt 6.3). Bei dieser Lösung wird den Benutzern grosse Freiheit bei der Nutzung der Informatikmittel gegeben. Gleichzeitig müssen die BenutzerInnen aber auch eine gewisse Verantwortung für ihr Tun übernehmen, da sie bei Problemen unter Umständen die Konsequenzen des Rücksetzens des Computers auf den Standardzustand zu tragen haben.

Die andere Variante besteht darin, zwischen produktiven und experimentellen Informatikmitteln zu unterscheiden und unterschiedliche Berechtigungen zu vergeben. Dabei werden die für den Unterrichtseinsatz gedachten Geräte relativ restriktiv konfiguriert; daneben stehen aber besondere Experimentalgeräte zur Verfügung, auf denen neue Hard- und Software getestet werden kann.

Beide Varianten tragen dazu bei, die Komplexität der ICT-Infrastruktur (R) zu verringern, indem zusätzliche Software entweder nicht dauerhaft oder nicht auf den produktiven Arbeitsgeräten installiert wird. Damit wird die dritte in Unterabschnitt 5.3.5 besprochene negative Rückkoppelung (Abbildung 5-8) abgeschwächt.

7 NOTEBOOKS ALS BEISPIEL SICH WANDELNDER COMPUTERNUTZUNG

7.1 Motivation

7.1.1 Markttendenzen zu Gunsten von Notebooks

Abbildung 7-1 zeigt die Zahl der verkauften Computer in der Schweiz im Zeitraum 1996 bis 2002 aufgeteilt nach Desktop- und Notebookgeräten. Deutlich ist die absolute wie auch die relative Zunahme der Notebookverkäufe zu erkennen. Notebooks machten 1996 einen Anteil von 16% der verkauften Computer aus, während der Anteil im Jahr 2002 auf 30% geschätzt wird.

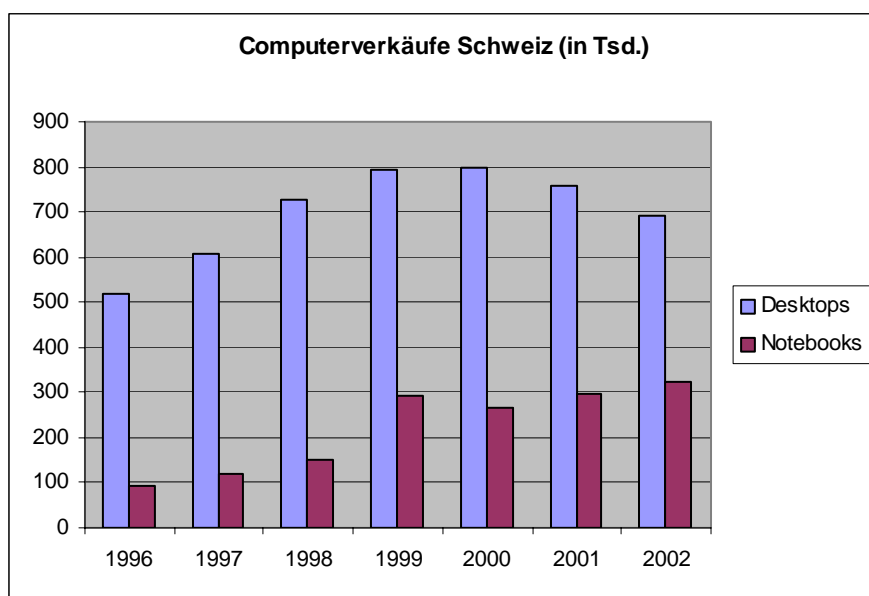


Abbildung 7-1: Verkaufte Desktops und Notebooks in der Schweiz von 1996 bis 2002 (ohne Server, 2002 Schätzung), Quelle: [Weiss 2003]

<p>Notebook :</p>	<p><i>Mobiler Computer mit integrierter Tastatur und Flachbildschirm im aufklappbaren Deckel in etwa A4-Grösse mit ähnlicher Hard- und Softwareausstattung wie übliche Desktop-Computer. Ein Notebook verfügt über einen Akku, welcher während mindestens einer Stunde den Betrieb ohne Anschluss ans Stromnetz ermöglicht.</i></p>
--------------------------	--

Diese Verdoppelung des Notebookanteils bei Neugeräten auf ca. 1/3 in den letzten 5 Jahren ist eine Folge des in Unterabschnitt 3.2.1 diskutierten Gesetzes von Moore. Dank der steten Miniaturisierung und Leistungssteigerung von elektronischen Bauteilen ist die für normale Computerarbeit notwendige Leistung unterdessen problemlos in einem mobilen Gerät unterzubringen. Diese Entwicklung hat nicht nur technische Konsequenzen. Der zunehmende Einsatz von Notebooks ist auch ein Abbild wandelnder Computernutzung, welche über die Technik hinausgeht und Fragen der Organisation und der Finanzierung aufwirft.

7.1.2 Grundsatzforderungen nach persönlichen Notebooks für SchülerInnen

Visionen und Forderungen, alle SchülerInnen mit persönlichen Notebooks auszurüsten sind um einiges älter als die oben beschriebenen Marktangebote. Im deutschen Sprachraum sind insbesondere HAEFNERs entsprechende Forderungen bekannt, der bereits 1982 davon sprach, alle SchülerInnen zwar nicht mit Notebooks, aber doch mit persönlicher Informationstechnik als Lernmittel auszustatten [Haefner 1982:267]. Ende der Neunziger-Jahre postuliert er mehrfach, dass persönliche Notebooks für SchülerInnen finanzierbar wären, wenn diese flächendeckend beschafft würden (z.B. in [Haefner 1998] und [Haefner 1999]).

Die Marktentwicklungen der letzten Jahre von Desktops in Richtung Notebooks und die Forderungen nach persönlichen Notebook für alle SchülerInnen sind zwei Gründe, warum das Thema *Notebooks statt Desktops* für Schulen immer wichtiger wird. Im Rahmen dieser Arbeit dient die Verschiebung von Desktops zu Notebooks als Beispiel einer technologischen Veränderung, die nicht nur technische Konsequenzen hat.

7.2 Notebookeinsatz in Unternehmen

Im Rahmen einer Semesterarbeit am Institut für Informationssysteme der ETH Zürich wurden zwischen Oktober und Dezember 2001 19 grosse Schweizer Unternehmen mit Notebookflotten befragt [Kobler, Randegger 2001]. Ziel der Arbeit war das Finden von Konzepten und Vorgehensweisen, die sich auch beim Notebookeinsatz an Schulen und Hochschulen anwenden lassen. Diese Semesterarbeit berücksichtigt nur grosse Unternehmen und von diesen nur solche, die koordiniert Notebooks einsetzen (keine Einzelgeräte). Dies entspricht am ehesten den Rahmenbedingungen von Notebookprojekten an Schulen oder Hochschulen. Aus dieser Untersuchung lassen sich folgende Aussagen zum koordinierten Notebookeinsatz in Unternehmen zusammenfassen:

- **Einsatzgründe und -arten:** Als Gründe für den Einsatz von Notebooks werden oft Flexibilität und Mobilität genannt. Neben den AussendienstmitarbeiterInnen (der Finanz- und Versicherungsbranche) ist es vor allem das höhere Management, welches mit Notebooks ausgestattet wird. Ob Notebooks als Ergänzung oder als Ersatz zu

Desktops eingesetzt werden, ist je nach Branche unterschiedlich [Kobler, Randegger 2001: 9].

- **Standardisierung:** Eine einheitliche Modell- und Markenpolitik wird von den meisten Unternehmen als zentrales Mittel zur Senkung der Betriebskosten genannt. So betreiben nur 3 der 19 befragten Unternehmen Notebooks mehrerer Hersteller und in den seltensten Fällen sind mehrere Betriebssysteme im Einsatz (ausser während Migrationen). Allgemein wird betont, dass durch Hard- und Softwarestandardisierung in den letzten Jahren die Gesamtkosten massiv gesenkt werden konnten [Kobler, Randegger 2001: 10].
- **Einsatz- und Abschreibungsdauer:** Notebooks werden durchschnittlich in Unternehmen bereits nach 3.1 Jahren ausser Betrieb genommen. [Kobler, Randegger 2001: 12]
- **Administrationsrechte des Mitarbeiters:** Gemäss der Befragung erlauben nur wenige Unternehmen ihren MitarbeiterInnen die Installation zusätzlicher Programme auf den Geräten oder deren private Nutzung. Selbständige Softwareinstallation wird technisch oder durch vertragliche Massnahmen unterbunden. Nur 3 der 19 Unternehmen erlauben das uneingeschränkte Installieren zusätzlicher Software. Es handelt sich dabei um Beratungsunternehmen, deren MitarbeiterInnen ansonsten in ihrer Geschäftstätigkeit behindert würden.
- **Probleme:** Als Hauptprobleme beim Notebookeinsatz werden häufige Hardware-schäden (Bildschirm, Tastatur, Steckverbindungen) genannt, die dann im Vergleich zu Desktops aufwändiger zu reparieren sind. In gewissen Firmen ist aufgrund der Mobilität der Geräte die *Inventarisierung* und *Softwareverteilung* schwieriger als bei Desktops. [Kobler, Randegger 2001: 30].
- **Zukunftsansichten:** Aufgrund der Befragungen ist noch kein einheitlicher Trend zu oder bereits wieder weg von Notebooks erkennbar. Die Unternehmen sind oft selbst noch daran, Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen [Kobler, Randegger 2001: 32].

Notebooks kommen somit in grossen Unternehmen mit klar definiertem Nutzen und zunehmend kalkulierbarem Aufwand zum Einsatz.

7.3 *Notebookeinsatz in Schulen*

7.3.1 **Einsatzarten**

Auch in der Schule werden Notebooks seit längerem eingesetzt. Bisher am häufigsten war der Einsatz einzelner Geräte. Danach folgt der *Notebookpool*, eine Menge gleicher Notebooks in ausreichender Zahl, so dass in einer Klasse entweder alle SchülerInnen einzeln oder zu zweit mit einem Gerät arbeiten können. Im Weiteren gab es in den vergangenen Jahren zahlreiche Pilotprojekte im englischen Sprachraum (z.B. [Rockman 1997], [Rockman 2000], [AAL 2000]) aber auch im deutschen Sprachraum [Engelen 2000], bei welchen *alle* SchülerInnen ein Gerät zur Verfügung haben. Solche Konzepte werden im Folgenden als *Ein Notebook pro StudentIn* (abgekürzt ENpS) bezeichnet.

Neueren Datums ist die Tendenz, für bestimmte Schulstufen ENpS-Konzepte flächendeckend zu planen oder sogar umzusetzen. Dies geschieht mehrheitlich in der Berufsbildung, insbesondere in kaufmännischen und informatiknahen Ausbildungen und auf Hochschulstufe. Als Beispiele aus der Schweiz seien entsprechende Pläne bei der Reform der kaufmännischen Berufslehre [Herth 2002], in Informatikmittelschulen (Sekundarstufe II) und an der ETH Zürich (Projekt Neptun, [Kraus 2002], Tertiärstufe) genannt.

7.3.2 Einsatzgründe

Die **grössere Mobilität** ist wie in der Wirtschaft ein Grund für den Einsatz von Notebooks. Die Geräte können flexibel an verschiedenen Orten eingesetzt werden. Labor, Biotop oder Exkursion sind Beispiele innerhalb des Schulbetriebs. Bei gewissen Nutzungsarten können SchülerInnen die Geräte auch nach Hause nehmen, entweder täglich oder in den Schulferien.

Daneben existieren auch primär schulspezifische Einsatzgründe:

- **Geringer Platzbedarf:** Bei üblichen Schulzimmern ist die Unterbringung von Informatikmitteln oft schwierig. Notebooks benötigen weniger Platz als Desktops und können bei Nichtbenützung rasch weg gestellt werden.
- **Nutzung bisher untergenutzter Flächen:** Mensen und Lichthöfe wurden bisher in Schulen wenig oder gar nicht für die Ausbildung genutzt. So waren beispielsweise vor der Installation eines Funknetzes die Essräume der Hauptmensa der ETH Zürich nur zu den Essenszeiten zugänglich. Bei Gruppenarbeit oder Selbststudium wird aber mehr Platz benötigt als bei klassischem Unterricht. Notebooks lassen sich problemlos transportieren und an bisher wenig genutzten Orten einsetzen. In gewissen Fällen können dadurch spezielle Computerräume eingespart werden [LeBlanc, Teal 1998], [Schmitt 2001].
- **Stromverbrauch und Wärmeentwicklung:** In gewissen Schulhäusern können der Stromverbrauch und die Wärmeentwicklung von Desktops zu einem Problem werden, wenn ein ganzer Computerraum eingerichtet werden soll. Muss die elektrische Installation erneuert oder eine Klimaanlage installiert werden, so hat dies gravierende Folgen für die Gesamtkosten. Neuere Desktops mit Flachbildschirmen haben dieses Problem zwar entschärft, aber tendenziell sind Notebooks noch immer deutlich sparsamer in Stromverbrauch und Wärmeentwicklung.
- **Höherer Nutzungsgrad durch grössere Mobilität:** Durch die grössere Mobilität können Notebooks rascher von verschiedenen NutzerInnen eingesetzt werden. Im Gegensatz zu einem Desktop kann ein Notebook ohne grossen Aufwand von einem Schulzimmer in ein anderes verschoben werden.

7.3.3 Standardisierung

In Unternehmen trägt die Standardisierung von Notebookhardware unbestritten zur Kostensenkung bei [Kobler, Randegger 2000]. Im Schulbereich ist deshalb ebenfalls eine möglichst einheitliche Ausrüstung wünschbar. Werden die Geräte aber durch die SchülerInnen (bzw. deren Eltern) beschafft und finanziert, so ist eine solche Standardisierung nicht ohne weiteres durchzusetzen. Ein weiteres Problem ist die Kürze der Produktzyklen bei Notebooks. Selbst grosse Hersteller können die Verfügbarkeit von Notebookmodellen, die für Schulen erschwinglich sind, nicht über ein halbes Jahr garantieren [Kraus 2002].

7.4 *Notebooks als Herausforderung*

7.4.1 Notebooks sind anspruchsvoller als Desktops

Der Betrieb von Notebooks ist in verschiedener Hinsicht anspruchsvoller und aufwändiger als derjenige von Desktop-Geräten. Einerseits wegen technischer Aspekte, andererseits wegen organisatorischer Probleme, die sich aus der flexiblen und mobilen Nutzung ergeben. Im Folgenden betrachten wir technische und organisatorische Aspekte, die sowohl in Unternehmen als auch in Schulen mehr oder weniger stark in Erscheinung treten und anschliessend *schulspezifische Aspekte*, die in Unternehmen nicht zu beobachten sind.

7.4.2 Technische Aspekte in Unternehmen und Schulen

- **Komplexer in Installation und Betrieb:** Notebooks sind in Bezug auf Hardware und Betriebssystem komplexer als Desktops, da sie mit wandelnden Umgebungen und Betriebsbedingungen zurecht kommen müssen. Das *Energiemanagement* bietet nicht nur im Betrieb zahlreiche Einstellmöglichkeiten. Auch beim Abschalten ist zwischen Standby, Hibernate und Shutdown zu unterscheiden. Die *Netzwerkconfiguration* muss oft nicht nur zwischen unterschiedlichen LANs umschalten können, sondern auch Modem- und Wireless-Verbindungen verwalten können. Schliesslich bietet die zahlreiche, je nach Standort unterschiedliche, im Betrieb zu- oder abschaltbare *Peripherie* (externe Maus, externer Bildschirm, Drucker) noch einmal viele Konfigurationsmöglichkeiten. Dies alles bleibt nicht ohne Auswirkungen auf den Installations- und Betriebsaufwand. Sowohl bei der erstmaligen Installation als auch bei der späteren Fehlersuche hat diese Komplexität einen im Vergleich zu Desktops höheren Betriebsaufwand zur Folge.
- **Anfälliger auf Defekte:** Notebooks werden physisch stärker belastet als Desktopgeräte. Sie werden auf- und zugeklappt und (unsanft) transportiert und oft werden im täglichen Gebrauch zahlreiche Steckverbindungen beansprucht. Dies hat sowohl in Unternehmen als auch in Schulen eine im Vergleich zu Desktops höhere Defektrate zur Folge [Kobler, Randegger 2001:30], [Döbeli Honegger, Stähli 2001:34].
- **Schwieriger und teurer in der Reparatur:** Bedingt durch die gedrängte Bauweise von Notebooks sind Reparaturen aufwändiger und damit teurer als bei Desktops [Döbeli Honegger, Stähli 2001:61].
- **Ersatzteilbeschaffung schwieriger:** Im Gegensatz Desktops sind Ersatzteile von Notebooks weit weniger standardisiert. Man ist somit auf Originalteile des Herstellers angewiesen [Döbeli Honegger, Stähli 2001:61]. Dies erschwert und verteuert die Reparatur, wenn sie nicht gar mangels Ersatzteilen unmöglich wird.
- **Kürzere Nutzungsdauer:** Da bei Notebooks im Vergleich zu Desktops die Bauteile kleiner und Strom sparender sein müssen, ist ihre Leistungsfähigkeit im Vergleich zu Desktops geringer. Die Nutzungsdauer von Notebooks ist darum kürzer als bei Desktops, da sie nach kürzerer Zeit von neueren Programmen überfordert werden.

7.4.3 Organisatorische Aspekte in Unternehmen und Schulen

Neben den rasch einsichtigen technischen bietet der Betrieb von Notebooks aber auch organisatorische Herausforderungen, die nicht immer offensichtlich sind:

- **Geringere Geräteverfügbarkeit für Betriebsarbeiten:** Im Gegensatz zu Desktops, die nachts und über das Wochenende für Administrations- und Wartungsarbeiten meist alle vor Ort verfügbar sind, fehlen bei Notebooks solche Totzeiten. Betriebsarbeiten müssen somit mit den BenutzerInnen koordiniert werden [Kobler, Randegger 2001:30], [Döbeli Honegger, Stähli 2001:62].
- **Sicherheit:** Notebooks sind anfälliger auf Geräte-Diebstahl und daraus folgend Datendiebstahl. Für Unternehmen ist der Datendiebstahl meist gravierender als der Gerätediebstahl und er lässt sich schlecht versichern. Bei Schulen ist es umgekehrt. Meist sind keine vertraulichen Daten auf den Geräten gespeichert, aber der Verlust des Gerätes wirkt schwerer; trotzdem wird meist aus Kostengründen auf den Abschluss einer Diebstahlversicherung verzichtet. Da Schulhäuser im Gegensatz zu Firmengebäuden nachts nicht bewacht werden, ist die Diebstahlgefahr in Schulen höher.
- **Aufwändigeres Strommanagement:** Aktuelle Batterien sind nicht leistungsfähig genug, um ein Notebook einen ganzen Arbeits- oder Schultag mit Energie versorgen zu können. Werden die Geräte intensiv genutzt, müssen entweder mehrere Batterien beschafft oder genügend Strom-Steckdosen installiert werden. Die zweckmässige Installation von Steckdosen in Schulzimmern ist nicht immer einfach, insbesondere wenn die Mobilität der SchülerInnen-Pulte nicht beeinträchtigt werden soll. [Döbeli Honegger, Stähli 2001: 42-44]

7.4.4 Schulspezifische Aspekte

Neben den oben genannten Aspekten gibt es bei Notebooks schulspezifische Herausforderungen, von denen die Unternehmen nicht oder in weit geringerem Ausmass betroffen sind:

- **Gewicht der Notebooks:** Werden die Notebooks von den SchülerInnen auch nach Hause genommen, so spielt das Gewicht der Geräte eine grosse Rolle. Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass auch persönliche Notebooks nicht dazu führen, dass SchülerInnen weniger Papier herum tragen. Zu diesem Papier kommen oft das Musikinstrument und die Sporttasche [Vorndran 2000], [Döbeli Honegger, Stähli 2001].
- **Erschwerte Mobilität von Notebookpools:** Viele Schulhäuser sind zwar mehrstöckig, verfügen aber im Gegensatz zu Bürogebäuden nicht über einen Lift. Das Transportieren eines Notebook-Pools mit einem Notebook-Wagen ist somit nicht über mehrere Stockwerke möglich. Ohne Wagen ist es einer einzelnen Person aber nicht möglich, einen ganzen Notebook-Pool alleine zu transportieren, was den organisatorischen Aufwand zur Nutzung eines Notebook-Pools erhöht.

Gewisse Probleme ergeben sich erst bei persönlichen Notebooks (ENpS-Konzepte):

- **Steigende Ansprüche im Laufe der Zeit:** Bei persönlichen Notebooks im Eigentum der SchülerInnen entsteht die paradoxe Situation, dass während der Verweildauer an einer Schulstufe die relative Leistungsfähigkeit des Geräts sinkt, während die SchülerInnen damit zunehmend grössere und komplexere Aufgaben zu lösen haben. So ist nach 3-4 Jahren die Abschlussarbeit einer Schulstufe mit einem Gerät zu erstellen,

welches das Ende seiner Einsatzdauer aufgrund von Abnutzung und gestiegenen Ansprüchen erreicht hat [Brown et al. 1998], [Döbeli Honegger, Stähli 2001].

- **Finanzierung:** Bei persönlichen Geräten der SchülerInnen muss die Frage der Finanzierung gelöst werden. Durch wen (Schule / Eltern / Lehrbetrieb) und wie (Kauf / Leasing / Miete) werden die Notebooks finanziert? Sollten sich auf Grund der Kosten nicht alle SchülerInnen ein Notebook leisten können, stellt sich die Frage der Chancengleichheit [LeBlanc, Teal 1998], [Döbeli Honegger, Stähli 2001:79].
- **Weisungsbefugnis bei SchülerInnennotebooks:** In Unternehmen bestimmen diese, welche Administrationsrechte die MitarbeiterInnen auf einem Notebook haben. In der Schule ist die Situation manchmal nicht so eindeutig. Bei privat finanzierten oder privat beschafften Geräten ist nicht selbstverständlich, dass die Schule gewisse Vorgaben zur Installation machen darf. Dies hat Auswirkungen auf die Sicherheit und den Betriebsaufwand.
- **Lizenzfragen:** Verschiedene Softwarehersteller bieten Schulen *Campus-Lizenzen* zu Spezialkonditionen an, mit denen eine beliebige Zahl der lizenzierten Software auf Schulcomputern installiert werden darf. Solche Lizenzen erlauben nicht immer die Installation der entsprechenden Software auf privaten Geräten von SchülerInnen. Die Klärung solcher Fragen erhöht den Gesamtaufwand.

7.5 Einfluss von Notebooks auf Nutzung und Betriebsaufwand

Fasst man die Erkenntnisse der vorangehenden Abschnitte zusammen und überträgt sie auf das in Kapitel 1 eingeführte Systemmodell, so ergibt sich Abbildung 7-2. Dank der Mobilität der Geräte erhöht sich deren Zugänglichkeit (C). Dies ermöglicht eine Erhöhung der Nutzung (N1, N2, N3). Gleichzeitig erhöht sich aber auch der Betriebsaufwand, da die Komplexität der Systeme zunimmt (R) und eine zentrale Software-Wartung (Z) erschwert wird.

Wird sogar ein ENpS-Konzept eingeführt, verändert sich das Bild noch stärker (Abbildung 7-3). Am offensichtlichsten ist dabei die Zunahme der Anzahl Geräte (O). Die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur (C) ist damit natürlich gegeben. Gleichzeitig erhöht dies aber den benötigten Betriebsaufwand (A). Dieser erhöhte Aufwand wird durch zwei Effekte abgeschwächt. Erfahrungen zeigen, dass SchülerInnen zu persönlichen Geräten besser Sorge tragen als zu Schulgeräten. Zudem können sie ab einem bestimmten Alter gewisse Betriebsaufgaben für das eigene Notebook selbst übernehmen (G), was sich ebenfalls positiv auf die Funktionsfähigkeit der Geräte auswirkt (B). Die restlichen Einflussfaktoren sind identisch zur Situation „Notebooks statt Desktops“ (Abbildung 7-2).

7.6 Zukünftige Entwicklungen

7.6.1 Weitere Zunahme des Notebookanteils am Gerätepark

Die in Unterabschnitt 7.1.1 beschriebene Markttendenz zu Gunsten von Notebooks wird mittelfristig weiter bestehen. Die Preisdifferenz zwischen Notebooks und Desktops nimmt weiterhin ab, während die für Standard-Anwendungen benötigte Leistung von immer preisgünstigeren Notebooks erfüllt wird.

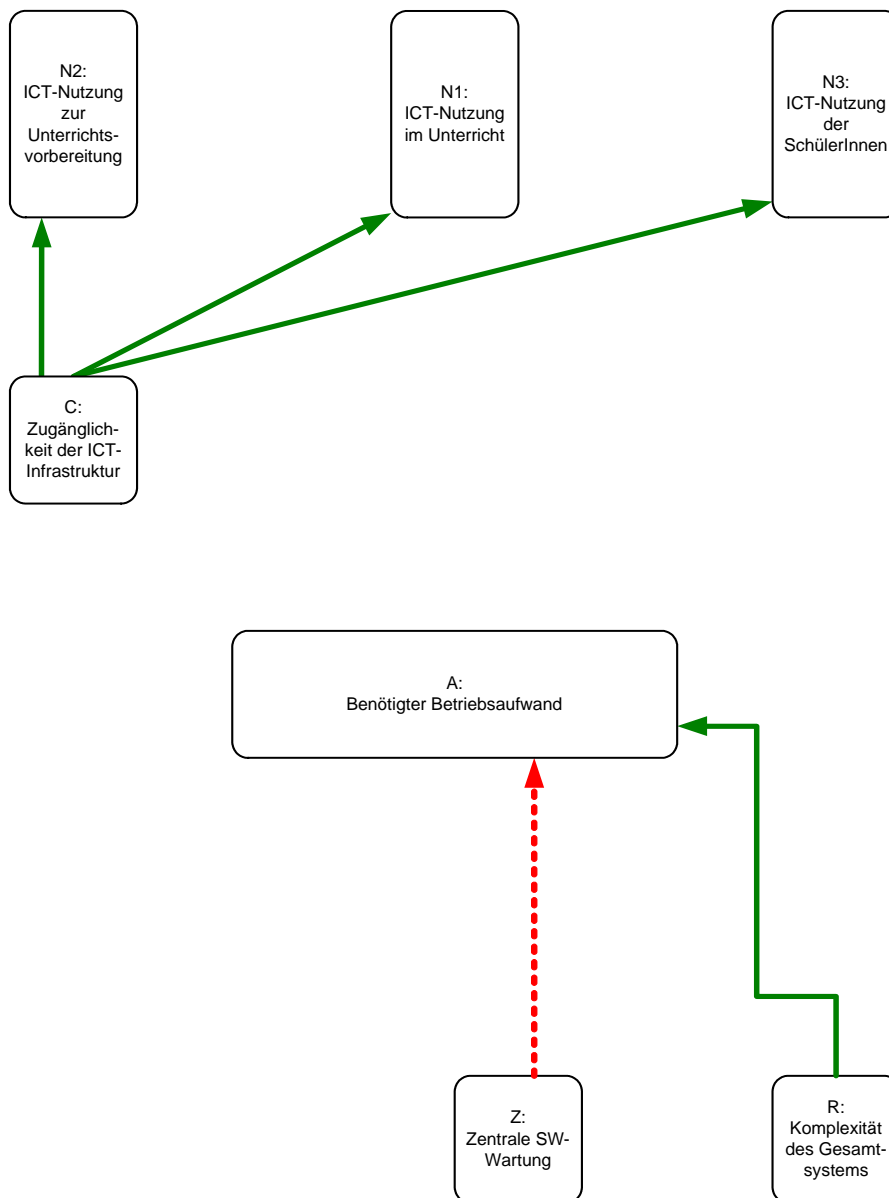


Abbildung 7-2: Direkte Auswirkungen von „Notebooks statt Desktops“ auf Nutzung und Betriebsaufwand

7.6.2 Ernüchterung bei ENpS-Projekten

Kurzfristig herrscht derzeit Ernüchterung bei Notebookprojekten, die das ENpS-Konzept umsetzen möchten. So schreibt beispielsweise HERTH als Fazit eines ENpS-Pilotprojekts der grössten schweizerischen kaufmännischen Berufsschule (KV Zürich Business School):

Ganz klar hat sich gezeigt, dass das Konzept «ein Notebook pro Schüler» zum heutigen Zeitpunkt nicht realisierbar ist. Es muss aber als Vision für die Zukunft beibehalten werden. Inzwischen haben sich die Kapazitäten der Datenübertragung verbessert, der Support ist eingespielt. Ein politisches Problem ist die Finanzierung, zumal die gleichen Notebooks aus Sicherheits- und Konfigurationsgründen kaum in der Schule und am Arbeitsplatz einsetzbar sind.[Herth 2002]

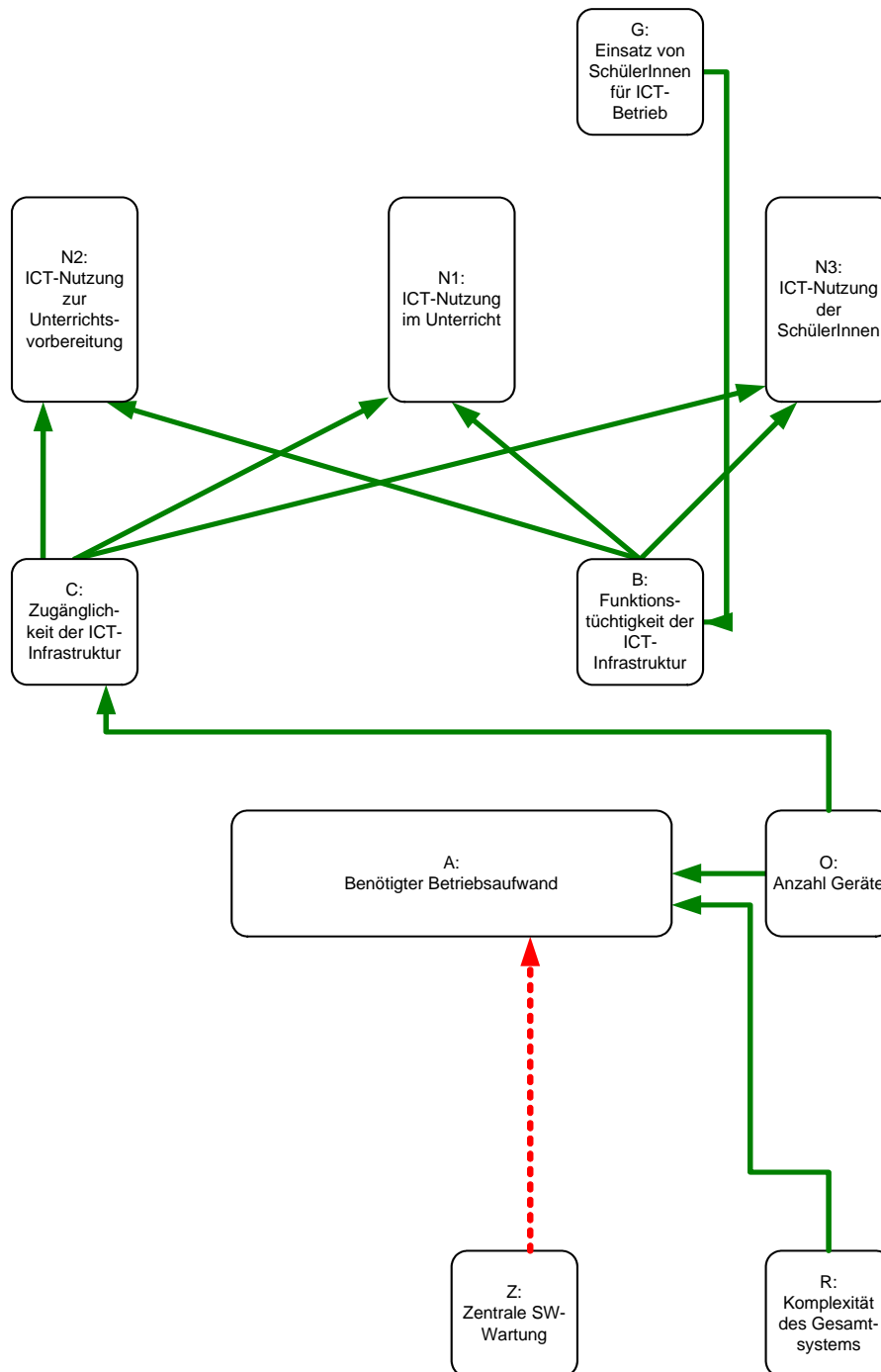


Abbildung 7-3: Direkte Auswirkungen eines ENpS-Programms auf Nutzung und Betriebsaufwand

Während bei HERTH primär finanzielle Gründe gegen ENpS sprechen, stellt SCHAUMBURG als Fazit ihrer Untersuchung des ENpS-Projekts von Gütersloh die Frage der *Effektivität*:

Angesichts der skizzierten Vorbehalte wird eine breite bildungspolitische Initiative zur Integration mobiler Computer in der Schule skeptisch beurteilt. Insbesondere sollte ihr schliesslich eine sorgfältige Evaluation von alternativen Maßnahmen zur Innovation der Unterrichtspraxis (z. B. Verbesserung der Lehreraus- und fortbildung, Verringerung der Klassenstärken, Erweiterung des Kursangebots, Schulentwicklungsmaßnahmen) vorausgehen um zu klären, ob sich mit vergleichbarem oder geringerem finanziellen Aufwand nicht ein ähnlicher oder gar stärkerer Effekt zur Verbesserung des schulischen Lernens erzielen lässt. [Schaumburg 2002a]

Diese Ernüchterung folgt auf eine Phase überhöhter Erwartungen, in welcher angenommen wurde, dass im Jahre 2005 alle Schülerinnen und Schüler mit eigenem Notebook zur Schule kommen würden. Damit folgt die Diskussion um persönliche Notebooks der in Unterabschnitt 3.2.5 diskutierten Hype-Cycle-Kurve.

7.6.3 Technologische Entwicklungen

Längerfristig sind aus technologischer Sicht heute mehrere Tendenzen absehbar. Das Moore'sche Gesetz (siehe Unterabschnitt 3.2.1) hat eine andauernde Miniaturisierung der Geräte und Verbilligung der Rechenleistung zur Folge. *Handheld Computer* (auch *Pocket PC* oder *Palm Computer* genannt) erreichen die Leistungsfähigkeit früherer Personal Computer in der Grösse und zu einem Preis früherer Taschenrechner. Im englischsprachigen Raum sind bereits entsprechende Erfahrungen vorhanden (z.B. [Soloway et al. 2001] in den USA und [Perry 2003] in England).

Die Rechenleistung heutiger Prozessoren hat auch die Qualität der Handschriftenerkennung so erhöht, dass Notebooks mit eingebauter Handschriftenerkennung auf dem Bildschirm, so genannte Tablet PCs, möglich wurden. Tablet PCs erhöhen die Anwendungsmöglichkeiten nochmals, da sich die Vorteile eines Schreibblocks mit den Vorteilen eines Computers kombinieren lassen. Mit der Veröffentlichung des um Funktionen für Tablet PC erweiterten Betriebssystems *Windows XP for Tablet PC* hat die Firma Microsoft die Voraussetzungen für eine grössere Verbreitung dieser Technologie geschaffen. Ob und wie sie sich in der Schule durchsetzen wird, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht sagen.

7.7 Diskussion

In diesem Kapitel konnten anhand der Entwicklung von Desktop-Geräten zu Notebooks zwei Besonderheiten des Informatikmitteleinsatzes in Schulen beispielhaft aufgezeigt werden:

1. Trotz identischer Grundstrategien unterscheiden sich die Umsetzungen in Unternehmen und Schulen aufgrund unterschiedlicher Voraussetzungen und Möglichkeiten deutlich voneinander. Konzepte aus Unternehmen lassen sich nicht ohne weiteres auf Schulen übertragen.
2. Die in Kapitel 3 vorgestellten Modelle zur Beschreibung temporaler Aspekte des Technologie- und Informatikmitteleinsatzes (Abbildung 7-4) gelten auch für Schulen und können zur Erklärung und Planung einer schulischen Informatikstrategie verwendet werden.

Moore'sches Gesetz: Die Entwicklung von Notebooks und deren leistungsmässiges Aufholen zu Desktop-Computern kann mit Hilfe des Gesetzes von Moore erklärt werden. Aufgrund der weiteren Gültigkeit des Moore'schen Gesetzes kann auch eine weitere Miniaturisierung und Leistungssteigerung erwartet werden.

Phasenmodell von Nolan: Nach den ersten Pionierprojekten mit Notebooks (*Initiation-Phase*) folgte eine euphorische Phase, die bald durch eine technisch gesteuerte Phase abgelöst wurde. Dabei standen nicht inhaltliche Verbesserungen des Unterrichts im Vordergrund, sondern entweder schlicht Betriebs-Probleme (funktionierende Infrastruktur) oder Verbesserungen der Anwendungskompetenzen der Projektbeteiligten (siehe z.B. [Bruck, Stocker et. al 1998])

S-Kurven-Modell: Für jede Schule stellt sich unabhängig die Frage, wann sie den Sprung auf die neue Technologie wagen will. Neue Möglichkeiten sprechen dafür (siehe Unterabschnitt 7.3.2), aber neue Herausforderungen bedeuten zusätzlichen Aufwand (siehe Abschnitt 7.4) und legen das Abwarten nahe.

Hype-Cycle: Bald nach den ersten Pionierprojekten wurde das Schlagwort „Ein Notebook für jeden Schulranzen“ populär und oft ohne entsprechende pädagogisch-didaktische oder technisch-organisatorische Untermauerung als Parole verwendet. Die vom Hype-Cycle-Modell vorausgesagte Ernüchterung liess nicht lange auf sich warten (siehe Unterabschnitt 7.6.2). Etwa seit ca. 2002 findet eine pragmatischere Durchdringung der Ausbildung mit Notebooks auf zunächst freiwilliger Basis statt (z.B. [Kraus 2002]). Dies entspricht dem *Plateau of Productivity* im Hype-Cycle-Modell.

Diese Beobachtungen sind nicht an das in diesem Kapitel gezeigte Beispiel gebunden, sondern gelten für jede technologische Entwicklung. Sie waren in der Vergangenheit bei der erstmaligen Vernetzung der Computer in Schulen, bei der Einführung des Internets und beim Aufkommen der Funkvernetzung zu beobachten und sie werden auch bei zukünftigen technologischen Entwicklungen wieder beobachtbar sein. Das Erkennen dieser Muster kann somit für die Planung von Informatikmitteln an Schulen hilfreich sein und Misserfolge vermindern.





			
Leistung der Informatikmittel [Moore 1965]	Integration der Informatikmittel [Nolan 1973]	Effizienz des Technologieeinsatzes [Foster 1986]	Wahrnehmung der Technologie [Fenn 1995]

Abbildung 7-4: Modelle zur Beschreibung verschiedener temporaler Aspekte des Technologie- und Informatikmitteleinsatzes, die bei der Entwicklung von Desktops zu Notebooks sichtbar sind

8 FALLSTUDIE SOLOTHURN

8.1 Projektrahmen

Mit der Fallstudie Solothurn sollen die bisherigen Überlegungen an einem praktischen Beispiel illustriert werden. Dieser Fallstudie liegt die Erstellung und Umsetzung eines ICT-Konzeptes für die Schulen der Stadt Solothurn zugrunde, welches der Autor zusammen mit Marc Pilloud im Jahr 2001 entwickelt hat [Döbeli, Pilloud 2001]. Den Auftrag erteilte die Schuldirektion der Stadt Solothurn im Herbst 2000 mit dem Ziel, ein ganzheitliches ICT-Konzept für die Stadtschulen von Solothurn zu entwickeln, das nicht nur technische Aspekte berücksichtigt, sondern auch pädagogische und organisatorische Fragen beantwortet.

Die Stadt Solothurn hat 16'000 Einwohner und ist die Hauptstadt des Kantons Solothurn. Die Schuldirektion ist für ca. 1500 SchülerInnen und 180 LehrerInnen in 7 Schulhäusern auf der Volksschulstufe verantwortlich (Januar 2001). Zwei Schulen weisen Besonderheiten auf: Bei der Bezirksschule (Sekundarstufe I, Schuljahre 7-9) haben auch die umliegenden Gemeinden des Bezirks ein Mitspracherecht und eine Finanzierungspflicht. Die Heilpädagogische Sonderschule (HPS) wird zwar von der Stadt geführt, aber vom Bund (Invalidenversicherung) finanziert.

Das ICT-Konzept für die städtischen Schulen wurde zwischen Dezember 2000 und März 2001 im Auftrag der Schuldirektion der Stadt Solothurn erstellt. In 5 Sitzungen mit der Schuldirektion, einem Vertreter der Finanzdirektion, einem Vertreter der städtischen Werke und je einer Vertretung aller Schulstufen wurden dabei Ist-Zustand und Anforderungen / Wünsche aller Beteiligten erhoben und diskutiert. Da das Konzept der Öffentlichkeit zur Genehmigung (Volksabstimmung) vorgelegt werden sollte, wurde bei der Erstellung auf Kürze und Allgemeinverständlichkeit grossen Wert gelegt.

8.2 Ziel und Struktur des ICT-Konzepts

Oberstes Ziel des ICT-Einsatzes ist die Integration von ICT in den schulischen Alltag, was sich auch im Konzept-Motto UseIT widerspiegelt, das sowohl als „Use IT“ als auch als „Use it“ gelesen werden kann:

UseIT = ICT ist ein selbstverständliches Werkzeug bei geistiger Tätigkeit

UseIT = ICT ist vierte Kulturtechnik neben Lesen, Schreiben, Rechnen

Das Konzept verfolgt das Ziel einer massvollen ICT-Integration. Informatikmittel sollen den Unterricht bereichern, aber nicht bestimmen. [Döbeli, Pilloud 2001:5]

Mit dem Konzept sollten die Vorgaben des kantonalen Lehrplans aus dem Jahr 1992 im Bereich ICT umgesetzt werden, und zwar erstmals ganzheitlich und koordiniert. Der Lehrplan spricht vom *Computer als Werkzeug im Unterricht* und *als Unterrichtsgegenstand im Informatikunterricht*.

Das ICT-Konzept beruht auf sieben Massnahmen, davon betreffen deren vier Beschaffungen bzw. Installationen und die restlichen drei personelle Massnahmen zur Unterstützung des Betriebs:

1. Massnahme: Schulnotebook für alle Lehrpersonen
2. Massnahme: Notebookpools für alle Schulhäuser
3. Massnahme: Peripheriepool für alle Schulhäuser
4. Massnahme: Vernetzung und Internet-Zugang für alle Computer
5. Massnahme: Professioneller Betrieb der Informatikmittel
6. Massnahme: ICT-Weiterbildung aller Lehrpersonen
7. Massnahme: ICT-Integrator zur Unterstützung der Lehrpersonen

Um den ganzheitlichen Ansatz des ICT-Konzept zu illustrieren, wurde das Bild eines Bauwerkes verwendet, dessen einzelne Bausteine sich nicht entfernen lassen, ohne das Gesamtgebäude zum Einsturz zu bringen (siehe Abbildung 8-1).

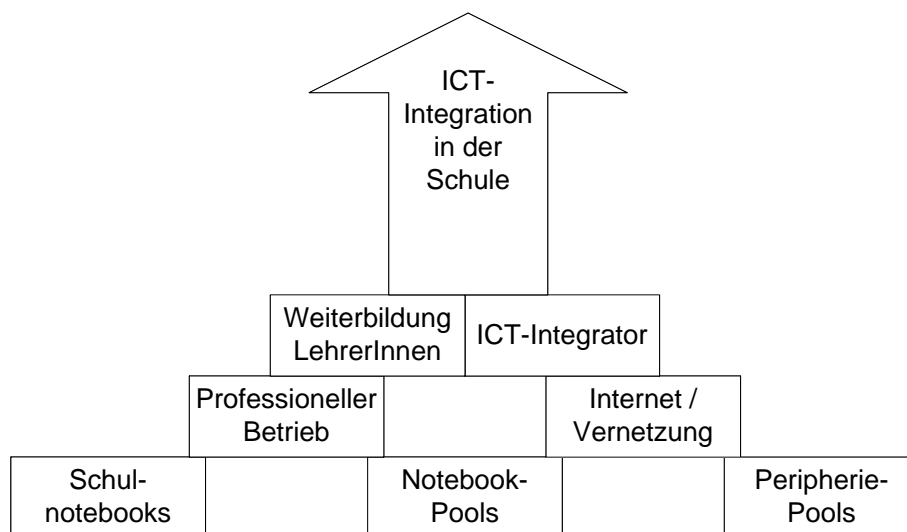


Abbildung 8-1: Visualisierung des ganzheitlichen Ansatzes durch Bausteine-Metapher [Döbeli, Pilloud 2001]

8.3 Die sieben Massnahmen

8.3.1 ICT-Infrastruktur

Bei den ersten vier der sieben Massnahmen geht es um die Beschaffung von ICT-Infrastruktur.

Massnahme 1: Schulnotebook für alle Lehrpersonen

Allen Lehrpersonen sollen unentgeltlich Notebooks zur Verfügung gestellt werden:

Baustein „Schulnotebook für alle Lehrpersonen“

Alle Lehrpersonen der betroffenen Schulstufen, die zu mindestens 50% angestellt sind, erhalten [unentgeltlich] ein Schulnotebook zur Benützung im Unterricht und bei der Unterrichtsvorbereitung. Das Gerät gehört der Schule und muss während des Unterrichts im Schulzimmer sein. Es darf aber zur Unterrichtsvorbereitung auch zu Hause verwendet werden. [Döbeli, Pilloud, 2001:8]

Die Gründe für den Entscheid, ausschliesslich Notebooks und keine Desktop Computer zu beschaffen, wurden bereits im Kapitel 7 genannt und werden hier nicht wiederholt. In Abbildung 8-2 sind dagegen die Gründe für die unentgeltliche Ausrüstung der Lehrpersonen dargestellt. Die für Lehrpersonen jederzeit verfügbaren Geräte (Variable C) fördern eigene Erfahrungen, vereinfachen die ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung (Variable N2) und senken schliesslich die Hemmschwelle zum ICT-Einsatz im Unterricht (Variable N1). Die Geräte haben zwar zusätzlichen Betriebsaufwand zur Folge, mit der Beschränkung auf ein Notebookmodell und der Verwendung eines einzigen Images zur Installation aller Geräte (Variablen S und Z) wird aber versucht, diesen möglichst gering zu halten.

Massnahme 2: Notebookpools für alle Schulhäuser

Ein Notebook pro Klassenzimmer genügt für den im Lehrplan vorgesehenen Informatikunterricht nicht. Aus diesem Grund sieht die zweite Massnahme des Konzepts Notebook-Pools vor:

Für Unterricht, bei dem die Schülerinnen und Schüler zumindest zu zweit über einen Computer verfügen (Fachinformatik, Maschinenschreiben, usw.), werden in den Schulhäusern Notebook-Pools eingerichtet. Diese können von den Lehrpersonen reserviert und klassenweise eingesetzt werden. Je nach Schulhaus sind diese entweder stationär in einem Schulzimmer (Computerraum) oder mobil (Notebook-Wagen oder tragbar). [Döbeli, Pilloud 2001:10]

Massnahme 3: Peripheriepools für alle Schulhäuser

Für die ICT-Nutzung als Werkzeug in der Volksschule genügen Computer alleine nicht. Erst Peripherie-Geräte zur attraktiven Daten-Ein- und -Ausgabe ermöglichen die Einbindung von ICT in den kreativen Lern- und Arbeitsprozess. Aus diesem Grund sieht das Konzept als dritte Massnahme so genannte Peripherie-Pools vor:

Es steht pro ca. 150 Schülerinnen und Schülern ein Pool von Peripheriegeräten zur Verfügung (mindestens 1 Pool pro Schulhaus). [Döbeli, Pilloud 2001:11]

Der Peripherie-Pool enthält in Solothurn neben Druckern auch Scanner, Digitalkameras und einen Beamer. Auch bei den Peripherie-Geräten kann mit dieser Massnahme ein Wildwuchs an unterschiedlichen Geräten verhindert und so der benötigte Betriebsaufwand gering gehalten werden. Pro Peripherietyp wird in allen Schulen nur ein Modell beschafft. Dessen Treiber sind auf allen Notebooks installiert.

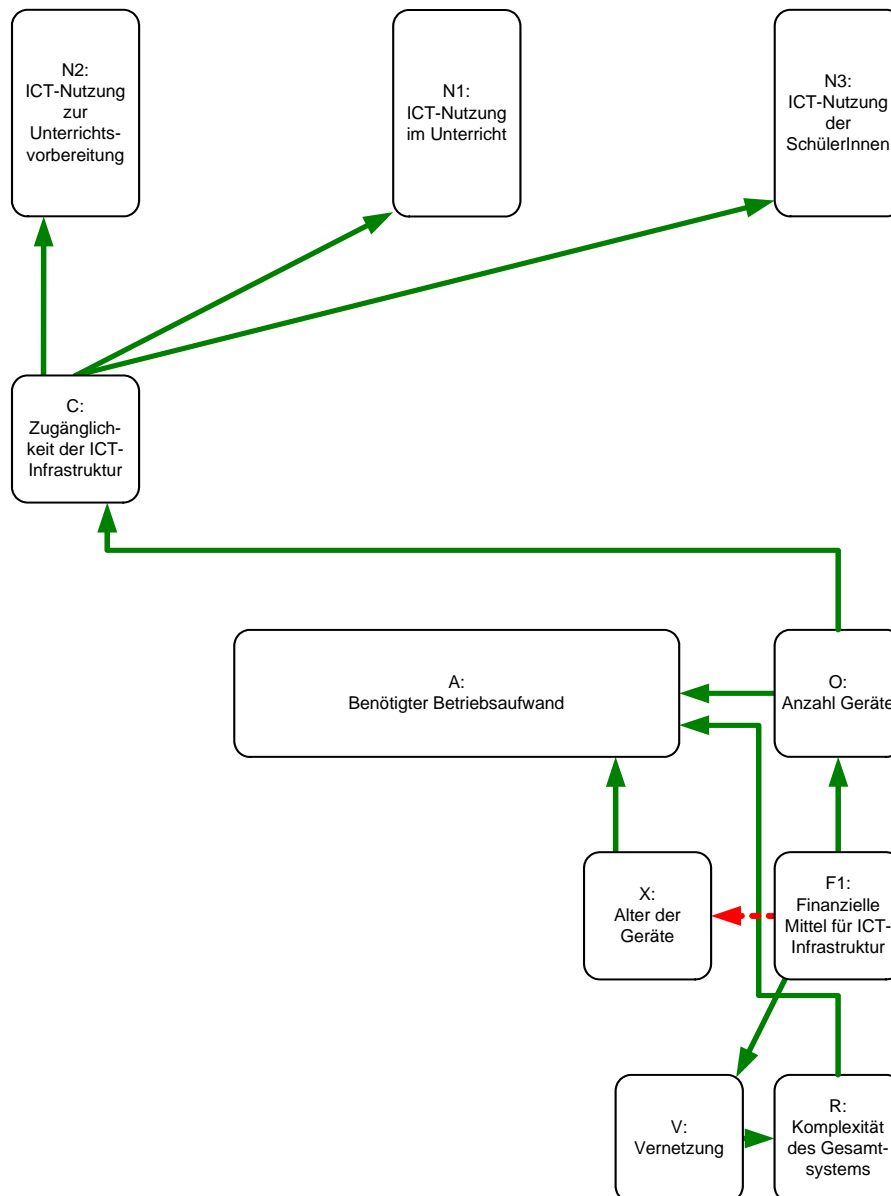


Abbildung 8-2: Auswirkungen der ICT-Infrastruktur-Massnahmen (F1: Notebooks für Lehrpersonen, Notebook- und Peripherie-Pools, Vernetzung) auf ICT-Nutzung (N1, N2, N3) und Betriebsaufwand (A)

Massnahme 4: Vernetzung und Internet-Zugang für alle Computer

Als letzte Hardware-Massnahme sieht das Konzept die Vernetzung der Notebooks per WLAN vor:

Die Notebooks verfügen über einen Internet-Zugang und können miteinander kommunizieren. Der Internet-Zugang erfolgt im Schulhaus über das interne (Funk-)Netzwerk, ausserhalb des Schulhauses über ein Modem. [Döbeli, Pilloud 2001]

In der Konzepterstellungsphase (Januar – April 2001) war noch die Universalverkabelung aller betroffenen Schulzimmer geplant. Diese erwies sich aber aus verschiedenen Gründen als zu teuer (siehe 8.4.3). Aus diesem Grund wurden nicht nur die Notebooks, sondern auch die Drucker per Funk vernetzt. Zur Zeit der Umsetzung waren entsprechende Produkte in Europa erst seit wenigen Wochen auf dem Markt, so dass ein entsprechendes Risiko eingegangen werden musste. Zumindest in den ersten 24 Monaten (August 2002 – Juli 2004) traten jedoch keine Probleme auf.

8.3.2 Professioneller Betrieb

Massnahme 5: Professioneller Betrieb der Informatikmittel

Als erste wichtige Nicht-Beschaffungs-Massnahme sieht das Konzept von Solothurn einen professionell unterstützten Betrieb vor. Als Berechnungsgrundlage wurde dabei die in Abschnitt 5.4.3 besprochene Formel *1 Stellenprozent pro Computer* aus [Grepper, Döbeli 1999] verwendet. Abbildung 8-3 zeigt die modellmässigen Auswirkungen dieser Massnahme (F4) auf die Nutzung (N1, N2, N3) durch Erhöhung der Funktionsfähigkeit (B) und der Zugänglichkeit (C).

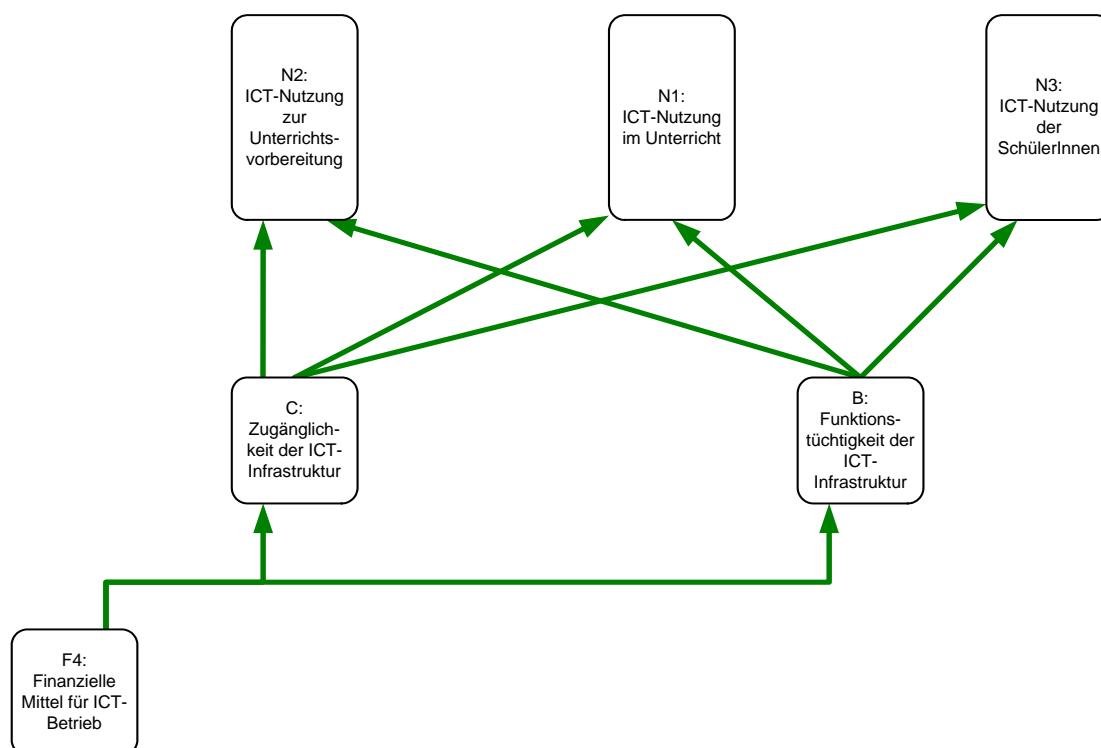


Abbildung 8-3: Auswirkungen der professionellen Betriebs (F4) auf die ICT-Nutzung (N1, N2, N3)

8.3.3 Weiterbildung Lehrpersonen

Massnahme 6: ICT-Weiterbildung aller Lehrpersonen

Die Weiterbildung nimmt einen grossen Stellenwert im Konzept von Solothurn ein:

Alle Lehrpersonen, die mit einem Notebook ausgerüstet werden, erhalten obligatorisch eine 5tägige Intensivschulung. Die Schulung wird zur Hälfte mit Schulausfall, zur anderen Hälfte in der unterrichtsfreien Zeit durchgeführt und erfolgt in zwei thematischen Blöcken:

- *In einem ersten Weiterbildungsblock werden die Lehrpersonen gemäss ihren Vorkenntnissen in die Grundlagen der Notebook Benutzung und in die grundlegenden Konzepte der Unterrichtsmaterial-Erstellung eingeführt (Informationsbeschaffung im Internet, Textverarbeitung, Dateiformate etc.).*
- *In einem zweiten Weiterbildungsblock wird das erworbene Wissen praktisch eingesetzt. Mit den erworbenen Kenntnissen und den in der Zwischenzeit gesammelten Erfahrungen wird ein Ergebnis für den Unterricht (Arbeitsblätter etc.) erstellt. [Döbeli, Pilloud 2001:13]*

Die Schulung begann dank dem koordinierten Vorgehen zeitgleich mit der Notebookabgabe. Die Lehrpersonen konnten somit sofort auf ihren persönlichen Geräten arbeiten und nach der ersten Schulung auch zu Hause das Gelernte üben oder vertiefen.

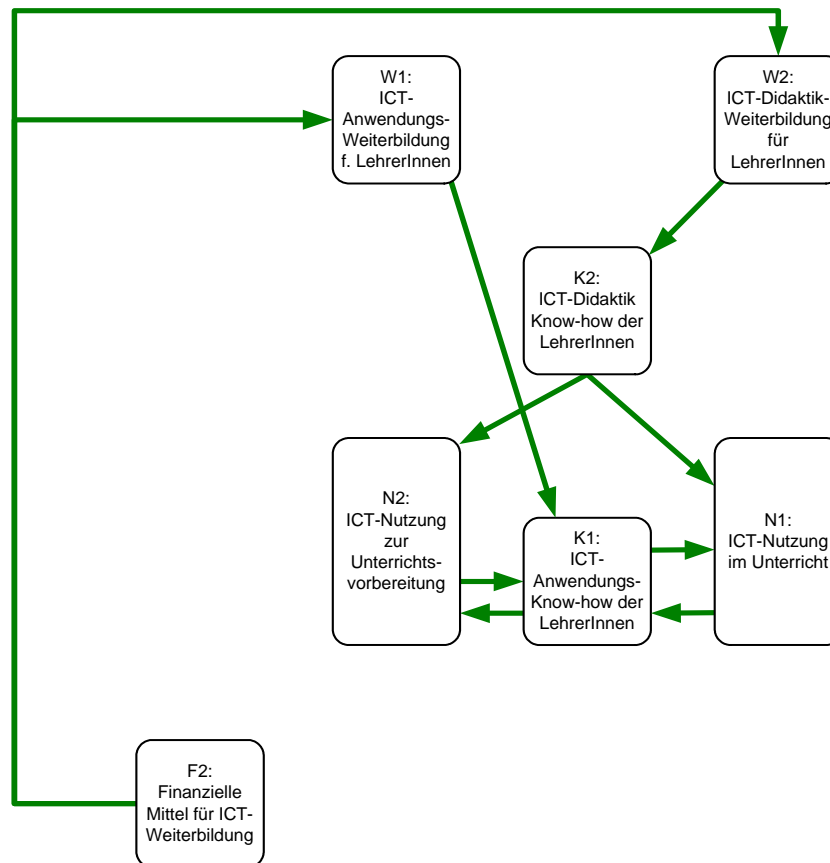


Abbildung 8-4: Der Einfluss der Massnahme 'Weiterbildung LehrerInnen' (F2) auf die ICT-Nutzung (N1, N2)

Abbildung 8-4 zeigt die modellmässigen Auswirkungen der Massnahme (F2) auf die Nutzung von ICT (N1, N2).

8.3.4 ICT-Integrator

Massnahme 7: ICT-Integrator zur Unterstützung der Lehrpersonen

Damit die breite Nutzung von ICT im schulischen Alltag auch tatsächlich stattfindet, ist eine Person notwendig, die diese Nutzung propagiert, unterstützt und kontrolliert. Das Konzept von Solothurn sieht darum die Anstellung eines so genannten *ICT-Integrators* vor:

Es wird eine 50% Stelle eines ICT-Integrators geschaffen. Dieser ist zuständig für die Einbettung der ICT in den Schulunterricht. Der ICT-Integrator hilft, konkrete Herausforderungen beim Einsatz von ICT im Unterricht in Zusammenarbeit mit den Lehrkräften vor Ort zu meistern. Er ist Ansprechpartner, Koordinator und auch Motivator. Seine Aufgaben haben integrierenden Charakter und gehen von Softwareberatung bis zur Überprüfung der bisherigen Massnahmen (Controlling). [Döbeli, Pilloud, 2001:14]

Die Vielfältigkeit der Aufgaben des ICT-Integrators ist sowohl aus Tabelle 8-6 als auch aus Abbildung 8-5 ersichtlich. Die in Tabelle 8-6 vorgenommene Gliederung in Bildungs- und Führungsaufgaben weist darauf hin, dass die personelle Besetzung einer solchen Stelle anspruchsvoll ist, da ein sehr breites Spektrum an Kompetenzen gefragt ist.

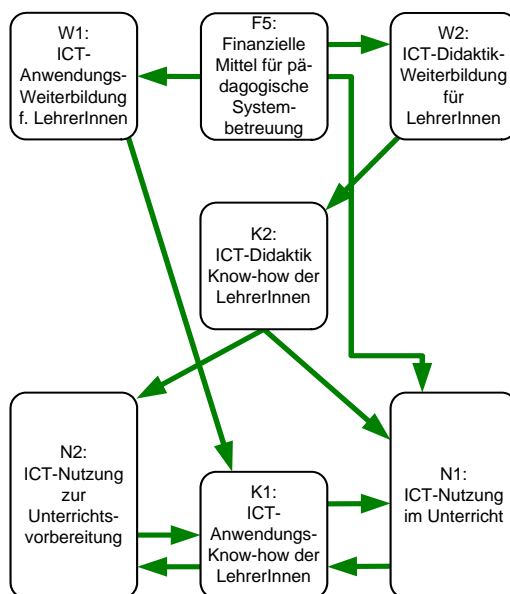


Abbildung 8-5: Der Einfluss der Massnahme ‚ICT-Integrator‘ (F5) auf die ICT-Nutzung (N1, N2)

In der Stadt Solothurn kommt dem lokalen ICT-Integrator besondere Bedeutung zu, da zum Zeitpunkt der Konzepterstellung keinerlei entsprechende Unterstützung vom Kanton geboten wurde.

Bildungsaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • ICT-Sprechstunde: Anlaufstelle für pädagogisches ICT Know-how in der Schule. • ICT-Softwareberatung: Beantwortung von Fragen zum Einsatz von Lern- und Spezialsoftware. • ICT-Experte: Begleiten von Schulprojekten als ICT-Experte (z.B. Projektwochen, Zweitlehrkraft bei Spezialthemen). • ICT-Schulung: Durchführung der schuleigenen ICT-Schulung der Lehrpersonen. • ICT-Unterricht: Informatik unterrichten.
Führungsaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • ICT-Förderung in der Schule. (Motivationsträger; aber mit kritischer Grundhaltung). • ICT-Controlling: Kontrolle und Optimierung des ICT-Einsatzes • ICT-Budgetmitbestimmung: Mitentscheid bei ICT-Beschaffungen in Kooperation mit dem Verantwortlichen und der Schuldirektion • ICT-Bildungsserver: Leitung eines Projekts “Beteiligung der Schule an Bildungsserver” • ICT-Ausbildung: Koordination der ICT-Ausbildung der Lehrpersonen. (Förderung von ICT-Power-Lehrerinnen und -lehrern). • ICT-Verantwortung für pädagogische ICT-Fragen - auch in der Öffentlichkeit (z.B. Internet-Nutzungs-Regeln, Elternabende etc.) .

Tabelle 8-6: Bildungs- und Führungsaufgaben des ICT-Integrators aus [Döbeli, Pilloud 2001]

8.3.5 Einbettung in die Gesamtzusammenhänge

Abbildung 8-7 visualisiert den ganzheitlichen Ansatz des Solothurner ICT-Konzepts. Die durch das ICT-Konzept direkt beeinflussten Variablen des Gesamtsystems sind im Gegensatz zu den indirekt beeinflussten Variablen farblich hinterlegt. Nur hell angedeutet sind schliesslich die weder direkt noch indirekt beeinflussten Variablen.

Mit diesem Konzept werden alle fünf Finanzierungsvariablen des Gesamtsystems berücksichtigt (F1, F2, F3, F4, F5). Zudem wurde versucht, möglichst viele Variablen zu steuern, die einen Einfluss auf den benötigten Betriebsaufwand (A) haben.

Auf der Stufe dieses Gesamtsystemmodells blieben neben den nicht beeinflussbaren Variablen *Anzahl AnwenderInnen (Q)* und *Schulstufe/Alter (J)* somit nur die Bereiche *Unterrichtsmaterialserver (U)*, *Geeignete Zeitstrukturen des Unterrichts (T)* und *Integration in den Lehrplan (L)* unberücksichtigt. Bei diesen drei Variablen lassen sich keine Unterschiede zwischen verschiedenen Schulbezirken rechtfertigen. Darum ist es aus Effizienzgründen nicht sinnvoll und teilweise politisch nicht möglich, sie auf der Stufe eines einzelnen Schulbezirks zu beeinflussen. Stattdessen soll dies auf den nächst höheren Stufen (Kanton, Bund) angegangen werden. Der ICT-Integrator verfügt aber ein Budget zur Beschaffung von Lernsoftware, womit der Bereich *ICT-basiertes Unterrichtsmaterial (M)* zumindest teilweise abgedeckt wird.

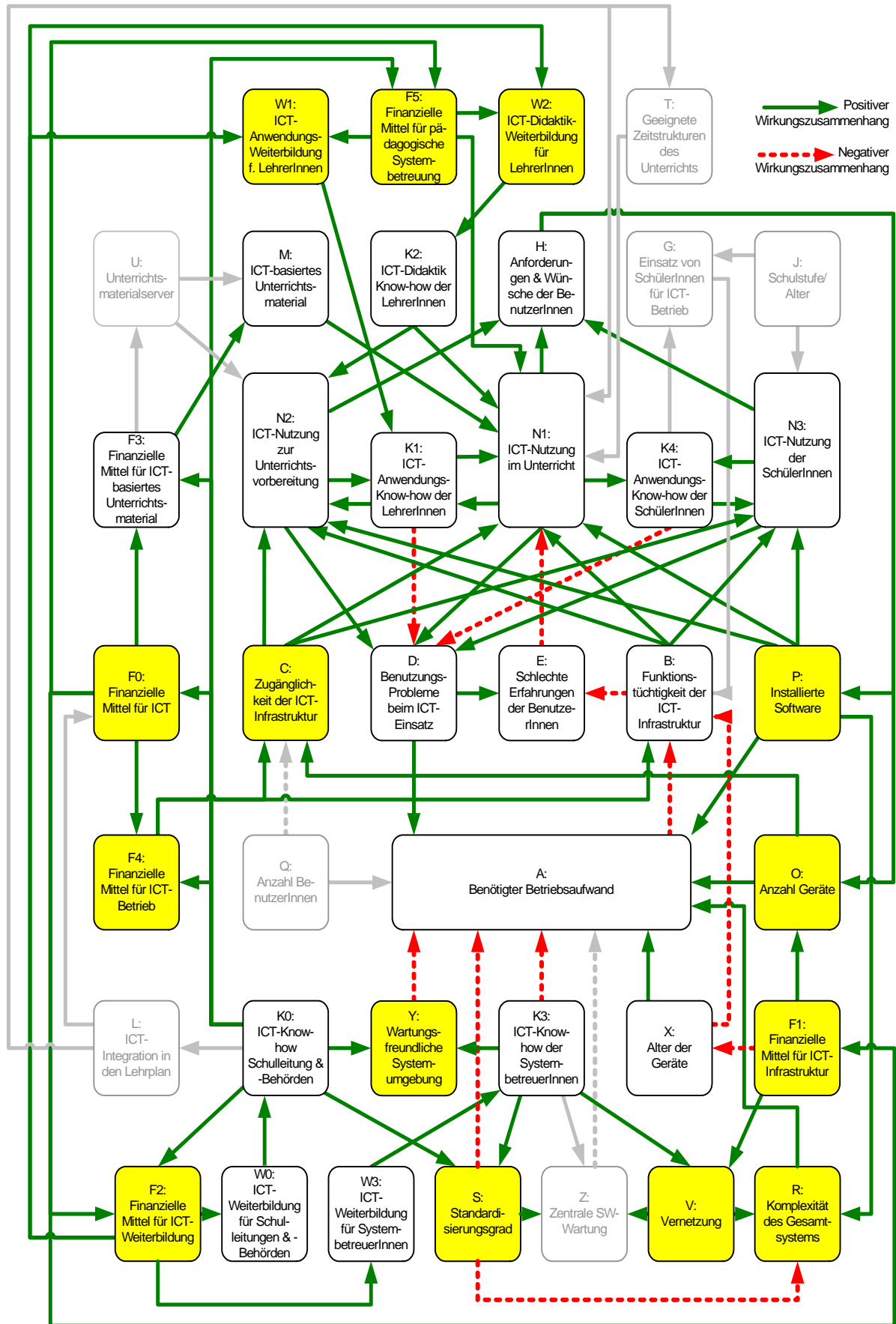


Abbildung 8-7: Durch das ICT-Konzept direkt beeinflusste Variablen des ICT-Systems

8.4 Konzept-Umsetzung

8.4.1 Bewilligung durch Gemeindeversammlung

Nach der Verabschiedung des Konzeptes durch die Arbeitsgruppe Schul-ICT musste das Konzept durch die politisch und finanziell zuständigen Instanzen genehmigt werden. Das Konzept enthielt 3 Umsetzungsvarianten: Während die Variante ALL eine Ausrüstung der gesamten Volksschule vorsah (1.- 10. Klasse), beschränkte sich die Variante AB5 auf die Klassenstufen 5-10 und OBER auf die Klassenstufen 7-10. Aus Kostengründen wurde schliesslich die letztgenannte der Gemeindeversammlung zur Umsetzung vorgeschlagen, welche diesen Antrag im Dezember 2001 guthiess. Die Umsetzung benötigte 5 Monate, so dass Ende Mai 2002 mit der Übergabe der Notebooks und einer ersten Schulung der Lehrpersonen der Betrieb aufgenommen werden konnte.

Abbildung 8-8 zeigt, dass der politische Instanzenweg deutlich länger als die Konzepterstellung oder die Konzeptumsetzung gedauert hat. Diese 9 Monate hatten jedoch bereits Änderungen bei der Hardwarebeschaffung zur Folge. Interne CD-Brenner für Notebooks waren so im Preis gefallen, dass man ohne grossen Aufpreis alle Notebooks mit CD-Brennern ausrüsten konnte. Dieses technische Detail hat die Flexibilität der Notebook nochmals erhöht (siehe 8.5.3 Serverloses Konzept).

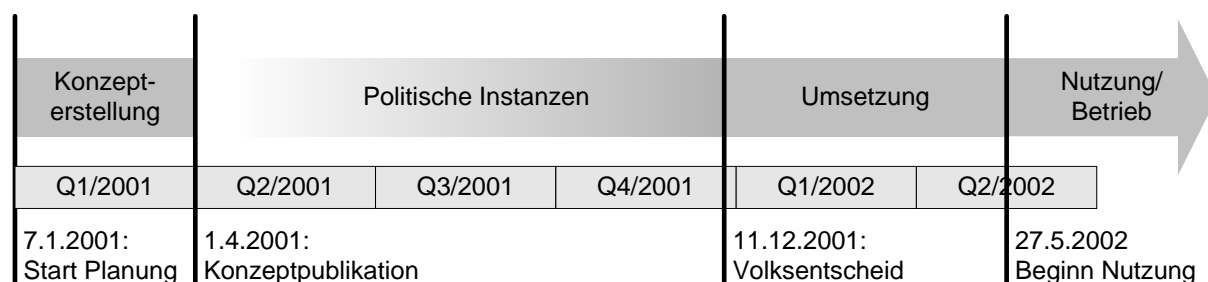


Abbildung 8-8: Zeitplan der Erstellung und Umsetzung des ICT-Konzepts Solothurn

8.4.2 Gliederung der Systembetreuung

Abbildung 8-9 zeigt, wie die Systembetreuung im Betrieb aufgeteilt wird. Auf der Ebene der Stadt (die einen eigenen Schulbezirk darstellt) übernimmt die externe Systembetreuung alle technischen und Teile der logistischen Aufgaben während der ICT-Integrator die pädagogischen Aspekte betreut und das Projekt leitet. In der Praxis hat sich gezeigt, dass trotz dieser Massnahmen auch eine Systembetreuung auf Stufe Schulhaus notwendig ist. So ist in jedem Schulhaus eine Lehrperson für die Verwaltung der Informatikmittel zuständig und übernimmt auch einfache Anteile der technischen Systembetreuung. Eine gewisse Eigenverantwortung aller Lehrpersonen für ihr eigenes Notebook war jedoch bereits bei der Konzepterstellung beabsichtigt und durch Schulung gefördert worden. So sind Lehrpersonen beispielsweise selbst für die Datensicherung ihrer Geräte zuständig (siehe Abschnitt 8.5.4)

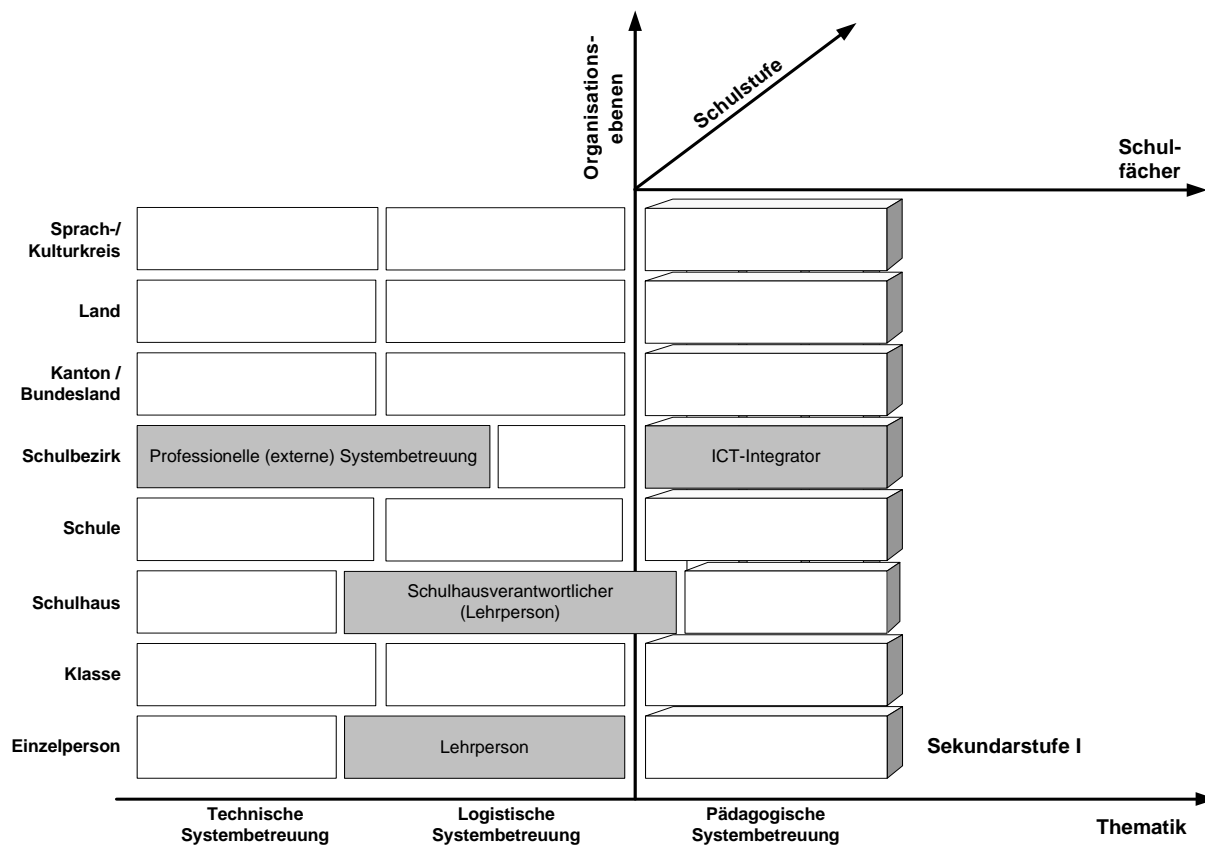


Abbildung 8-9: Verteilung der Systembetreuung in der Fallstudie Solothurn

8.4.3 Vernetzungskosten

Zur Budgetierung der Vernetzungskosten wurde eine vorhandene Offerte zur Ausrüstung der Schulzimmer mit Fernseekabel als Basis der Kostenplanung für eine universelle Gebäudeverkabelung (UGV) verwendet. Die so geschätzten Vernetzungskosten von CHF 1000.- pro Schulzimmer erwiesen sich aber aus verschiedenen Gründen als zu tief:

- Sternverkabelung (Universal) statt Busverkabelung (Fernseekabel) bedingt grössere Löcher und Kabelschächte und verteuert so die Verkabelung.
- Denkmalschutz für gewisse Schulhäuser erschwert und verteuert die Vernetzung
- Fehlende Kabelkanäle in modernen Betonschulhäusern erschweren und verteuern die Vernetzung.

Unterschied Schule-Unternehmen: Die letzten beiden Punkte sind in Schulen sicher häufiger als bei Unternehmen, da bei der Erstellung von Büroräumen eher eine universelle Gebäudeverkabelung oder zumindest Kabelkanäle vorhanden sind als in Schulen.

8.4.4 Zeitdruck

Trotz Planung ergaben sich hektische Zeiten bei der Umsetzung des Projekts. So war der Zeitplan nach der Bewilligung des Kredits und der obligatorischen Ausschreibung des Notebookkaufs sehr straff und ertrug keine Verzögerung. Auch die Koordination der Vernetzung mit den Schulferien erwies sich als trickreich.

Unterschied Schule-Unternehmen: Auch in Unternehmen existieren zeitliche Rahmenbedingungen, die nur teilweise durch ein ICT-Projekt beeinflusst werden können. Gesetzliche Terminvorgaben behindern aber bei schulischen ICT-Projekten den Projektverlauf stärker als in Unternehmen.

8.5 *Innovative Aspekte*

Das ICT-Konzept zeigt verschiedene innovative Ansätze, die in dieser Form für die Schweiz, den deutschsprachigen Raum und teilweise auch darüber hinaus neuartig sind.

8.5.1 **Fokussierung auf Lehrpersonen**

Viele schulische ICT-Konzepte legen primär Wert darauf, durch die Beschaffung möglichst vieler Geräte den Computerzugang zu erleichtern. Insbesondere Politiker vertreten oft entsprechende Forderungen. Im Solothurner Konzept wurde hingegen darauf geachtet, dass *in erster Linie den Lehrpersonen* der Zugang zu Informatikmitteln erleichtert und auch während der ganzen Konzeptdauer sichergestellt werden kann.

8.5.2 **Obligatorium statt Freiwilligkeit bei Notebooks für Lehrpersonen**

Im Gegensatz zu anderen Projekten, bei denen Notebooks an Lehrpersonen abgegeben wurden, beruht diese Abgabe in Solothurn nicht auf Freiwilligkeit. Alle Lehrpersonen mit mindestens einem 50%-Pensum sind verpflichtet, ein Notebook zu übernehmen und an der entsprechenden Schulung teilzunehmen. Dieses Obligatorium soll zu einer breiten Integration von ICT führen, indem auch zurückhaltende Lehrkräfte und SkeptikerInnen systematisch der neuen Technik ausgesetzt werden. Ob sich dieses Vorgehen rechtfertigt, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht sagen. Entsprechende empirische Untersuchungen zu Veränderung der Einstellung der Lehrpersonen zu ICT und entsprechender Nutzung im Unterricht sind jedoch im Gang.

8.5.3 **Serverloses Konzept**

Im ICT-Konzept von Solothurn sind keine Server enthalten. Es handelt sich um eine Umsetzung der in Unterabschnitt 6.4.7 beschriebenen Computerarchitektur der *serverlosen Vernetzung*. Dies ist für ein Projekt dieser Grösse ungewöhnlich. Meist ist in schulischen ICT-Konzepten mindestens ein Server pro Schulhaus vorgesehen.

Neben den Anschaffungskosten verursachen Server während des Betriebs jedoch auch einen erheblichen Administrationsaufwand. In der Stadt Solothurn verfügen dank CD-Writeern in allen Notebooks sowohl Lehrpersonen als auch alle SchülerInnen mit einer CD-RW über einen persönlichen Speicherplatz von 650 MByte, der keine Administrationskosten verursacht und in der Anschaffung unschlagbar günstig ist (1 CHF/CD-RW). Zumindest bis jetzt (2 Jahre nach Betriebsaufnahme) wurde das Fehlen von Servern von den VertreterInnen der Lehrpersonen nicht bemängelt.

8.5.4 **Eigenverantwortung für Datensicherung**

Mit dem Verzicht auf Server existiert auch kein zentraler Ablageort für Daten. Alle BenutzerInnen sind selbst für die Sicherung ihrer Daten verantwortlich. Da die Notebooks alle

sechs Monate mit einem frischen Image versehen werden, ist mindestens dann ein Backup unabdingbar.

8.5.5 Einmalige Beschaffung für einen Zeitraum von vier Jahren

Es wurden alle Informatikmittel gleichzeitig beschafft und auf eine Aufteilung in verschiedene Jahres-Tranchen verzichtet. Somit musste der Aufwand der Systemevaluation nur einmal statt mehrfach geleistet werden und die Standardisierung der Informatikmittel wird stark erhöht. Bei einer Ersatzbeschaffung nach vier Jahren sind die Erfahrungen mit der vorhandenen Infrastruktur genügend gross, um den gemäss S-Kurvenmodell von Foster (siehe Unterabschnitt 3.2.3) unter Umständen notwendigen Technologiewechsel beurteilen zu können.

8.6 Externe Evaluation

8.6.1 Untersuchungsmethodik

Das Konzept UseIT wurde nach zwei Betriebsjahren Mitte 2004 im Rahmen einer externen Studie untersucht. PETKO und KNÜSEL haben mittels standardisierter Fragebögen alle beteiligten Lehrpersonen sowie die SchülerInnen der 9. Klassen schriftlich befragt. Zusätzlich wurden Interviews mit dem Supporter und dem ICT-Integrator sowie Schulhausbegehungen und Gruppeninterviews mit Lehrpersonen durchgeführt [Petko, Knüsel 2004].

8.6.2 Zufriedenheit mit den umgesetzten Massnahmen

Die befragten Lehrpersonen sind mehrheitlich zufrieden oder sehr zufrieden mit den umgesetzten Massnahmen des Konzepts. In Tabelle 8-11 sind zu allen sieben Massnahmen die Einschätzungen der Lehrerschaft aus der Evaluation von PETKO und KNÜSEL aufgeführt. Jede der sieben Massnahmen wird von mindestens der Hälfte der Lehrpersonen als zufrieden stellend oder sehr zufrieden stellend beurteilt.

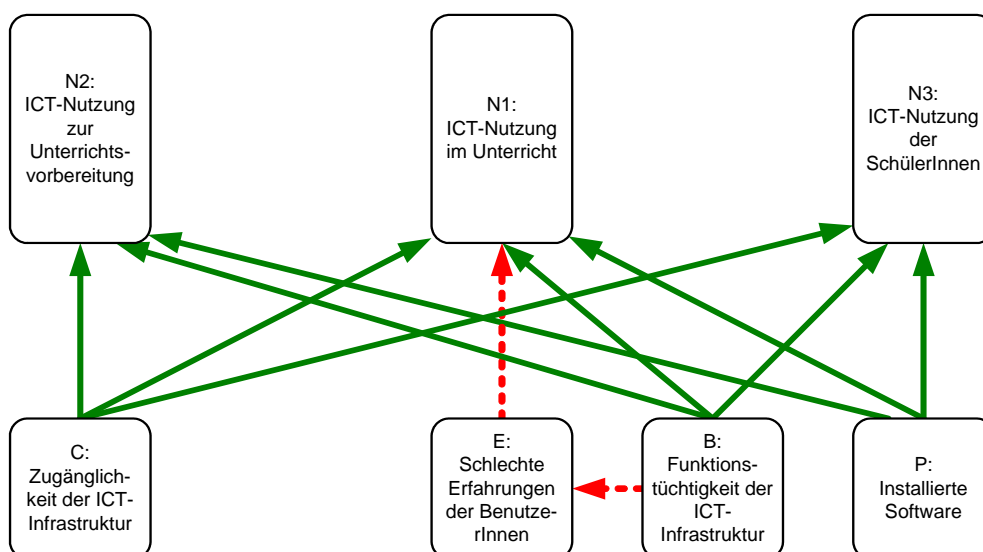


Abbildung 8-10: Zufriedenheit mit den technischen Gegebenheiten als nutzungsförderliche Faktoren

Massnahme UseIT [Döbeli, Pilloud 2001]	Ergebnis der Evaluation [Petko, Knüsel 2004]
1: Schulnotebooks für alle Lehrper- sonen	„Mehr als drei Viertel aller befragten Lehrpersonen (73%) beurteilen die Qualität ihres persönlichen Notebooks als sehr gut oder gut.“ (Seite 20)
2: Notebookpools für alle Schul- häuser	„Im Allgemeinen werden sämtliche Aspekte der technischen Ausstattung von den befragten Lehrpersonen als positiv bis sehr positiv eingeschätzt. Die Verfügbarkeit der einzelnen Komponenten des Gerätepools wie Drucker, Digitalkamera usw. scheint kein Problem darzustellen. Die geringste Zahl der positiven Einschätzungen erfährt die Zahl der Schüler-Notebooks im Notebook-Pool, wobei auch dieser Punkt noch immer deutlich positiv bis neutral eingeschätzt wird.“ (Seite 20)
3. Peripheriepool für alle Schul- häuser	
4. Vernetzung und Internetzugang	„Die Qualität des Internetzugangs wird äusserst positiv eingeschätzt. 80% beurteilen den kabellosen Internetzugang als sehr gut (52%) oder gut (28%).“ (Seite 21)
5. Professioneller Betrieb der In- formatikmittel	„Die Wartung und der Unterhalt der Geräte werden von mehr als drei Vierteln aller Lehrpersonen als sehr gut (73%) oder gut (7%) eingeschätzt. Weitere 10% stehen zu dieser Frage neutral. Nur eine Lehrperson kommt zu einem negativen Urteil.“ (Seite 25) und „Der Support wird von mehreren Lehrpersonen gelobt.“ (Seite 66)
6. ICT- Weiterbildung al- ler Lehrpersonen	„Gut die Hälfte der befragten Lehrpersonen schätzt die Qualität der Weiterbildungen im Rahmen des Notebook-Projektes als hoch ein, beurteilt die Unterrichtsimpulse als brauchbar und fühlt sich ermutigt, das Notebook im Unterricht vermehrt einzusetzen. Die andere Hälfte ist entweder geteilter Meinung oder kann diesen Aspekten eher nicht zustimmen.“ (Seite 23)
7. ICT-Integrator	<p>„Insgesamt wird die Hilfe und Unterstützung bei Problemen von einer grossen Mehrheit der Lehrpersonen als gut oder sehr gut eingeschätzt. Nur Vereinzelte finden die Unterstützung ungenügend.“ (Seite 24)</p> <p>„Die Aufgaben des Integrators haben sich über die Dauer des Projektes gewandelt. In der ersten Zeit bestanden die Aufgaben vor allem in der Erarbeitung eines Leitbildes, in der Klärung organisatorischer und disziplinarischer Fragen, in der Vermittlung von Grundkenntnissen an die Lehrpersonen sowie in der Bearbeitung eines Projektsgesuches an das BBT. Die Tätigkeiten haben sich seither gewandelt von einem aktiven Einbringen von Impulsen zu einem mehrheitlich an der Nachfrage orientierten Anbieten von Lösungen, Beratungen, Weiterbildungsangeboten und das Begleiten von Projekten in den Schulhäusern in Form von Teamteaching.“ (Seite 77)</p>

Tabelle 8-11: Beurteilung der sieben Massnahmen von UseIT durch die Lehrpersonen
(Zitate aus der Evaluationsstudie [Petko, Knüsel 2004])

Aus der Perspektive des in dieser Arbeit entwickelten Systemmodells (Abbildung 2-12) konnten somit mehrere jener Variablen erfolgreich beeinflusst werden, die eine positive Wirkung auf die Nutzung von ICT in der Schule haben (N1, N2, N3). Abbildung 8-10 illustriert dies für die technischen Aspekte. Die Mehrheit der Lehrpersonen ist mit der technischen Ausstattung zufrieden, also auch mit der installierten Software (P). Auch die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur (C) wird positiv eingeschätzt, die Engpässe bei den Notebook-Pools vermögen dieses positive Urteil nicht umzustossen. Die Zufriedenheit mit dem professionellen Betrieb der Informatikmittel aus der Befragung von PETKO und KNÜSEL entspricht meist guten Erfahrungen der BenutzerInnen (E) und einer hohen Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur (B).

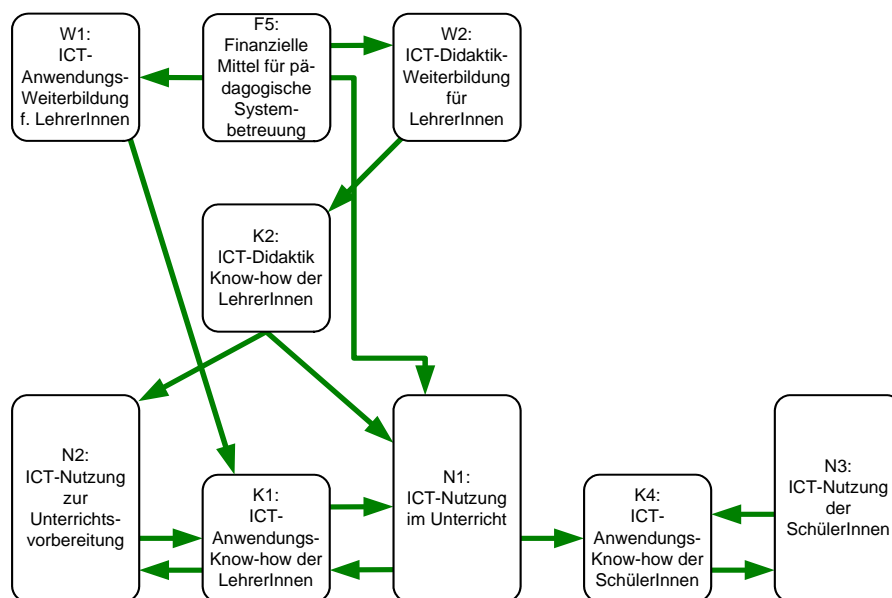


Abbildung 8-12: Zufriedenheit mit der ICT-Weiterbildung und eigenem ICT-Know-how als nutzungsförderliche Faktoren

Im Bereich der ICT-Weiterbildung und des ICT-Know-how zeigt sich ein differenzierteres Bild (siehe Abbildung 8-12). Die Unterstützung durch den ICT-Integrator (F5) wird von einer grossen Mehrheit der Lehrpersonen geschätzt und die Mehrheit der befragten Lehrpersonen ist zufrieden mit der Qualität der angebotenen Weiterbildungen (W1 und W2) und fühlt sich ermutigt, vermehrt ICT im Unterricht einzusetzen. Im Vergleich zu den technischen Massnahmen ist jedoch der Anteil der nicht ganz Zufriedenen bei den Weiterbildungen deutlich höher.

8.6.3 Auswirkungen auf Motivation und Nutzungsverhalten

Da vor der Umsetzung des Solothurner Konzepts keine Erhebung zur Motivation und zum Nutzungsverhalten von Lehrer- und Schülerschaft vorgenommen wurde, ist kein Vorher-Nachher-Vergleich möglich. Stattdessen haben PETKO und KNÜSEL die Ergebnisse ihrer Befragung mit den Ergebnissen der gesamtschweizerischen Erhebung von Niederer et al. aus dem Jahr 2001 verglichen [Niederer et al. 2003].

Die befragten Lehrpersonen der Stadt Solothurn schätzen ihre ICT-Kenntnisse besser ein als der gesamtschweizerische Durchschnitt. Am auffälligsten sind die Unterschiede beim Um-

gang mit dem Internet und bei methodisch-didaktischen Kenntnissen des ICT-Einsatzes im Unterricht [Petko, Knüsel 2004:68]. Die Solothurner Lehrpersonen geben eine bedeutend stärkere ICT-Weiterzubildung an als der gesamtschweizerische Durchschnitt im Jahr 2001. So stehen 180 autodidaktische und 50 angeleitete jährliche Weiterbildungsstunden in der Stadt Solothurn 60 autodidaktischen und 18 angeleiteten Stunden im schweizerischen Durchschnitt gegenüber.

Diese Selbsteinschätzungen der Solothurner Lehrerschaft schlagen sich in einer im Vergleich zur übrigen Schweiz signifikant höheren Nutzung von ICT zur Unterrichtsvor- und Unterrichtsnachbereitung nieder. Im Unterricht selbst werden die Geräte jedoch nicht signifikant häufiger eingesetzt [Petko, Knüsel 2004:69]. PETKO und KNÜSEL sehen zwei mögliche Interpretationen:

1. Hätte die Nutzungsintensität von ICT in den Schulen der Stadt Solothurn vor der Umsetzung des Konzeptes dem gesamtschweizerischen Durchschnitt entsprochen, so hätte das Konzept keine wesentliche *quantitative* Verbesserung gebracht. Der positive Effekt würde sich auf eine Homogenisierung der schulischen ICT-Nutzung beschränken, bei der alle Schülerinnen und Schüler ICT im Unterricht regelmässig nutzen.
2. Geht man aber davon aus, dass vor der Konzeptumsetzung die ICT-Nutzungsintensität deutlich unter dem gesamtschweizerischen Durchschnitt lag (was von der Lehrerschaft einhellig betont wird), so konnte mit der Konzeptumsetzung der Rückstand auf den Schweizerischen Durchschnitt aufgeholt werden.

Ob die höhere Motivation und die Selbsteinschätzung bezüglich ICT-Kenntnissen zu qualitativ besserem oder überlegterem ICT-Einsatz geführt hat, wurde durch die Evaluation nicht überprüft.

8.6.4 Verbesserungsmöglichkeiten

In der Untersuchung von PETKO und KNÜSEL werden sowohl von Seiten der Lehrer- und Schülerschaft als auch von den AutorInnen der Untersuchung auch Verbesserungsvorschläge für eine erhöhte ICT-Nutzung erwähnt. Abbildung 8-13 zeigt die Variablen des Systemmodells, die gemäss Lehrpersonen, Schülerschaft und den AutorInnen der Studie für eine erhöhte ICT-Nutzung beeinflusst werden müssten. Neben mehr Geräten, die zu einer erhöhten Zugänglichkeit (C) führen würden, wünschen sich Lehrpersonen vor allem besser auf Lehrplan und traditionelle Lehrmittel abgestimmte Lernsoftware und ICT-basiertes Unterrichtsmaterial (M) [Petko, Knüsel 2004: 63]. Die Schülerinnen und Schüler dagegen wünschen sich neben häufigerer Arbeit mit ICT, interessanteren Aufgaben, grösserem Freiraum für eigenen Ideen und Projekte auch längere Arbeitsphasen, was mit geeigneteren Zeitstrukturen des Unterrichts (T) erreicht werden könnte. PETKO und KNÜSEL schliesslich empfehlen, vermehrt methodisch-didaktische Weiterbildungen anzubieten (W2).

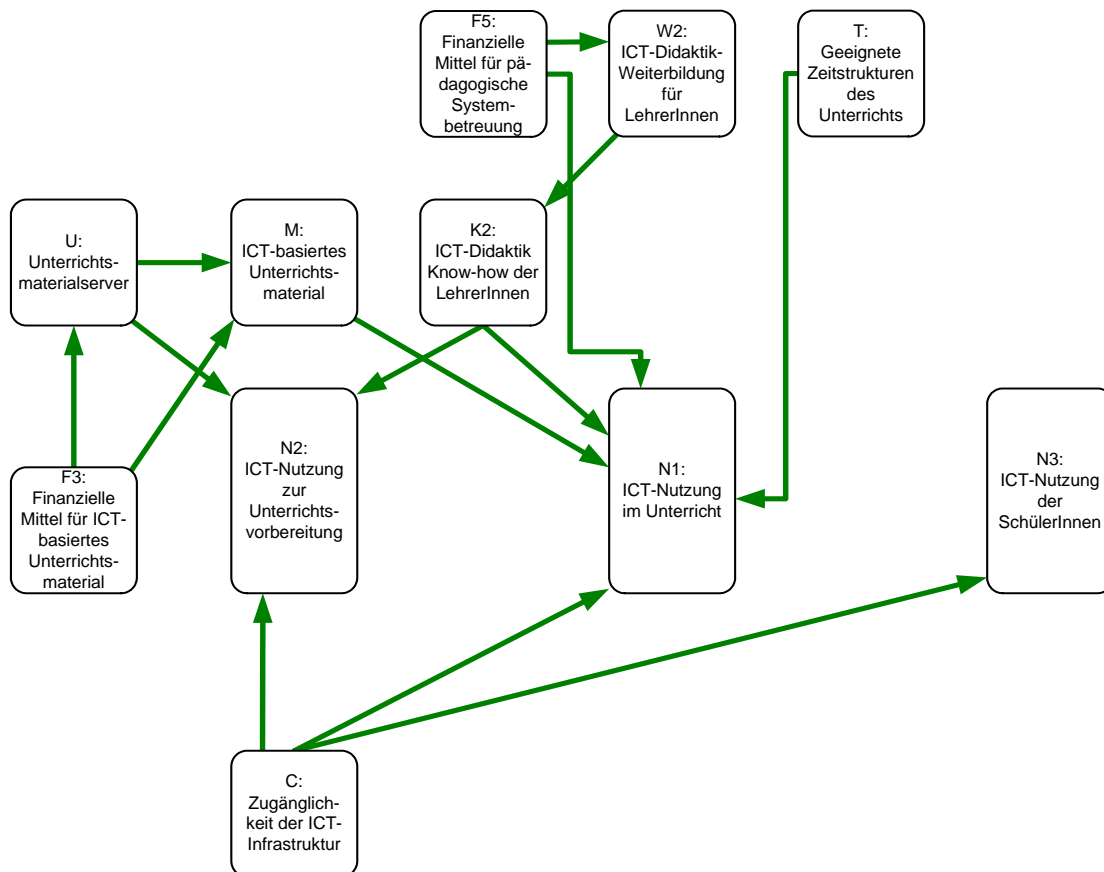


Abbildung 8-13: Von den Lehrpersonen und SchülerInnen vorgeschlagene Variablen, deren Beeinflussung zu einer erhöhten ICT-Nutzung führen könnte.

8.6.5 Empfehlungen aufgrund der Evaluation

Neben den bereits genannten Verbesserungsvorschlägen empfehlen PETKO und KNÜSEL in ihrer Evaluation, das Projekt in der bestehenden Form weiterzuführen:

Es wird empfohlen, das Projekt auf der Sekundarstufe I fortzusetzen und soweit möglich, auf andere Schulstufen auszudehnen. Auf diese Weise haben die Schulen die Infrastruktur und die nötige Unterstützung, um in ihrem Bildungsauftrag an die zunehmend von neuen Medien durchdrungene Alltagswelt anschlussfähig zu bleiben. Schülerinnen und Schülern können zeitgemässe Lerngelegenheiten geboten und wichtige berufliche Kompetenzen vermittelt werden. [Petko, Knüsel 2004]

8.7 Erfolgsfaktoren

Rückblickend sind vor allem folgende Punkte für den Erfolg des Projektes mit verantwortlich:

- **Unterstützung durch die Schulbehörde:** Dass Schuldirektion und Behörden das Konzept angestossen und das Projekt während Planung und Umsetzung unterstützt haben, hat wesentlich zum Erfolg des Projektes beigetragen.
- **Einbezug aller Beteiligten:** Das Mitspracherecht aller Beteiligten brachte alle notwendigen Perspektiven in den Planungsprozess. Dadurch konnten verschiedene Probleme frühzeitig erkannt und gelöst werden. Das aktive Mitdenken hat aber auch das Verständnis für die unumgänglichen Kompromisse gefördert.

- **Über Informatikmittelbeschaffung hinausgehende Planung:** Sowohl bei der Konzepterstellung als auch bei der Umsetzung wurde darauf geachtet, nicht nur die technischen Anforderungen eines solchen Projektes zu erfüllen, sondern das inhaltliche Ziel immer vor die technische Umsetzung zu stellen.

Doppel-Know-how ICT/Schule: Die Konzeptautoren und der Projektleiter der Umsetzung verfügen sowohl über Schulerfahrung als auch über ICT-Wissen. Dies hat sich an vielen Stellen als wertvoll erwiesen, da sowohl LehrerInnen als auch Techniker in einem solchen Projekt mit einer ihnen fremden Welt konfrontiert werden.

8.8 *Signalwirkung*

Das ICT-Konzept für die Schulen der Stadt Solothurn hat sowohl in der Region als auch international für Interesse gesorgt. Zahlreiche benachbarte Gemeinden haben sich das Konzept bereits im laufenden Betrieb angeschaut und gewisse Aspekte übernommen. Während der Verzicht auf Server bisher keine Nachahmung gefunden hat, wurde die Anstellung eines ICT-Integrators in mehreren benachbarten Gemeinden in Planung und Budgetierung aufgenommen.

Das wissenschaftliche Publikum an der *Open IFIP & GI Conference on Social, Ethical and Cognitive Issues of ICT and Informatics (SEC III)* interessierte sich bei der Konzeptpräsentation ([Döbeli, Pilloud 2002]) insbesondere für die Aspekte Obligatorium und flächendeckende Einführung in einer Gemeinde (kein Pilotprojekt). Beide Aspekte bieten ideale Grundlagen für empirische Untersuchungen, da in diesem Projekt Selbstselektion weder bei den Lehrpersonen (besonders motivierte Lehrpersonen melden sich freiwillig) noch bei den SchülerInnen (interessierte SchülerInnen melden sich für eine Pilotklasse oder ein Pilotschulhaus) die Ergebnisse verfälschen kann.

8.9 *Diskussion*

Das Projekt konnte mit Erfolg abgeschlossen werden und hat Signalwirkung für die Region.

In die gewählte Lösung wurden zwar prinzipiell Konzepte übernommen, die beim Informatikmitteleinsatz in Unternehmen gängig sind (Standardisierung, Image-Erstellung, Projektmanagement). Dies hat die Effizienz der eingesetzten Mittel sichergestellt und das Vertrauen von Behörden und Bevölkerung gewonnen.

Die umgesetzte Lösung unterscheidet sich aber in zentralen Punkten von einer Unternehmenslösung: Es fehlen Server, Benutzerverwaltung und zentrale Datensicherung. Dafür wurde Wert darauf gelegt, den MitarbeiterInnen möglichst viel Freiheit bei der Nutzung der Geräte zu bieten. Dies beginnt bei der Mobilität dank Funkvernetzung im Schulhaus und der Möglichkeit für Lehrpersonen, eigene Software auf den Geräten zu installieren und endet mit der Erlaubnis, die Geräte nach Hause zu nehmen und auch für private Zwecke zu verwenden.

9 ERGEBNISSE UND AUSBLICK

9.1 *Ergebnisse*

In der vorliegenden Arbeit werden die Beschaffung und der Betrieb von Informatikmitteln in der Schule aus technischer und organisatorischer Perspektive beschrieben. Grundlage dafür bilden eine klare und konsistente Begriffsbildung sowie ein umfassendes, qualitatives Systemmodell des ICT-Einsatzes in der Schule (Kapitel 2). Darauf aufbauend werden in den Kapiteln 4 bis 6 organisatorische, finanzielle und technische Konzepte des ICT-Einsatzes in der Schule im Vergleich zum ICT-Einsatz in Unternehmen erarbeitet.

Diese theoretischen Ergebnisse werden anschliessend in zwei Stufen operationalisiert und in der Praxis erprobt. Kapitel 7 operationalisiert am Beispiel des aktuellen Technologiewandels von Desktops zu Notebooks und seinen Auswirkung auf den schulischen ICT-Einsatz die zuvor erarbeiteten Konzepte. Kapitel 8 schliesslich beweist die Praxistauglichkeit der Überlegungen durch eine grosse Fallstudie. In den Schulen der Stadt Solothurn konnten die Konzepte der vorliegenden Arbeit umgesetzt und praktisch erprobt werden. Eine externe wissenschaftliche Untersuchung [Petko, Knüsel 2004] überprüfte den Erfolg der Umsetzung und empfiehlt, das umgesetzte Konzept unverändert weiter zu führen. Damit wurde die Nützlichkeit und Praxistauglichkeit der entwickelten Konzepte nachgewiesen.

Von den Ergebnissen dieser Arbeit können all jene profitieren, die an Planung, Beschaffung oder Betrieb von Informatikmitteln an Schulen beteiligt sind:

- Ein *gemeinsames*, verständliches und konsistentes Begriffssystem sowie das entstandene Systemmodell erleichtern sowohl Planungs- als auch Umsetzungsarbeit.
- Das Systemmodell hilft, den eigenen Wahrnehmungshorizont zu erweitern und weniger offensichtliche Zusammenhänge zu entdecken.
- EntscheidungsträgerInnen in Schulen und Schulbehörden werden in dieser Arbeit langlebige Konzepte von Informatikmittelbeschaffung und -Betrieb präsentiert.
- InformatikerInnen in Schul-ICT-Projekten erhalten die notwendigen Hinweise zu Unterschieden beim Informatikmitteleinsatz in Schulen und Unternehmen.

- Für empirische Untersuchungen kann das erarbeitete Systemmodell als Basis zur Überprüfung oder Widerlegung von Wirkzusammenhängen dienen.

Das im Rahmen der Fallstudie (Kapitel 8) erarbeitete ICT-Konzept der Stadtschulen Solothurn wurde bereits mehrfach als Vorlage für ICT-Konzepte anderer Gemeinden verwendet und hat darum seine Nützlichkeit bereits in der Praxis beweisen können.

9.2 *Ausblick*

Die Zukunft des ICT-Einsatzes in der Schule wird zu einem grossen Teil durch das Gesetz von Moore (siehe 3.2.1) beeinflusst. Solange dieses Gesetz seine Gültigkeit behält, werden Informatikmittel weiterhin leistungsfähiger, kleiner und kostengünstiger.

Mittelfristiger Trend: Handhelds

Eine heute absehbare Entwicklung des schulischen ICT-Einsatzes geht hin zu kleinen und in einer Hand haltbaren Kleincomputern, so genannten *Handhelds*. Heutige Handhelds sind kleiner als ein Taschenbuch, aber um ein Mehrfaches leistungsfähiger als die ersten PCs. Erfahrungsberichte und erste Studien zum Einsatz von Handhelds in Schulen (z.B. [Soloway et. al 2001], [Curtis et al. 2002], [Vahey, Crawford 2002], [Perry 2003]) sowie pädagogisch-didaktische Einsatzszenarien ([Curtis et al.2004], [Norris, Soloway 2004]) sind bereits verfügbar. Aus organisatorischer Sicht wird sich mit Handhelds der in Kapitel 7 bereits thematisierte *Trend zu persönlichen Geräten* verstärken.

Langfristiger Trend: Ubiquitous Computing

Die weitere Miniaturisierung ermöglicht den Einbau von Computerleistung in immer mehr und immer kleinere Gegenstände. Dies führt zum so genannten *Ubiquitous Computing*, bei der die untereinander vernetzten Gegenstände „zu denken scheinen“ [Gershenfield 1998]. Verschiedene Prognosen gehen davon aus, dass der sichtbare Computer durch eine Menge von unsichtbaren Computern abgelöst werden wird (siehe z.B. [Mattern 2003]). Es ist bisher nicht absehbar, wie diese technische Entwicklung Schule und Lernen beeinflussen wird.

Bis auf weiteres: Schulung der EntscheidungsträgerInnen

Aus der Tatsache, dass ein Ende der technischen Entwicklung und deren Auswirkung auf die Schule nicht abzusehen ist, lässt sich jedoch ableiten, dass Schulen auf absehbare Zeit mit technischen Veränderungen konfrontiert sein werden. Neben der unterdessen als Aufgabe anerkannten *Integration von ICT in die Ausbildung* müssen Schulen auch lernen, mit Technologiesprüngen (siehe 3.2.3) und divergierenden Erwartungshaltungen aufgrund von *Hype Cycles* (siehe 3.2.5) umzugehen. Dies erfordert eine Weiterbildung von EntscheidungsträgerInnen in Schulen und Schulbehörden (siehe z.B. [Hartmann et al. 2001], [Vorndran, Zotta 2003]). Bei der Schulung von EntscheidungsträgerInnen in Schulen und Schulbehörden kann die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Begriffsbildung und Systematik auch dann noch helfen, wenn die konkret beschriebenen Technologien bereits veraltet sein werden.

A GLOSSAR

Ablösung	Ausserbetriebnahme von <u>Informatikmitteln</u> mit dem Ziel der Entsorgung oder Zweitnutzung.
AnwenderInnen	Personen, welche <u>Informatikmittel</u> für ihre Bedürfnisse nutzen. In der Schule: Lehrpersonen und SchülerInnen.
AnwenderInnen-Weiterbildung	Förderung der Kenntnisse und Fähigkeiten von <u>AnwenderInnen</u> zur Nutzung von <u>Informatikmitteln</u>
Beschaffung	Projektmässige Planung und Bereitstellung von geeigneten <u>Informatikmitteln</u>
Besitzer-Gesamtkosten	(TCO = Total Cost of Ownership) Kosten von <u>Informatikmitteln</u> während ihrer gesamten Lebensdauer = <u>Investitionskosten</u> + <u>Betriebskosten</u>
Betrieb	Alle Tätigkeiten und Aufwendungen, die zum produktiven Einsatz der <u>Informatikmittel</u> nach der Inbetriebnahme und vor der Entsorgung (d.h. während der <u>Nutzungsdauer</u>) notwendig sind.
Betriebskosten	Kosten, die während der Betriebsphase von <u>Informatikmitteln</u> anfallen.
Client	Computer, der von anderen Computern Dienstleistungen bezieht.
Computerarchitektur	Ein Konzept der Zusammenarbeit und Aufgabenverteilung mehrerer vernetzter Computer
ENpS-Programm	Ein- <u>Notebook</u> -pro-StudentIn Programm: Schulische Einsatzform, bei welcher alle Studierenden ein persönliches <u>Notebook</u> zur Verfügung haben. [Döbeli, Stähli 2001]
Funktionsfähigkeit	Mass für die spezifikationsgemässe Erfüllung aller vorgesehenen Aufgaben durch die Informatikmittel.
ICT	Als Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) werden alle Konzepte und Produkte bezeichnet, die zur Datengewinnung, Datenverarbeitung, Datenübermittlung, Datenspeicherung und Datenpräsentation verwendet werden.
Informatikmittel	Geräte und Programme, die zur Datengewinnung, Datenverarbeitung, Datenübermittlung und Datenpräsentation benötigt werden.
Investitionskosten	Einmalige Kosten zur <u>Beschaffung</u> (und Entsorgung) von <u>Informatikmitteln</u>
LAN	Local Area Network: Lokales Netzwerk

Moore'sches Gesetz	Das Gesetz von Moore besagt, dass sich die Anzahl der möglichen Transistoren auf Computerchips alle 18 Monate verdoppelt.
Notebook	Mobiler Computer mit integrierter Tastatur und Flachbildschirm im aufklappbaren Deckel in etwa A4-Grösse mit ähnlicher Hard- und Softwareausstattung wie übliche Desktop-Computer. Ein Notebook verfügt über einen Akku, welcher für mindestens eine Stunde den Betrieb ohne Anschluss ans Stromnetz ermöglicht
Notebook-Pool	Vorrat von <u>Notebooks</u> , welcher von der Schule verwaltet und klassenweise verwendet wird. Die Geräte werden dabei zu unterschiedlichen Zeiten von unterschiedlichen Personen benutzt. [Döbeli, Stähli 2001]
Nutzung	Produktiver Einsatz von <u>Informatikmitteln</u> durch <u>AnwenderInnen</u> .
Projekt	Ein Projekt ist ein zeitlich begrenztes Entwicklungsvorhaben zum Lösen von Problemen innerhalb eines vorgegebenen Zielsystems. Es umfasst die Gesamtheit der für die Problemlösung notwendigen Entwicklungsarbeiten. [Zehnder 2001]
Server	Computer, der anderen Computern Dienstleistungen (Rechenzeit, Speicherplatz, usw.) online zur Verfügung stellt.
Support	Unterstützung von AnwenderInnen bei Problemen bei der <u>Nutzung</u> von <u>Informatikmitteln</u> .
Unternehmen	In dieser Arbeit: Profitorientierte Organisation mit mehr als 15 Mitarbeitern.
Unterricht	Tätigkeit von SchülerInnen, die von einer Lehrperson geleitet oder betreut wird.
Verfügbarkeit	Mass für die <u>Zugänglichkeit</u> und <u>Funktionsfähigkeit</u> der <u>Informatikmittel</u> .
Wartung	Sicherstellung der <u>Funktionsfähigkeit</u> der <u>Informatikmittel</u>
WLAN	Wireless-LAN, Funknetzwerk
Zugänglichkeit	Mass für die Möglichkeit, dass BenutzerInnen zu einem Arbeitsplatz Zugang zu haben, d.h. der Arbeitsplatz ist weder besetzt noch unerreichbar (hinter verschlossener Tür o.ä.) und die benötigten Zugangsberechtigungen (Passwörter) sind den BenutzerInnen bekannt.

B SYSTEMMODELL

In diesem Anhang werden sämtliche Wirkungszusammenhänge des in Abbildung 2-12 in Abschnitt 2.4 vorgestellten Systemmodells einzeln skizziert und begründet.

Legende

- (+) Es handelt sich um einen positiven Wirkungszusammenhang
- (-) Es handelt sich um einen negativen Wirkungszusammenhang
- evident Der Zusammenhang ist evident und bedarf keiner weiteren Erklärung
- Begründung Der Zusammenhang wird in diesem Anhang begründet
- Siehe x.y Der Zusammenhang wird in Abschnitt x.y nachgewiesen.
- Literatur Der Zusammenhang ist auch in der Literatur zu finden
- Empirisch Es existieren empirische Untersuchungen, die diesen Zusammenhang stützen

B1 Stärke der Wirkungszusammenhänge

Positive Wirkungszusammenhänge

Ein positiver Wirkungszusammenhang $A \rightarrow B$ lässt sich verschieden stark formulieren:

- **Notwendige Vorbedingung: Wenn A nicht erfüllt ist, dann ist B nicht möglich.**
Dies ist die schwächste betrachtete Abhängigkeit. A ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für B. In dieser Formulierung genügt A nicht unbedingt für das Eintreten von B.
Beispiel: Ohne ICT-Infrastruktur ist keine ICT-Nutzung möglich.
- **Ursache/Wirkung: Aus A folgt B.**
Diese Formulierung ist bereits stärker. Es handelt sich zwar immer noch um eine qualitative Beschreibung des Zusammenhangs. Wenn A jedoch gegeben ist, dann wird B zwingend eintreten. Es fehlt jedoch eine Angabe, welcher Schwellwert von A überschritten werden muss, damit B eintritt.
Beispiel: Die Beschaffung von ICT-Infrastruktur führt zu Aufwand im Betrieb, der geleistet werden sollte.
- **Monotoner Zusammenhang: Je mehr A, desto mehr B.**
Diese Formulierung ist noch stärker, denn sie weist bereits quantitative Eigenschaften auf. Sie postuliert, dass eine monotone Funktion existiert, mit der sich der Zusammenhang $A \rightarrow B$ beschreiben lässt. Je nach Komplexität der Funktion sind Simulationen des Systems einfacher oder schwieriger.

lationen des Systems einfacher oder schwieriger.

Beispiel: Jeder zusätzliche Computerarbeitsplatz erhöht den Betriebsaufwand. Der Aufwand nimmt aber stärker zu, wenn man zu zehn Geräten ein weiteres hinzufügt, als wenn man zu hundert eines dazufügt.

- **Linearer Zusammenhang: $B = \text{Konstante} * A$**

Dies ist die präziseste behandelte Formulierung, denn sie postuliert einen linearen Zusammenhang von A und B über den ganzen Wertebereich von A. Simulationen des Systems sind damit sehr einfach möglich.

Beispiel: Der Platzbedarf für Computerarbeitsplätze hängt linear mit den Anzahl Arbeitsplätzen zusammen.

Negative Wirkungszusammenhänge

Auch ein negativer Wirkungszusammenhang $A \rightarrow \neg B$ lässt sich verschieden stark formulieren:

- **Notwendige Vorbedingung: Wenn A nicht erfüllt ist, dann lässt sich B nicht verhindern.**

Dies ist die schwächste Formulierung. A ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für die Verhinderung von B. In dieser Formulierung genügt A nicht unbedingt für das Verhindern von B.

Beispiel: Ist niemand für die Wartung der ICT-Infrastruktur verfügbar, dann lässt sich ein Systemunterbruch nicht verhindern.

- **Ursache/Wirkung: Aus A folgt Nicht-B.**

Diese Formulierung ist bereits stärker. Es handelt sich zwar immer noch um eine qualitative Beschreibung des Zusammenhangs. Wenn A jedoch gegeben ist, dann wird B zwingend verhindert. Es fehlt jedoch eine Angabe, welcher Schwellwert von A überschritten werden muss, damit B verunmöglicht wird.

Beispiel: Nach einer gewissen Anzahl von schlechten Erfahrungen beim Einsatz von ICT im Unterricht will eine Lehrperson ICT nicht mehr im Unterricht einsetzen.

- **Monotoner Zusammenhang: Je mehr A, desto weniger B.**

Diese Formulierung ist noch stärker, denn sie weist bereits quantitative Eigenschaften auf. Sie postuliert, dass eine monotone Funktion existiert, mit der sich der Zusammenhang $A \rightarrow B$ beschreiben lässt. Je nach Komplexität der Funktion sind Simulationen des Systems einfacher oder schwieriger.

Beispiel: Je mehr Nutzende die gleiche Anzahl Computer benutzen wollen, desto geringer ist die Verfügbarkeit eines Computerarbeitsplatzes.

- **Linearer Zusammenhang: $B = - \text{Konstante} * A$**

Dies ist die stärkste Formulierung, denn sie postuliert einen linearen Zusammenhang von A und B über den ganzen Wertebereich von A. Simulationen des Systems sind damit sehr einfach möglich.

Beispiel: Je mehr bei einem fixen Gesamtbetrag für ICT-Infrastruktur ausgegeben wird, desto weniger ist den Betrieb verfügbar

B2 Beschreibung der Wirkungszusammenhänge nach Variablen

A	Benötigter Betriebsaufwand
Definition:	Notwendiger Aufwand, um die Funktionsfähigkeit der bestehenden ICT-Infrastruktur zu gewährleisten.
Messbarkeit:	Der benötigte Betriebsaufwand darf nicht mit dem tatsächlich geleisteten Betriebsaufwand verwechselt werden. Der benötigte Betriebsaufwand ist schwierig abschätz- und messbar, darum wird in empirischen Untersuchungen oft vereinfachend mit dem geleisteten Betriebsaufwand gerechnet.

Auf A wirkende Einflüsse

- D → A (+) evident** **Probleme beim ICT-Einsatz erhöhen den benötigten Betriebsaufwand.**
- K3 → A (-) evident** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto geringer der benötigte Betriebsaufwand.**
SystembetreuerInnen mit grösserem Know-how können Probleme effizienter lösen als solche mit geringerem Know-how.
- O → A (+) Literatur** **Je mehr Geräte, desto grösser der benötigte Betriebsaufwand**
"The number of workstations affects the resources required for tracking and inventory, hardware maintenance, installation/re-booting/updating, and system-wide services." [Arfman, Roden 1992]
- P → A (+) evident** **Je mehr Software installiert wird, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand.**
Jede Software muss beschafft werden (Initialaufwand) und danach betrieben werden (Betriebsaufwand).
- Q → A (+) Literatur** **Je mehr BenutzerInnen, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand.**
"The number of users affects accounts administration, user training, 'how to use' consulting, documentation, and server configuration and sizing." [Arfman, Roden 1992]
- R → A (+) Siehe 5.3.5** **Je komplexer die Gesamtinstallation, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand**
Die Komplexität einer Installation hat einen Einfluss auf mögliche Probleme durch Inkompatibilitäten oder gegenseitige Beeinflussung und erschwert die Fehlersuche.
- S → A (-) Begründung** **Je grösser die Standardisierung, desto geringer der benötigte Betriebsaufwand.**
Eine geeignete Standardisierung der ICT-Infrastruktur verringert den benötigten Betriebsaufwand, da weniger Detailwissen für unterschiedliche Konfigurationen benötigt wird, sich einmal gelöste Probleme an mehreren Stellen auswirken, weniger unterschiedliche Ersatzteile benötigt werden und sich der Automatisierungsaufwand eher lohnt.
- X → A (+) Begründung** **Je älter die Geräte, desto grösser der benötigte Betriebsaufwand.**
Die benötigten Treiber fehlen, die Geräte sind langsamer und nicht mit neuen Komponenten kompatibel, die Garantie ist abgelaufen und die Ersatzteilbeschaffung ist schwieriger.

- Y → A (-) evident** **Je wartungsfreundlicher ein System aufgesetzt ist, desto geringer wird der benötigte Betriebsaufwand.**
Dieser Zusammenhang gilt per Definition, denn sonst wäre das System nicht wartungsfreundlich.
- Z → A (-) Begründung** **Zentrale Software-Wartung verringert den benötigten Betriebsaufwand.**
Dank zentraler Software-Wartung können gewisse Probleme zentral statt bei jedem einzelnen Computer vor Ort gelöst werden.

Auswirkung von A

- A → B (-) Begründung** **Je höher der benötigte Betriebsaufwand bei gleich bleibenden Personalressourcen, desto schlechter ist die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
Je mehr Arbeit zu erledigen ist ohne zusätzliche Arbeitskraft, die diese erledigen könnte, desto mehr Arbeit bleibt unerledigt. Damit sinkt die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.

B Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur

Definition:	Die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur ist dann voll gegeben, wenn die Infrastruktur alle vorgesehenen Aufgaben fehlerlos erledigt.
Messbarkeit:	Mit einer operationalisierten Definition der Funktionsfähigkeit der ICT-Infrastruktur lässt sich dieser Faktor messen („Der Computer lässt sich starten, ein autorisierter User kann sich anmelden, eine Webseite abrufen und ausdrucken“).

Auf B wirkende Einflüsse

- A → B (-) Begründung** **Je höher der benötigte Betriebsaufwand bei gleich bleibenden Personalressourcen, desto schlechter ist die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
Je mehr Arbeit zu erledigen ist ohne zusätzliche Arbeitskraft, die diese erledigen könnte, desto mehr Arbeit bleibt unerledigt. Damit sinkt die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.
- F4 → B (+) Siehe 4.3.4** **Mehr Geld für den ICT-Betrieb erhöht die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
Mehr Geld für den ICT-Betrieb ermöglicht den Einsatz zusätzlicher Arbeitskraft, so dass Fehler schneller behoben werden können.
- G → B (+) Siehe 4.5** **Einsatz von SchülerInnen für den ICT-Betrieb erhöht die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
SchülerInnen können je nach Alter und Ausbildung sowohl Support- als auch Wartungsaufgaben erledigen und so einen Teil des benötigten Betriebsaufwandes (A) leisten.
- X → B (-) Begründung** **Je älter die Geräte, desto geringer ist die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
Ab einem gewissen Alter zeigen die Geräte Ermüdungserscheinungen und häufigere Ausfälle mechanischer Teile (Eingabegeräte, Speichermedien). Die mechanische Beanspruchung der ICT-Infrastruktur ist in Schulen grösser als in Unternehmen.

Auswirkungen von B

- B → E (+) evident** **Je schlechter die ICT-Infrastruktur funktioniert, desto grösser sind schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen.**
Die schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen sind umso zahlreicher, je grösser die Chance ist, auf nicht funktionierende ICT-Infrastruktur zu treffen.
- B → N1 (+) evident** **ICT kann im Unterricht nur eingesetzt werden, wenn sie funktioniert.**
Funktionstüchtige ICT-Infrastruktur ist die Voraussetzung für den ICT-Einsatz im Unterricht.

C

Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur

Definition:

Unter Zugänglichkeit wird die Möglichkeit verstanden, zu einem Arbeitsplatz Zugang zu haben, d.h. der Arbeitsplatz ist weder besetzt noch unerreichbar (hinter verschlossener Tür o.ä.) und Berechtigte haben die benötigten Zugangsberechtigungen (Passwörter)

Messbarkeit:

Diese Variable lässt sich messen, entweder durch eine Umfrage bei den BenutzerInnen oder direkte Erfassung vor Ort.

Auf C wirkende Einflüsse

- F4 → C (+) Siehe 4.3.4** **Finanzielle Mittel für den ICT-Betrieb erhöhen die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur.**
Mit mehr finanziellen Mitteln für den ICT-Betrieb nimmt die Belastung der SystembetreuerInnen ab. Damit werden sie weniger versuchen, durch das Abschliessen des Computerraums die Nutzungsprobleme tief zu halten.
- O → C (+) Empirisch** **Die Zahl der Geräte erhöht die Zugänglichkeit von Geräten.**
Je mehr Geräte vorhanden sind, desto geringer ist bei gleich bleibender Anzahl der BenutzerInnen die Chance, dass alle Geräte bereits besetzt sind. Niederer et al. zeigen sogar einen Zusammenhang mit der Nutzung im Unterricht auf: "Der Wert des Indikators 'Anzahl Schüler/innen pro Computer' einer Schule wirkt sich ebenfalls auf den Grad der Computernutzung aus. Ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die sich durchschnittlich einen Computer teilen, gross, benutzen tendenziell weniger Lehrpersonen Computer im Unterricht, als wenn im Durchschnitt nur wenige Schülerinnen und Schüler auf einen Computer kommen." [Niederer et al. 2003:67]
- Q → C (-) evident** **Je mehr BenutzerInnen, desto schlechter ist die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur.**
Je mehr BenutzerInnen sich die vorhandene ICT-Infrastruktur teilen müssen, desto weniger bleibt pro BenutzerIn übrig.

Auswirkungen von C

- C → N1 (+) Empirisch** **Einfache Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur erhöht ihre Nutzung im Unterricht.**
Bei der Internetnutzung wird dieser Zusammenhang durch eine Untersuchung von Scholl und Prasse unterstützt: "Mangelnde Zugangsbedingungen wurden von vielen Lehrern als ein wesentlicher Grund angegeben, warum sie das Internet nicht in ihrem Unterricht einsetzen. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Internet-PCs an der Schulen waren oft alles andere als optimal. Sowohl die individuelle Lehrer- und Schüler-Nutzung als auch die Unterrichts-Nutzung selbst sind häufig sehr stark eingeschränkt." [Scholl, Prasse 2001]

Die Untersuchungen von Niederer et al. weisen in die gleiche Richtung: "Der Wert des Indikators «Anzahl Schüler/innen pro Computer» einer Schule wirkt sich ebenfalls auf den Grad der Computernutzung aus. Ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die sich durchschnittlich einen Computer teilen, gross, benutzen tendenziell weniger Lehrpersonen Computer im Unterricht, als wenn im Durchschnitt nur wenige Schülerinnen und Schüler auf einen Computer kommen." [Niederer et al. 2003]

C → N2 (+) Literatur Einfache Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur erhöht ihre Nutzung Unterrichtsvorbereitung.

Siehe C → N1 [Scholl, Prasse 2001]

C → N3 (+) Literatur Einfache Zugänglichkeit zur ICT-Infrastruktur erhöht die ICT-Nutzung durch SchülerInnen.

Siehe C → N1 [Scholl, Prasse 2001]

D

Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz

Definition: Benutzungsprobleme oder Fehler, welche nicht durch BenutzerInnen innert zumutbarer Frist selbst behoben werden können.

Messbarkeit: Mit einer operationalisierten Definition der Benutzungsprobleme lässt sich dieser Faktor messen ("Anzahl der Benutzungsprobleme pro Woche, bei denen ein Benutzer aufgrund eines aufgetretenen Problems die vorgesehene Arbeit nicht erledigen konnte.").

Auf D wirkende Einflüsse

K1 → D (-) Literatur ICT-Know-how von LehrerInnen verringert die Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz.

Gewisse Probleme entstehen gar nicht erst, gewisse Probleme können selbst behoben werden und die Fehlerbeschreibungen der verbleibenden Probleme werden aussagekräftiger.

K4 → D (-) Begründung ICT-Anwendungs-Know-how von SchülerInnen verringert die Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz.

Siehe K1 → D

N1 → D (+) Siehe 5.3.5 Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto häufiger treten Benutzungsprobleme auf.

ICT-Infrastruktur arbeitet nie perfekt und BenutzerInnen können nicht sich nicht immer selbst helfen. Somit erhöht die Nutzung von ICT im Unterricht die Zahl der Benutzungsprobleme.

N2 → D (+) Siehe 5.3.5 ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung erhöht die Zahl der Benutzerprobleme beim ICT-Einsatz.

Siehe N1 → D

N3 → D (+) Siehe 5.3.5 ICT-Nutzung durch SchülerInnen erhöht die Zahl der Benutzerprobleme beim ICT-Einsatz.

Siehe N1 → D

Auswirkungen von D

- D → A (+) evident** Probleme beim ICT-Einsatz erhöhen den benötigten Betriebsaufwand.
- D → E (+) evident** Benutzungsprobleme erhöhen die schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen.

E

Schlechte Erfahrungen der BenutzerInnen

- Definition:** Erinnerung an Probleme bei der Nutzung von ICT im Unterricht oder nicht funktionierende Infrastruktur beim Versuch der Nutzung.
- Messbarkeit:** Mit einer operationalisierten Definition der Benutzungsprobleme kann dieser Faktor gemessen werden ("Anzahl der Benutzungsprobleme pro Woche, bei denen ein Benutzer aufgrund eines aufgetretenen Problems die vorgesehene Arbeit nicht erledigen konnte.").

Auf E wirkende Einflüsse

- B → E (+) evident** Je schlechter die ICT-Infrastruktur funktioniert, desto grösser sind schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen.
Die schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen sind umso zahlreicher, je grösser die Chance ist, auf nicht funktionierende ICT-Infrastruktur zu treffen.
- D → E (+) evident** Benutzungsprobleme erhöhen die schlechten Erfahrungen der BenutzerInnen.

Auswirkung von E

- E → N1 (-) evident** Je grösser die Anzahl schlechter Erfahrungen der BenutzerInnen, desto weniger wird ICT im Unterricht eingesetzt.

F0

Finanzielle Mittel für ICT

- Definition:** Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, die für ICT in der Schule insgesamt zur Verfügung stehen.
- Messbarkeit:** Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F0 wirkende Einflüsse

- K0 → F0 (+) Begründung** Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT zur Verfügung.
Je besser Schulleitung und Schulbehörden über den Nutzen aber auch die notwendigen finanziellen Mittel insgesamt und der einzelnen Teilbereiche (F1-F5) Bescheid wissen, desto eher werden sie selbst Mittel sprechen oder sich bei übergeordneten Instanzen dafür einsetzen.
- L → F0 (+) Begründung** ICT-Integration in den Lehrplan erhöht die finanziellen Mittel für ICT.
Wenn die Nutzung und/oder die Thematisierung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, lassen sich finanzielle Mittel damit begründen oder erhöhen.

Auswirkungen von F0

- F0 → F1 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für den Bereich ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Infrastruktur.**
Zumindest ein Teil der verfügbaren Mittel für den Bereich ICT wird zur Beschaffung von ICT-Infrastruktur verwendet.
- F0 → F2 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für den Bereich ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Weiterbildung.**
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für ICT-Weiterbildung ausgegeben wird.
- F0 → F3 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Unterrichtsmaterial.**
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für ICT-Unterrichtsmaterial ausgegeben wird.
- F0 → F4 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für den ICT-Betrieb.**
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für den ICT-Betrieb ausgegeben wird.
- F0 → F5 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für pädagogische Systembetreuung.**
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für die pädagogische Systembetreuung ausgegeben wird.

F1

Finanzielle Mittel für ICT-Infrastruktur

Definition:	Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, welcher für Hard- und Software und Vernetzung in der Schule zur Verfügung steht.
Messbarkeit:	Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F1 wirkender Einfluss

- F0 → F1 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für den Bereich ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Infrastruktur.**
Zumindest ein Teil der verfügbaren Mittel für den Bereich ICT wird zur Beschaffung von ICT-Infrastruktur verwendet.

Auswirkungen von F1

- F1 → O (+) Begründung** **Geld für ICT-Infrastruktur ermöglicht die Erhöhung der Anzahl Geräte.**
Mit Geld für ICT-Infrastruktur lässt sich die Anzahl Geräte erhöhen.
- F1 → V (+) Begründung** **Geld für ICT-Infrastruktur ermöglicht deren Vernetzung.**
Je mehr Geld für ICT-Infrastruktur vorhanden ist, desto eher lässt sich diese vernetzen.
- F1 → X (-) Begründung** **Geld für ICT-Infrastruktur verringert das Alter der Geräte.**
Je mehr Geld für ICT-Infrastruktur vorhanden ist, desto eher lässt sich diese ersetzen.

F2**Finanzielle Mittel für ICT-Weiterbildung**

Definition:	Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, welcher für LehrerInnen-Weiterbildung im Bereich ICT zur Verfügung steht.
Messbarkeit:	Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F2 wirkende Einflüsse

- F0 → F2 (+) Begründung** Mehr finanzielle Mittel für den Bereich ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Weiterbildung.
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für ICT-Weiterbildung ausgegeben wird.
- K0 → F2 (+) Begründung** Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT-Weiterbildung zur Verfügung
Wenn Schulleitungen und Schulbehörden die Bedeutung von Weiterbildung im Bereich ICT erkennen, desto eher werden sie einen Teil der gesamthaft zur Verfügung stehenden Mittel (F0) für die ICT-Weiterbildung verwenden.

Auswirkungen von F2

- F2 → W0 (+) evident** Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Weiterbildung für Schulleitungen und -behörden
- F2 → W1 (+) evident** Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen
- F2 → W2 (+) evident** Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen.
- F2 → W3 (+) evident** Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Weiterbildung für SystembetreuerInnen.

F3**Finanzielle Mittel für ICT-basiertes Unterrichtsmaterial**

Definition:	Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, welcher für die Erstellung und Wartung von ICT-basiertem Unterrichtsmaterial zur Verfügung steht.
Messbarkeit:	Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F3 wirkende Einflüsse

- F0 → F3 (+) Begründung** Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für ICT-Unterrichtsmaterial.
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für ICT-Unterrichtsmaterial ausgegeben wird.
- K0 → F3 (+) Begründung** Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT-orientiertes Unterrichtsmaterial zur Verfügung
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit von ICT-orientiertem Unterrichtsmaterial erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.

Auswirkungen von F3

- F3 → M (+) evident** **Geld für ICT-basiertes Unterrichtsmaterial ermöglicht die Erstellung von ICT-basiertem Unterrichtsmaterial**
- F3 → U (+) evident** **Geld für ICT-basiertes Unterrichtsmaterial ermöglicht den Betrieb von Unterrichtsmaterialservern.**
Ohne Finanzierung ist es schwierig, längerfristig den Betrieb eines Unterrichtsmaterialservers aufrecht zu erhalten.

F4

Finanzielle Mittel für ICT-Betrieb

- Definition:** Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, welcher für den Betrieb der Informatikinfrastruktur zur Verfügung steht.
- Messbarkeit:** Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F4 wirkende Einflüsse

- F0 → F4 (+) Begründung** **Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für den ICT-Betrieb.**
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für den ICT-Betrieb ausgegeben wird.
- K0 → F4 (+) Siehe 4.3.3** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für den ICT-Betrieb zur Verfügung**
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit des ICT-Betriebs erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.

Auswirkungen von F4

- F4 → B (+) Siehe 4.3.4** **Mehr Geld für den ICT-Betrieb erhöht die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
Mehr Geld für den ICT-Betrieb ermöglicht den Einsatz zusätzlicher Arbeitskraft, so dass Fehler schneller behoben werden können.
- F4 → C (+) Siehe 4.3.4** **Finanzielle Mittel für den ICT-Betrieb erhöhen die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur.**
Mit mehr finanziellen Mitteln für den ICT-Betrieb nimmt die Belastung der SystembetreuerInnen ab. Damit werden sie weniger versuchen, durch das Abschliessen des Computerraums die Nutzungsprobleme tief zu halten.

F5**Finanzielle Mittel für pädagogische Systembetreuung**

Definition:	Gesamtbetrag der finanziellen Mittel, welcher für die pädagogische Systembetreuung zur Verfügung steht.
Messbarkeit:	Dieser Faktor ist mit entsprechendem Finanzcontrolling messbar.

Auf F5 wirkende Einflüsse

- F0 → F5 (+) Begründung** Mehr finanzielle Mittel für ICT führen tendenziell zu mehr Geld für pädagogische Systembetreuung.
Gesamthaft mehr Mittel für den Bereich ICT erhöhen die Wahrscheinlichkeit und den Betrag, der für die pädagogische Systembetreuung ausgegeben wird.
- K0 → F5 (+) Begründung** Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für den pädagogischen Support zur Verfügung.
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit von pädagogischem Support erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.

Auswirkungen von F5

- F5 → N1 (+) Siehe 8.3.4** Geld für pädagogische Systembetreuung fördert den Einsatz von ICT im Unterricht durch Motivation, Aufzeigen von Einsatzmöglichkeiten, Hilfe und Controlling.
Die pädagogische Systembetreuung kann sowohl motivierend als auch kontrollierend die Nutzung von ICT im Unterricht erhöhen.
- F5 → W1 (+) Siehe 8.3.4** Mehr Geld für pädagogische Systembetreuung ermöglicht wiederkehrende ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen.
Die pädagogische Systembetreuung kann die LehrerInnen ihren Bedürfnissen gemäss wiederholt weiterbilden.
- F5 → W2 (+) Siehe 8.3.4** Geld für pädagogische Systembetreuung ermöglicht wiederkehrende ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen.
Die pädagogische Systembetreuung kann die LehrerInnen ihren Bedürfnissen gemäss wiederholt weiterbilden.

G**Einsatz von SchülerInnen für ICT-Betrieb**

Definition:	Anzahl der Zeit, die SchülerInnen für den ICT-Betrieb eingesetzt werden.
Messbarkeit:	Dies kann mit einer Stundenerfassung gemessen werden.

Auf G wirkende Einflüsse

- J → G (+) Begründung** Je älter die SchülerInnen sind, desto eher können sie für den ICT-Betrieb eingesetzt werden.
Um für den ICT-Betrieb einsetzbar zu sein, müssen SchülerInnen über gewisse ICT-Kenntnisse und eine gewisse selbständige Arbeitsweise verfügen. Beides ist mit zunehmendem Alter eher vorhanden.

K4 → G (+) Begründung **ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen ermöglicht den Einsatz von SchülerInnen für den ICT-Betrieb.**

Erst mit einem gewissen ICT-Anwendungs-Know-how können SchülerInnen als First-Level-Supporter eingesetzt werden. Mehr Know-how ermöglicht theoretisch den Einsatz für immer grössere Anteile des Betriebs.

Auswirkung von G

G → B (+) Siehe 4.5 **Einsatz von SchülerInnen für den ICT-Betrieb erhöht die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**

SchülerInnen können je nach Alter und Ausbildung sowohl Support- als auch Wartungsaufgaben erledigen und so einen Teil des benötigten Betriebsaufwandes (A) leisten.

H

Anforderungen & Wünsche der BenutzerInnen

Definition: Bedürfnisse und Wünsche der BenutzerInnen, die durch die vorhandene Infrastruktur nicht abgedeckt werden

Messbarkeit: Die Anzahl Anfragen lässt sich leicht erheben. Dies sagt aber wenig über den Aufwand aus, welcher die Umsetzung der Anfragen erzeugt.

Auf H wirkende Einflüsse

N1 → H (+) Siehe 5.3.5 **Stärkere ICT-Nutzung im Unterricht führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**

Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.

N2 → H (+) Siehe 5.3.5 **Stärkere ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**

Je mehr ICT in der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt wird, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.

N3 → H (+) Siehe 5.3.5 **Stärkere ICT-Nutzung der SchülerInnen führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**

Je mehr SchülerInnen schulische ICT nutzen, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.

Auswirkungen von H

H → O (+) Siehe 5.3.5 **Zusätzliche Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen erhöhen die Menge der Geräte.**

Zusätzliche Wünsche und Anforderungen der BenutzerInnen führen oft dazu, dass zusätzliche ICT-Infrastruktur beschafft wird.

H → P (+) Siehe 5.3.5 **Zusätzliche Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen erhöhen die Menge der installierten Software.**

Zusätzliche Wünsche und Anforderungen der BenutzerInnen führen oft dazu, dass zusätzliche Software installiert wird.

J Schulstufe/Alter

Definition: Alter und Schulstufe der SchülerInnen
 Messbarkeit: Diese Variable ist sehr einfach messbar.

Auf J wirkende Einflüsse

keine

Auswirkungen von J

J → G (+) Begründung **Je älter die SchülerInnen sind, desto eher können sie für den ICT-Betrieb eingesetzt werden.**

Um für den ICT-Betrieb einsetzbar zu sein, müssen SchülerInnen über gewisse ICT-Kenntnisse und eine gewisse selbständige Arbeitsweise verfügen. Beides ist mit zunehmendem Alter eher vorhanden.

J → N3 (+) Empirisch **Je älter die SchülerInnen, desto mehr nutzen sie ICT.**

"Die private Computernutzung nimmt mit dem Alter zu: Schülerinnen und Schüler des 7. bis 9. Schuljahres benutzen Computer häufiger als Schülerinnen und Schüler des 5. bis 6. Schuljahres; bei den Älteren liegt der Anteil der Schülerinnen und Schüler, welche Computer mehrmals in der Woche zu Hause benutzen, bei 73%, bei den Jüngeren bei immerhin noch 65%." [Niederer et al. 2003]

K0 ICT-Know-how Schulleitung und -Behörden

Definition: Know-how von Schulleitung und Schulbehörde zum Einsatz von ICT in der Schule
 Messbarkeit: Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf K0 wirkende Einflüsse

W0 → K0 (+) Begründung **Weiterbildung für Schulleitungen und -Behörden erhöht deren ICT-Know-how.**

Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

Auswirkungen von K0

K0 → F0 (+) Begründung **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT zur Verfügung.**

Je besser Schulleitung und Schulbehörden über den Nutzen, aber auch über die notwendigen finanziellen Mittel insgesamt und der einzelnen Teilbereiche (F1-F5) Bescheid wissen, desto eher werden sie selbst Mittel sprechen oder sich bei übergeordneten Instanzen dafür einsetzen.

- K0 → F2 (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT-Weiterbildung zur Verfügung**
Wenn Schulleitungen und Schulbehörden die Bedeutung von Weiterbildung im Bereich ICT erkennen, desto eher werden sie einen Teil der gesamthaft zur Verfügung stehenden Mittel (F0) für die ICT-Weiterbildung verwenden.
- K0 → F3 (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für ICT-orientiertes Unterrichtsmaterial zur Verfügung**
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit von ICT-orientiertem Unterrichtsmaterial erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.
- K0 → F4 (+) Siehe 4.3.3** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für den ICT-Betrieb zur Verfügung**
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit des ICT-Betriebs erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.
- K0 → F5 (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher stehen finanzielle Mittel für den pädagogischen Support zur Verfügung.**
Erst mit dem entsprechenden Know-how werden Schulleitungen und Schulbehörden die Wichtigkeit von pädagogischem Support erkennen und entsprechend finanzielle Mittel budgetieren.
- K0 → L (+) Begründung** **ICT-Know-how der Schulbehörden kann die ICT-Integration in den Lehrplan fördern.**
Schulbehörden, welche über das zur Integration von ICT in den Unterricht notwendige Wissen verfügen werden bemüht sein, dafür notwendige Lehrplanänderungen zu initiieren und umzusetzen.
- K0 → S (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher wird auf die Standardisierung der ICT-Infrastruktur geachtet.**
Nur wer über das entsprechende Know-how verfügt, kennt die Bedeutung einer möglichst grossen Standardisierung zur Senkung des benötigten Betriebsaufwands und wird bei der Planung entsprechend darauf achten.
- K0 → Y (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher wird auf die Wahl einer wartungsfreundlichen Systemumgebung geachtet.**
Wissen über das Prinzip TCO/Gesamtkosten führt bei Entscheidungsträgern dazu, nicht nur auf tiefe Beschaffungskosten, sondern auf Massnahmen zur Senkung der Gesamtkosten zu achten. Dazu gehört eine wartungsfreundliche Systemumgebung.

K1**ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen**

Definition:	Know-how der Lehrperson in der persönlichen Nutzung von ICT.
Messbarkeit:	Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf K1 wirkende Einflüsse

- N1 → K1 (+) Begründung** **Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen.**
Durch die Nutzung von ICT im Unterricht nimmt einerseits die Erfahrung im Umgang mit ICT zu. Wesentlicher ist aber, dass SchülerInnen mit grosser Wahrscheinlichkeit der Lehrperson weiteres ICT-Anwendungs-Know-how vermitteln.
- N2 → K1 (+) Begründung** **ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung steigert das ICT-Know-how der LehrerInnen.**
Wird ICT zur Unterrichtsvorbereitung eingesetzt, so steigen Erfahrung, ICT-Anwendungs-Know-how und Sicherheit im Umgang mit ICT-Infrastruktur.
- W1 → K1 (+) Begründung** **ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen erhöht deren ICT-Know-how.**
Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

Auswirkungen von K1

- K1 → D (-) Literatur** **ICT-Know-how von LehrerInnen verringert die Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz.**
Gewisse Probleme entstehen gar nicht erst, gewisse Probleme können selbst behoben werden und die Fehlerbeschreibungen der verbleibenden Probleme werden aussagekräftiger.
- K1 → N1 (+) Empirisch** **Je grösser das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen, desto eher wird ICT im Unterricht eingesetzt.**
"Die Computer- und Informatikkenntnisse der Lehrpersonen haben einen wesentlichen Einfluss auf den Grad der Computernutzung an den schweizerischen Volksschulen. Für alle untersuchten Tätigkeiten gilt: Der Anteil von Lehrpersonen, welche Computer in ihrer Klasse für Lernsoftware, Textverarbeitung, Zeichnungsprogramme, Recherchen im Internet, Tabellenkalkulation oder Datenbanken einsetzen, ist bei Lehrpersonen mit guten Kenntnissen im entsprechenden Tätigkeitsfeld signifikant grösser als bei Lehrpersonen mit entsprechend geringen Kenntnissen." [Niederer et al 2002]
- K1 → N2 (+) Begründung** **Je grösser das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen, desto eher wird ICT in der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt.**
ICT-Anwendungs-Know-how ist notwendig für eine effiziente Nutzung von ICT. Je besser das entsprechende Know-how bei den Lehrpersonen ist, desto effizienter kann ICT bei der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt werden und desto eher wird dies auch tatsächlich geschehen.

K2**ICT-Didaktik-Know-how der LehrerInnen**

Definition:	Know-how der Lehrpersonen zur didaktisch sinnvollen und effizienten Nutzung von ICT in der Schule.
Messbarkeit:	Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf K2 wirkende Einflüsse

W2 → K2 (+) Begründung **ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen erhöht deren ICT-Didaktik-Know-how.**

Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

Auswirkungen von K2

K2 → N1 (+) Empirisch **ICT-Didaktik-Know-how der LehrerInnen führt zu vermehrtem ICT-Einsatz im Unterricht.**

"Methodisch-didaktische Kenntnisse der Lehrpersonen für den Einsatz von Computern im Unterricht wirken sich ebenfalls positiv auf den Grad der Computernutzung aus. Zum einen lassen Lehrpersonen mit nach ihrer Einschätzung guten methodisch-didaktischen Kenntnissen Schülerinnen und Schüler im Unterricht in mehr Lektionen Computer benutzen, zum anderen setzen sie die Geräte auch für mehr Verwendungszwecke ein. Lehrpersonen, welche nach eigenen Angaben über gute Kenntnisse im Bereich des methodisch-didaktischen Einsatzes von Computern verfügen, verwenden Computer im Unterricht durchschnittlich in 43 Lektionen pro Schuljahr und für 3,9 der obigen sechs Einsatzmöglichkeiten, Lehrpersonen mit geringen methodisch-didaktischen Einsatzkompetenzen in 20 Lektionen und durchschnittlich für 2,3 der obigen Verwendungszwecke." [Niederer et al. 2003]

K3**ICT-Know-how der SystembetreuerInnen**

Definition:	Know-how der SystembetreuerInnen zum effizienten Betrieb von ICT-Infrastruktur an Schulen
Messbarkeit:	Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf K3 wirkender Einfluss

W3 → K3 (+) Begründung **ICT-Weiterbildung für SystembetreuerInnen erhöht deren ICT-Know-how.**

Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

Auswirkungen von K3

K3 → A (-) evident **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto geringer der benötigte Betriebsaufwand.**

SystembetreuerInnen mit grösserem Know-how können Probleme effizienter lösen als solche mit geringerem Know-how.

- K3 → S (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto stärker wird auf eine Standardisierung geachtet.**
Nur wer über das entsprechende Know-how verfügt, kennt die Bedeutung einer möglichst grossen Standardisierung zur Senkung des benötigten Betriebsaufwands und wird bei der Planung entsprechend darauf achten.
- K3 → V (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto stärker werden die Systeme vernetzt.**
Mit entsprechendem Know-how sehen die SystembetreuerInnen die Vorteile einer Vernetzung und können diese auch vornehmen.
- K3 → Y (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto eher wird auf eine wartungsfreundliche Systemumgebung geachtet**
Das grössere Know-how der SystembetreuerInnen äussert sich nicht nur in einer effizienteren Problemlösung, sondern auch im Aufbau einer wartungsfreundlichen Systemumgebung.
- K3 → Z (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto eher wird eine zentrale Software-Wartung verwendet.**
Mit entsprechendem Know-how sind SystembetreuerInnen in der Lage, zentrale Software-Wartung zu installieren, zu betreiben und deren Effizienzpotential einzuschätzen.

K4**ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen**

Definition:

Know-how der Schülerschaft in der persönlichen Nutzung von ICT.

Messbarkeit:

Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf K4 wirkende Einflüsse

- N1 → K4 (+) evident** **Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen.**
SchülerInnen lernen durch Anleitung der Lehrperson und machen ihre eigenen ICT-Erfahrungen bei der Nutzung von ICT im Unterricht.
- N3 → K4 (+) evident** **Je mehr ICT von SchülerInnen eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen.**

Auswirkungen von K4

- K4 → D (-) Begründung** **ICT-Anwendungs-Know-how von SchülerInnen verringert die Benutzungsprobleme beim ICT-Einsatz.**
Gewisse Probleme entstehen gar nicht erst, gewisse Probleme können selbst behoben werden und die Fehlerbeschreibungen der verbleibenden Probleme werden aussagekräftiger.
- K4 → G (+) Begründung** **ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen ermöglicht den Einsatz von SchülerInnen für den ICT-Betrieb.**
Erst mit einem gewissen ICT-Anwendungs-Know-how können SchülerInnen als First-Level-Supporter eingesetzt werden. Mehr Know-how ermöglicht theoretisch den Einsatz für immer grössere Anteile des Betriebs.

K4 → N3 (+) Begründung ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen führt zu vermehrter ICT-Nutzung der SchülerInnen.

SchülerInnen mit besseren ICT-Anwendungs-Know-how werden ICT für häufiger einsetzen, da sie einerseits mehr Anwendungsmöglichkeiten sehen und beherrschen, andererseits auch effizienter sind.

L**ICT-Integration in den Lehrplan**

Definition:	Erwähnung von ICT als verbindliches Unterrichtsmittel und/oder Unterrichtsthema
Messbarkeit:	Diese Variable lässt sich nur schwer quantifizieren.

Auf L wirkender Einfluss**K0 → L (+) Begründung ICT-Know-how der Schulbehörden kann die ICT-Integration in den Lehrplan fördern.**

Schulbehörden, welche über das zur Integration von ICT in den Unterricht notwendige Wissen verfügen werden bemüht sein, dafür notwendige Lehrplanänderungen zu initiieren und umzusetzen.

Auswirkungen von L**L → F0 (+) Begründung ICT-Integration in den Lehrplan erhöht die finanziellen Mittel für ICT.**

Wenn die Nutzung und/oder die Thematisierung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, lassen sich finanzielle Mittel damit begründen oder erhöhen.

L → N1 (+) Begründung ICT-Integration in den Lehrplan erhöht die ICT-Nutzung im Unterricht.

Wenn die Nutzung und/oder die Thematisierung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, so sind Lehrpersonen zur ICT-Nutzung im Unterricht verpflichtet.

L → T (+) Begründung ICT-Integration in den Lehrplan fördert geeignete Zeitstrukturen des Unterrichts.

Wenn die Nutzung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, erleichtert dies die Einrichtung geeigneter zeitlicher Unterrichtsstrukturen.

M**ICT-orientiertes Unterrichtsmaterial**

Definition:	Unterrichtsmaterial, das durch den Einsatz von ICT angereichert wird oder sogar darauf beruht.
Messbarkeit:	Anzahl Dateien oder Speicherbedarf sind unbrauchbare Quantifizierungen. Es muss z.B. versucht werden, die eingesparte Vorbereitungszeit zu erfassen.

Auf M wirkende Einflüsse

- F3 → M (+) evident** **Geld für ICT-orientiertes Unterrichtsmaterial ermöglicht die Erstellung von ICT-orientiertem Unterrichtsmaterial**
- N2 → M (+) Begründung** **ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung führt zu mehr ICT-orientiertem Unterrichtsmaterial.**
 Unterrichtsvorbereitungen mit Hilfe von ICT führen zu Dokumenten, die elektronisch verfügbar sind und so für spätere Überarbeitung oder sogar Weitergabe geeignet sind.
- U → M (+) Begründung** **Unterrichtsmaterial-Server fördern den Austausch und die Verfügbarkeit von ICT-Unterrichtsmaterial.**
 Fehlen Unterrichtsmaterial-Server so muss das Material von verschiedensten Quellen zusammengesucht werden, wenn es überhaupt online verfügbar ist. Diese verschiedenen Quellen haben weder einheitliche Such- noch Beschreibungsstandards (Metadaten) für Unterrichtsmaterial, was den Austausch erschwert.

Auswirkung von M

- M → N1 (+) Begründung** **Je mehr ICT-Unterrichtsmaterial vorhanden ist, desto eher wird ICT im Unterricht eingesetzt.**
 Einsatz von ICT benötigt neben der inhaltlichen zusätzlich eine technische Vorbereitung. Unterrichtsmaterial, das bereits in der benötigten Form vorliegt vermittelt Nutzungsideen und die Vorbereitungszeit und so die Hemmschwelle zum ICT-Einsatz senken.

N1**ICT-Nutzung im Unterricht**

Definition:	Einsatz von ICT im Rahmen des Unterrichts als Werkzeug oder Medium.
Messbarkeit:	Mit einer operationalisierten Definition der ICT-Nutzung lässt sich dieser Faktor messen („Anzahl Stunden, in denen der Computer durch Lehrpersonen oder SchülerInnen während einer Woche in einer Klasse zum Einsatz kommt.“). Während dies nichts über die Unterrichtsqualität aussagt, genügt diese Quantifizierung für die vorliegende Arbeit.

Auf N1 wirkende Einflüsse

- B → N1 (+) evident** **ICT kann im Unterricht nur eingesetzt werden, wenn sie funktioniert.**
 Funktionstüchtige ICT-Infrastruktur ist die Voraussetzung für den ICT-Einsatz im Unterricht.

- C → N1 (+) Empirisch** **Einfache Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur erhöht ihre Nutzung im Unterricht.**
Bei der Internetnutzung wird dieser Zusammenhang durch eine Untersuchung von Scholl und Prasse unterstützt: "Mangelnde Zugangsbedingungen wurden von vielen Lehrern als ein wesentlicher Grund angegeben, warum sie das Internet nicht in ihrem Unterricht einsetzen. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Internet-PCs an der Schulen waren oft alles andere als optimal. Sowohl die individuelle Lehrer- und Schüler-Nutzung als auch die Unterrichts-Nutzung selbst sind häufig sehr stark eingeschränkt." [Scholl, Prasse 2001]
Die Untersuchungen von Niederer et al. weisen in die gleiche Richtung: "Der Wert des Indikators «Anzahl Schüler/innen pro Computer» einer Schule wirkt sich ebenfalls auf den Grad der Computernutzung aus. Ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die sich durchschnittlich einen Computer teilen, gross, benutzen tendenziell weniger Lehrpersonen Computer im Unterricht, als wenn im Durchschnitt nur wenige Schülerinnen und Schüler auf einen Computer kommen." [Niederer et al. 2003]
- E → N1 (-) evident** **Je grösser die Anzahl schlechter Erfahrungen der BenutzerInnen, desto weniger wird ICT im Unterricht eingesetzt.**
- F5 → N1 (+) Siehe 8.3.4** **Geld für pädagogische Systembetreuung fördert den Einsatz von ICT im Unterricht durch Motivation, Aufzeigen von Einsatzmöglichkeiten, Hilfe und Controlling.**
Die pädagogische Systembetreuung kann sowohl motivierend als auch kontrollierend die Nutzung von ICT im Unterricht erhöhen.
- K1 → N1 (+) Empirisch** **Je grösser das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen, desto eher wird ICT im Unterricht eingesetzt.**
"Die Computer- und Informatikkenntnisse der Lehrpersonen haben einen wesentlichen Einfluss auf den Grad der Computernutzung an den schweizerischen Volksschulen. Für alle untersuchten Tätigkeiten gilt: Der Anteil von Lehrpersonen, welche Computer in ihrer Klasse für Lernsoftware, Textverarbeitung, Zeichnungsprogramme, Recherchen im Internet, Tabellenkalkulation oder Datenbanken einsetzen, ist bei Lehrpersonen mit guten Kenntnissen im entsprechenden Tätigkeitsfeld signifikant grösser als bei Lehrpersonen mit entsprechend geringen Kenntnissen." [Niederer et al 2003]
- K2 → N1 (+) Empirisch** **ICT-Didaktik-Know-how der LehrerInnen führt zu vermehrtem ICT-Einsatz im Unterricht.**
"Methodisch-didaktische Kenntnisse der Lehrpersonen für den Einsatz von Computern im Unterricht wirken sich ebenfalls positiv auf den Grad der Computernutzung aus. Zum einen lassen Lehrpersonen mit nach ihrer Einschätzung guten methodisch-didaktischen Kenntnissen Schülerinnen und Schüler im Unterricht in mehr Lektionen Computer benutzen, zum anderen setzen sie die Geräte auch für mehr Verwendungszwecke ein. Lehrpersonen, welche nach eigenen Angaben über gute Kenntnisse im Bereich des methodisch-didaktischen Einsatzes von Computern verfügen, verwenden Computer im Unterricht durchschnittlich in 43 Lektionen pro Schuljahr und für 3,9 der obigen sechs Einsatzmöglichkeiten, Lehrpersonen mit geringen methodisch-didaktischen Einsatzkompetenzen in 20 Lektionen und durchschnittlich für 2,3 der obigen Verwendungszwecke." [Niederer et al. 2003]
- L → N1 (+) Begründung** **ICT-Integration in den Lehrplan erhöht die ICT-Nutzung im Unterricht.**
Wenn die Nutzung und/oder die Thematisierung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, so sind Lehrpersonen zur ICT-Nutzung im Unterricht verpflichtet.
- M → N1 (+) Begründung** **Je mehr ICT-Unterrichtsmaterial vorhanden ist, desto eher wird ICT im Unterricht eingesetzt.**
Einsatz von ICT benötigt neben der inhaltlichen zusätzlich eine technische Vorbereitung. Unterrichtsmaterial, das bereits in der benötigten Form vorliegt ver-

mittelt Nutzungsideen und die Vorbereitungszeit und so die Hemmschwelle zum ICT-Einsatz senken.

- T → N1 (+) Literatur** **Geeignete zeitliche Unterrichtsstrukturen fördern die Nutzung von ICT im Unterricht.**
 Verschiedene Quellen unterstützen die Aussage, dass kurze Lektionen (45 Minuten) und eine strikte Fächertrennung die Nutzung von ICT im Unterricht behindern, da projektmässiges Arbeiten erschwert und der organisatorische Aufwand erhöht wird [Schaumburg 2002b].

Auswirkungen von N1

- N1 → D (+) Siehe 5.3.5** **Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto häufiger treten Benutzungsprobleme auf.**
 ICT-Infrastruktur arbeitet nie perfekt und BenutzerInnen können nicht sich nicht immer selbst helfen. Somit erhöht die Nutzung von ICT im Unterricht die Zahl der Benutzungsprobleme.
- N1 → H (+) Siehe 5.3.5** **Stärkere ICT-Nutzung im Unterricht führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**
 Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.
- N1 → K1 (+) Begründung** **Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen.**
 Durch die Nutzung von ICT um Unterricht nimmt einerseits die Erfahrung im Umgang mit ICT zu. Wesentlicher ist aber, das SchülerInnen mit grosser Wahrscheinlichkeit der Lehrperson weiteres Anwendungs-Know-how vermitteln.
- N1 → K4 (+) evident** **Je mehr ICT im Unterricht eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen.**
 SchülerInnen lernen durch Anleitung der Lehrperson und machen ihre eigenen ICT-Erfahrungen bei der Nutzung von ICT im Unterricht.

N2

ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung

Definition:

Nutzung von ICT zur Vorbereitung von Unterricht

Messbarkeit:

Diese Nutzung lässt sich beispielsweise in Stunden messen.

Auf N2 wirkende Einflüsse

- C → N2 (+) Literatur** **Einfache Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur erhöht ihre Nutzung Unterrichtsvorbereitung.**
 Bei der Internetnutzung wird dieser Zusammenhang durch eine Untersuchung von Scholl und Prasse unterstützt: "Mangelnde Zugangsbedingungen wurden von vielen Lehrern als ein wesentlicher Grund angegeben, warum sie das Internet nicht in ihrem Unterricht einsetzen. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Internet-PCs an der Schulen waren oft alles andere als optimal. Sowohl die individuelle Lehrer- und Schüler-Nutzung als auch die Unterrichts-Nutzung selbst sind häufig sehr stark eingeschränkt." [Scholl, Prasse 2001]
- K1 → N2 (+) Begründung** **Je grösser das ICT-Anwendungs-Know-how der LehrerInnen, desto eher wird ICT in der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt.**
 ICT-Anwendungs-Know-how ist notwendig für eine effiziente Nutzung von ICT. Je besser das entsprechende Know-how bei den Lehrpersonen ist, desto

effizienter kann ICT bei der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt werden und desto eher wird dies auch tatsächlich geschehen.

U → N2 (+) Begründung **Elektronisch verfügbares Unterrichtsmaterial fördert die Nutzung von ICT zur Unterrichtsvorbereitung.**

Elektronisch verfügbares Unterrichtsmaterial erleichtert die Unterrichtsvorbereitung beim Einsatz von ICT im Unterricht und zeigt zudem praktische Einsatzmöglichkeiten auf.

Auswirkungen von N2

N2 → D (+) Siehe 5.3.5 **ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung erhöht die Zahl der Benutzerprobleme beim ICT-Einsatz.**

ICT-Infrastruktur arbeitet nie perfekt und BenutzerInnen können nicht sich nicht immer selbst helfen. Somit erhöht die Nutzung von ICT zur Unterrichtsvorbereitung die Zahl der Benutzungsprobleme.

N2 → H (+) Siehe 5.3.5 **Stärkere ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**

Je mehr ICT in der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt wird, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.

N2 → K1 (+) Begründung **ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung steigert das ICT-Know-how der LehrerInnen.**

Wird ICT zur Unterrichtsvorbereitung eingesetzt, so steigen Erfahrung, ICT-Anwendungs-Know-how und Sicherheit im Umgang mit ICT-Infrastruktur.

N2 → M (+) Begründung **ICT-Nutzung zur Unterrichtsvorbereitung führt zu mehr ICT-orientiertem Unterrichtsmaterial.**

Unterrichtsvorbereitungen mit Hilfe von ICT führen zu Dokumenten, die elektronisch verfügbar sind und so für spätere Überarbeitung oder sogar Weitergabe geeignet sind.

N3

ICT-Nutzung der SchülerInnen

Definition:

Nutzung von ICT durch SchülerInnen zu schulischen Zwecken.

Messbarkeit:

Diese Nutzung lässt sich beispielsweise in Stunden messen.

Auf N3 wirkende Einflüsse

C → N3 (+) Literatur **Einfache Zugänglichkeit zur ICT-Infrastruktur erhöht die ICT-Nutzung durch SchülerInnen.**

Bei der Internetnutzung wird dieser Zusammenhang durch eine Untersuchung von Scholl und Prasse unterstützt: "Mangelnde Zugangsbedingungen wurden von vielen Lehrern als ein wesentlicher Grund angegeben, warum sie das Internet nicht in ihrem Unterricht einsetzen. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Internet-PCs an der Schulen waren oft alles andere als optimal. Sowohl die individuelle Lehrer- und Schüler-Nutzung als auch die Unterrichts-Nutzung selbst sind häufig sehr stark eingeschränkt." [Scholl, Prasse 2001]

J → N3 (+) Empirisch **Je älter die SchülerInnen, desto mehr nutzen sie ICT.**

"Die private Computernutzung nimmt mit dem Alter zu: Schülerinnen und Schüler des 7. bis 9. Schuljahres benutzen Computer häufiger als Schülerinnen und Schüler des 5. bis 6. Schuljahres; bei den Älteren liegt der Anteil der Schülerinnen und Schüler, welche Computer mehrmals in der Woche zu Hause benutzen, bei 73%, bei den Jüngeren bei immerhin noch 65%." [Niederer et al.

nutzen, bei 73%, bei den Jüngeren bei immerhin noch 65%." [Niederer et al. 2003]

K4 → N3 (+) Begründung **ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen führt zu vermehrter ICT-Nutzung der SchülerInnen.**

SchülerInnen mit besseren ICT-Anwendungs-Know-how werden ICT für häufiger einsetzen, da sie einerseits mehr Anwendungsmöglichkeiten sehen und beherrschen, andererseits auch effizienter sind.

Auswirkungen von N3

N3 → D (+) Siehe 5.3.5 **ICT-Nutzung durch SchülerInnen erhöht die Zahl der Benutzerprobleme beim ICT-Einsatz.**

ICT-Infrastruktur arbeitet nie perfekt und BenutzerInnen können nicht sich nicht immer selbst helfen. Somit erhöht die Nutzung von ICT durch SchülerInnen die Zahl der Benutzungsprobleme.

N3 → H (+) Siehe 5.3.5 **Stärkere ICT-Nutzung der SchülerInnen führt zu mehr Wünschen der BenutzerInnen.**

Je mehr SchülerInnen schulische ICT nutzen, desto mehr Wünsche nach zusätzlichen Möglichkeiten entstehen.

N3 → K4 (+) evident **Je mehr ICT von SchülerInnen eingesetzt wird, desto grösser wird das ICT-Anwendungs-Know-how der SchülerInnen.**

O

Anzahl Geräte

Definition:

Anzahl vorhandene ICT-Geräte

Messbarkeit:

Dieser Faktor ist bei entsprechender Inventarverwaltung messbar.

Auf O wirkende Einflüsse

F1 → O (+) Begründung **Geld für ICT-Infrastruktur ermöglicht die Erhöhung der Anzahl Geräte.**
Mit Geld für ICT-Infrastruktur lässt sich die Anzahl Geräte erhöhen.

H → O (+) Siehe 5.3.5 **Zusätzliche Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen erhöhen die Menge der Geräte.**

Zusätzliche Wünsche und Anforderungen der BenutzerInnen führen oft dazu, dass zusätzliche ICT-Infrastruktur beschafft wird.

Auswirkungen von O

O → A (+) Literatur **Je mehr Geräte, desto grösser der benötigte Betriebsaufwand**
"The number of workstations affects the resources required for tracking and inventory, hardware maintenance, installation/re-booting/updating, and system-wide services." [Arfman, Roden 1992]

O → C (+) Empirisch **Die Zahl der Geräte erhöht die Zugänglichkeit von Geräten.**
Je mehr Geräte vorhanden sind, desto geringer ist bei gleich bleibender Anzahl der BenutzerInnen die Chance, dass alle Geräte bereits besetzt sind. Niederer et al. zeigen sogar einen Zusammenhang mit der Nutzung im Unterricht auf: "Der Wert des Indikators 'Anzahl Schüler/innen pro Computer' einer Schule wirkt sich ebenfalls auf den Grad der Computernutzung aus. Ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die sich durchschnittlich einen Computer teilen, gross, benutzen tendenziell weniger Lehrpersonen Computer im Unterricht, als

wenn im Durchschnitt nur wenige Schülerinnen und Schüler auf einen Computer kommen." [Niederer et al. 2003:67]

P **Installierte Software**

Definition:	Menge der auf Clients oder Servern installierte Software.
Messbarkeit:	Obwohl sich die Zahl der Software-Pakete zählen lässt, sind damit weder Funktionsumfang noch der entsprechende Installations- und Betriebsaufwand erfasst. Für eine aussagekräftige Quantifizierung müssten hier Kategorien von Softwarepaketen gebildet werden.

Auf P wirkender Einfluss

- H → P (+) Siehe 5.3.5** **Zusätzliche Anforderungen und Wünsche der BenutzerInnen erhöhen die Menge der installierten Software.**
Zusätzliche Wünsche und Anforderungen der BenutzerInnen führen oft dazu, dass zusätzliche Software installiert wird.

Auswirkungen von P

- P → A (+) evident** **Je mehr Software installiert wird, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand.**
Jede Software muss beschafft werden (Initialaufwand) und danach betrieben werden (Betriebsaufwand).
- P → R (+) Begründung** **Je mehr Software installiert wird, desto grösser wird die Komplexität des Gesamtsystems.**
Jede Softwareinstallation birgt die Gefahr in sich, das bisher stabil funktionierende System zu destabilisieren. Je mehr Software installiert wird, desto schwieriger wird die Suche nach den sich gegenseitig störenden Komponenten.

Q **Anzahl BenutzerInnen**

Definition:	Zahl der potentiellen BenutzerInnen der ICT-Infrastruktur.
Messbarkeit:	Sehr einfach zu erfassen: Sowohl Schulsekretariat als auch Schulbehörden verfügen über entsprechende Statistiken.

Auf Q wirkende Einflüsse

Keine

Auswirkungen von Q

- Q → A (+) Literatur** **Je mehr BenutzerInnen, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand.**
"The number of users affects accounts administration, user training, 'how to use' consulting, documentation, and server configuration and sizing." [Arfman, Roden 1992]

- Q → C (-) evident** **Je mehr BenutzerInnen, desto schlechter ist die Zugänglichkeit der ICT-Infrastruktur.**
 Je mehr BenutzerInnen sich die vorhandene ICT-Infrastruktur teilen müssen, desto weniger bleibt pro BenutzerIn übrig.

R **Komplexität der Gesamtinstallation**

Definition: Komplexität der vorhandenen ICT-Infrastruktur
 Messbarkeit: Diese Variable ist nur schwer quantifizierbar.

Auf R wirkende Einflüsse

- P → R (+) Begründung** **Je mehr Software installiert wird, desto grösser wird die Komplexität des Gesamtsystems.**
 Jede Softwareinstallation birgt die Gefahr in sich, das bisher stabil funktionierende System zu destabilisieren. Je mehr Software installiert wird, desto schwieriger wird die Suche nach den sich gegenseitig störenden Komponenten.
- V → R (+) evident** **Je grösser die Vernetzung, desto grösser wird die Komplexität des Gesamtsystems.**
 Abgesehen von der vereinfachten zentralen Administration ist die Komplexität eines vernetzten Systems grösser als diejenige von unvernetzten Einzelgeräten.

Auswirkungen von R

- R → A (+) Siehe 5.3.5** **Je komplexer die Gesamtinstallation, desto grösser wird der benötigte Betriebsaufwand**
 Die Komplexität einer Installation hat einen Einfluss auf mögliche Probleme durch Inkompatibilitäten oder gegenseitige Beeinflussung und erschwert die Fehlersuche.

S **Standardisierungsgrad**

Definition: Grad der Verwendung von identischer Hard- und Software
 Messbarkeit: Diese Variable ist nur schwer quantifizierbar.

Auf S wirkende Einflüsse

- K0 → S (+) Begründung** **Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher wird auf die Standardisierung der ICT-Infrastruktur geachtet.**
 Nur wer über das entsprechende Know-how verfügt, kennt die Bedeutung einer möglichst grossen Standardisierung zur Senkung des benötigten Betriebsaufwands und wird bei der Planung entsprechend darauf achten.
- K3 → S (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto stärker wird auf eine Standardisierung geachtet.**
 Nur wer über das entsprechende Know-how verfügt, kennt die Bedeutung einer möglichst grossen Standardisierung zur Senkung des benötigten Betriebsaufwands und wird bei der Planung entsprechend darauf achten.

Auswirkungen von S

- S → A (-) Begründung** **Je grösser die Standardisierung, desto geringer der benötigte Betriebsaufwand.**
 Eine geeignete Standardisierung der ICT-Infrastruktur verringert den benötigten Betriebsaufwand, da weniger Detailwissen für unterschiedliche Konfigurationen benötigt wird, sich einmal gelöste Probleme an mehreren Stellen auswirken, weniger unterschiedliche Ersatzteile benötigt werden und sich der Automatisierungsaufwand eher lohnt.
- S → Z (+) Begründung** **Je grösser die Standardisierung, desto eher ist eine zentrale Software-Wartung möglich.**
 Verschiedene Betriebssysteme, aber auch bereits verschiedene Konfigurationen erschweren eine zentrale Softwareinstallation.

T

Geeignete Zeitstrukturen des Unterrichts

Definition:	Zeitliche Unterrichtsstrukturierung, welche die Nutzung von ICT fördert (also z.B. keine 45-Minuten Lektionen mit anschliessendem Zimmerwechsel)
Messbarkeit:	Lässt sich z.B. anhand der Anzahl Unterrichtsunterbrüche pro Woche quantifizieren.

Auf T wirkender Einfluss

- L → T (+) Begründung** **ICT-Integration in den Lehrplan fördert geeignete Zeitstrukturen des Unterrichts.**
 Wenn die Nutzung von ICT im Lehrplan verbindlich vorgeschrieben ist, erleichtert dies die Einrichtung geeigneter zeitlicher Unterrichtsstrukturen.

Auswirkung von T

- T → N1 (+) Literatur** **Geeignete zeitliche Unterrichtsstrukturen fördern die Nutzung von ICT im Unterricht.**
 Verschiedene Quellen unterstützen die Aussage, dass kurze Lektionen (45 Minuten) und eine strikte Fächertrennung die Nutzung von ICT im Unterricht behindern, da projektträchtiges Arbeiten erschwert und der organisatorische Aufwand erhöht wird [Schaumburg 2002b].

U**Unterrichtsmaterialserver**

Definition:

Server, die didaktisch aufbereitetes Unterrichtsmaterial zur Verfügung stellen.

Messbarkeit:

Die Anzahl Unterrichtsmaterialserver ist zwar relativ einfach erfassbar. Schwieriger ist es, ihre Bedeutung für guten Unterricht abzuschätzen, denn die Anzahl Dokumente ist eine dafür nur begrenzt nutzbare Messgrösse.

Auf U wirkender Einfluss

- F3 → U (+) evident** **Geld für ICT-basiertes Unterrichtsmaterial ermöglicht den Betrieb von Unterrichtsmaterialservern.**
Ohne Finanzierung ist es schwierig, längerfristig den Betrieb eines Unterrichtsmaterialservers aufrecht zu erhalten.

Auswirkungen von U

- U → M (+) Begründung** **Unterrichtsmaterial-Server fördern den Austausch und die Verfügbarkeit von ICT-Unterrichtsmaterial.**
Fehlen Unterrichtsmaterial-Server so muss das Material von verschiedensten Quellen zusammengesucht werden, wenn es überhaupt online verfügbar ist. Diese verschiedenen Quellen haben weder einheitliche Such- noch Beschreibungsstandards (Metadaten) für Unterrichtsmaterial, was den Austausch erschwert.
- U → N2 (+) Begründung** **Elektronisch verfügbares Unterrichtsmaterial fördert die Nutzung von ICT zur Unterrichtsvorbereitung.**
Elektronisch verfügbares Unterrichtsmaterial erleichtert die Unterrichtsvorbereitung beim Einsatz von ICT im Unterricht und zeigt zudem praktische Einsatzmöglichkeiten auf.

V**Vernetzung**

Definition:

Vernetzung der vorhandenen ICT-Infrastruktur mit einer zentralen Kontrollstelle, die gewisse Wartungsaufgaben über das Netzwerk vornehmen kann.

Messbarkeit:

Einfach zu erfassen ist die Vernetzung auf der Ebene der Hardware. Etwas schwieriger ist die Quantifizierung, wie stark sich die Vernetzung zur Fernwartung eignet.

Auf V wirkende Einflüsse

- F1 → V (+) Begründung** **Geld für ICT-Infrastruktur ermöglicht deren Vernetzung.**
Je mehr Geld für ICT-Infrastruktur vorhanden ist, desto eher lässt sich diese vernetzen.
- K3 → V (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreiberInnen, desto stärker werden die Systeme vernetzt.**
Mit entsprechendem Know-how sehen die SystembetreiberInnen die Vorteile einer Vernetzung und können diese auch vornehmen.

Auswirkungen von V

- V → R (+) evident** **Je grösser die Vernetzung, desto grösser wird die Komplexität des Gesamtsystems.**
Abgesehen von der vereinfachten zentralen Administration ist die Komplexität eines vernetzten Systems grösser als diejenige von unvernetzten Einzelgeräten.
- V → Z (+) evident** **Eine Vernetzung ermöglicht die zentrale Software-Wartung**
Ohne Vernetzung muss die Software-Installation und Wartung an jedem Computer einzeln erfolgen.

W0

Weiterbildung für Schulleitungen und -Behörden

Definition:

Weiterbildung von Schulleitung und Schulbehörde zum Einsatz von ICT in der Schule

Messbarkeit:

Diese Variable lässt sich z.B. in Schulungsstunden quantifizieren.

Auf W0 wirkender Einfluss

- F2 → W0 (+) evident** **Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Weiterbildung für Schulleitungen und -Behörden**

Auswirkung von W0

- W0 → K0 (+) Begründung** **Weiterbildung für Schulleitungen und -Behörden erhöht deren ICT-Know-how.**
Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

W1

ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen

Definition:

Weiterbildung der Lehrpersonen in der persönlichen Nutzung von ICT

Messbarkeit:

Diese Variable lässt sich z.B. in Schulungsstunden quantifizieren.

Auf W1 wirkende Einflüsse

- F2 → W1 (+) evident** **Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen**
- F5 → W1 (+) Siehe 8.3.4** **Mehr Geld für pädagogische Systembetreuung ermöglicht wiederkehrende ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen.**
Die pädagogische Systembetreuung kann die LehrerInnen ihren Bedürfnissen gemäss wiederholt weiterbilden.

Auswirkungen von W1

W1 → K1 (+) Begründung **ICT-Anwendungs-Weiterbildung für LehrerInnen erhöht deren ICT-Know-how.**
Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

W2 **ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen**

Definition: Weiterbildung der Lehrpersonen zur didaktisch sinnvollen und effizienten Nutzung von ICT in der Schule

Messbarkeit: Diese Variable lässt sich z.B. in Schulungsstunden quantifizieren.

Auf W2 wirkende Einflüsse

F2 → W2 (+) evident **Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen.**

F5 → W2 (+) Siehe 8.3.4 **Geld für pädagogische Systembetreuung ermöglicht wiederkehrende ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen.**
Die pädagogische Systembetreuung kann die LehrerInnen ihren Bedürfnissen gemäss wiederholt weiterbilden.

Auswirkung von W2

W2 → K2 (+) Begründung **ICT-Didaktik-Weiterbildung für LehrerInnen erhöht deren ICT-Didaktik-Know-how.**
Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

W3 **ICT-Weiterbildung für SystembetreuerInnen**

Definition: Weiterbildung der SystembetreuerInnen zum effizienten Betrieb der ICT-Infrastruktur an Schulen.

Messbarkeit: Diese Variable lässt sich z.B. in Schulungsstunden quantifizieren.

Auf W3 wirkender Einfluss

F2 → W3 (+) evident **Geld für ICT-Weiterbildung ermöglicht ICT-Weiterbildung für SystembetreuerInnen.**

Auswirkung von W3

W3 → K3 (+) Begründung **ICT-Weiterbildung für SystembetreuerInnen erhöht deren ICT-Know-how.**
Zur Vereinfachung des Modells gehen wir davon aus, dass jede Weiterbildung den Wissensstand der Weitergebildeten erhöht.

X Alter der Geräte

Definition:	Durchschnittliches Alter der ICT-Infrastruktur.
Messbarkeit:	Dieser Faktor ist bei entsprechender Inventarverwaltung messbar.

Auf X wirkender Einfluss

- F1 → X (-) Begründung Geld für ICT-Infrastruktur verringert das Alter der Geräte.**
 Je mehr Geld für ICT-Infrastruktur vorhanden ist, desto eher lässt sich diese ersetzen.

Auswirkungen von X

- X → A (+) Begründung Je älter die Geräte, desto grösser der benötigte Betriebsaufwand.**
 Die benötigten Treiber fehlen, die Geräte sind langsamer und nicht mit neuen Komponenten kompatibel, die Garantie ist abgelaufen und die Ersatzteilbeschaffung ist schwieriger.
- X → B (-) Begründung Je älter die Geräte, desto geringer ist die Funktionstüchtigkeit der ICT-Infrastruktur.**
 Ab einem gewissen Alter zeigen die Geräte Ermüdungserscheinungen und häufigere Ausfälle mechanischer Teile (Eingabegeräte, Speichermedien). Die mechanische Beanspruchung der ICT-Infrastruktur ist in Schulen grösser als in Unternehmen.

Y Wartungsfreundliche Systemumgebung

Definition:	Gesamt-ICT-Infrastruktur, die so zusammengestellt und aufgebaut wurde, dass sie eine effiziente Wartung fördert.
Messbarkeit:	Diese Variable ist nur schwer quantifizierbar.

Auf Y wirkende Einflüsse

- K0 → Y (+) Begründung Je mehr ICT-Know-how die Schulleitung und die Schulbehörden besitzen, desto eher wird auf die Wahl einer wartungsfreundlichen Systemumgebung geachtet.**
 Wissen über das Prinzip TCO/Gesamtkosten führt bei Entscheidungsträgern dazu, nicht nur auf tiefe Beschaffungskosten, sondern auf Massnahmen zur Senkung der Gesamtkosten zu achten. Dazu gehört eine wartungsfreundliche Systemumgebung.
- K3 → Y (+) Begründung Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto eher wird auf eine wartungsfreundliche Systemumgebung geachtet**
 Das grössere Know-how der SystembetreuerInnen äussert sich nicht nur in einer effizienteren Problemlösung, sondern auch im Aufbau einer wartungsfreundlichen Systemumgebung.

Auswirkung von Y

- Y → A (-) evident** **Je wartungsfreundlicher ein System aufgesetzt ist, desto geringer wird der benötigte Betriebsaufwand.**
Dieser Zusammenhang gilt per Definition, denn sonst wäre das System nicht wartungsfreundlich.

Z **Zentrale SW-Wartung**

Definition:	Software-Wartung von einer zentralen Stelle aus
Messbarkeit:	Es lässt sich zwar leicht feststellen, ob prinzipiell eine zentrale Software-Wartung möglich ist. Schwieriger ist die Quantifizierung des entsprechenden Effizienzgewinns.

Auf Z wirkende Einflüsse

- K3 → Z (+) Begründung** **Je grösser das Know-how der SystembetreuerInnen, desto eher wird eine zentrale Software-Wartung verwendet.**
Mit entsprechendem Know-how sind SystembetreuerInnen in der Lage, zentrale Software-Wartung zu installieren, zu betreiben und deren Effizienzpotential einzuschätzen.
- S → Z (+) Begründung** **Je grösser die Standardisierung, desto eher ist eine zentrale Software-Wartung möglich.**
Verschiedene Betriebssysteme, aber auch bereits verschiedene Konfigurationen erschweren eine zentrale Softwareinstallation.
- V → Z (+) evident** **Eine Vernetzung ermöglicht die zentrale Software-Wartung**
Ohne Vernetzung muss die Software-Installation und Wartung an jedem Computer einzeln erfolgen.

Auswirkungen von Z

- Z → A (-) Begründung** **Zentrale Software-Wartung verringert den benötigten Betriebsaufwand.**
Dank zentraler Software-Wartung können gewisse Probleme zentral statt bei jedem einzelnen Computer vor Ort gelöst werden.

LITERATUR

Die Gültigkeit sämtlicher URLs wurde im Juni 2005 letztmals überprüft. Diese Literaturliste ist online unter <http://beat.doebe.li/bibliothek/b02000.html> verfügbar.

Bei den unterstrichenen Codes handelt es sich um Objektbezeichner aus *Beats Biblionetz*. Die entsprechenden Webseiten sind unter <http://beat.doebe.li/bibliothek/objektbezeichner.html> abrufbar.

[AAL 2000] [b00693](#)

Evaluation Team Lancaster University: *Anytime, Anywhere Learning Pilot Program: A Microsoft UK Supported Programme in 28 Pilot Schools, End of First Phase Implementation (September 1998 - December 1999) Summary Report*

[Angerhöfer, Garbe 2003] [t2422](#)

Angerhöfer, Katja und Garbe, Detlef: *Wartung und Support von Schulnetzwerken* in [Vorndran, Zotta 2003]

[Aulie, Döbeli Honegger 2002] [b01172](#)

Aulie, Nils und Döbeli Honegger, Beat: Empfehlungen zu Thin Clients an Schulen, EducETH 2002, <http://www.swisseduc.ch/informatik/berichte/thinclients>

[Arfman, Roden 1992] [t01204](#)

Arfman, J. M. und Roden, P.: Project Athena: Supporting distributed computing at MIT, in IBM Systems Journal, Vol. 31, No 3. 1992

[Ashby 1956] [b00166](#)

Ashby, Ross: *An Introduction to Cybernetics*, Chapman & Hall, London, 1956. Internet (1999): <http://pcp.vub.ac.be/books/IntroCyb.pdf>

[Barblan, Koller 2003] [b01584](#)

Barblan, Paolo und Koller, Arnold: „*Schule im Netz*“ – *Chancen und Gefahren*, Heft 14 der Schriftenreihe des Forum Helveticum

[Bauknecht, Zehnder 1996] [b00309](#)

Bauknecht, Kurt und Zehnder, Carl August: *Grundlagen für den Informatikeinsatz*, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 5. Auflage 1996

[BfS 2002] [b01180](#)

Bundesamt für Statistik: *Informationsgesellschaft Schweiz, Standortbestimmung und Perspektiven*, 2002, http://www.swisscom.com/NR/rdonlyres/7A1418DF-27D7-4303-BDA6-8E603BCDA5CD/0/SAI_informationsgesellschaft_de.pdf

- [BiD ZH 1999] [b00653](#)
Wirthensohn, Martin: *Erhebung zum Stand der Informatik an den Mittelschulen des Kantons Zürich*, September 1999
- [BiD ZH 2001a] [b00677](#)
Bildungsdirektion des Kantons Zürich, Bildungsplanung, Schulinformatik: *Tipps für die Hardwarebeschaffung, Fassung 2001*, 2001
- [BiD ZH 2001b] [b01269](#)
Lüscher, Martin und Wirthensohn, Martin: *Stand der Informatikintegration an der Volksschule des Kantons Zürich*, Bildungsdirektion des Kantons Zürich, 2001
- [BiD ZH 2003] [b01471](#)
Spiess, Silvie und Wirthensohn, Martin: *Stand der Informatikintegration an der Volksschule des Kantons Zürich, Auswertungsbericht der Erhebung 2002*, Bildungsdirektion des Kantons Zürich, 2003
- [Birrer 2003] [t02507](#)
Birrer, Alex: *Informatik-Reife? Was gehört in den Informatik-Rucksack von Maturandinnen und Maturanden?*, Interface 1/2003
- [Breiter, Kubicek 1999] [b0550](#)
Breiter, Andreas und Kubicek, Herbert: *Informationstechnologie-Planer für Schulen, Leitfaden für allgemeinbildende Schulen zur Planung, Kostenabschätzung und Finanzierung der Medienintegration*, Verlag Bertelsmann Stiftung, 1999
- [Breiter 2001] [b00650](#)
Breiter, Andreas: *IT-Management in Schulen, Pädagogische Hintergründe, Planung, Finanzierung und Betreuung des Informationstechnikeinsatzes*, Luchterhand 2001
- [Breiter 2002]
Breiter, Andreas: Folgekosten der IT-Investitionsprogramme für Schulen – Konsequenzen für den Support, Vortrag gehalten an der Tagung der GI-Fachgruppe 7.3.1 „Perspektiven der Schulinformatik – Probleme der IT-Infrastruktur von Schulen“, Berlin 28. Februar 2002
- [Brooks 1972] [b00318](#)
Brooks, Frederick P.: *The Mythical Man-Month, Essays on Software Engineering*, Addison Wesley Verlag 1972,
- [Brown et al 1998] [t01202](#)
Brown, David G: et al.: *A strategic plan for ubiquitous laptop computing*, Communications of the ACM, Vol 41, No 1/ January 1998

- [Bruck, Stocker et al. 1998] [b00571](#)
Bruck, A., Stocker, G. et al: *Noten für's Notebook: Von der technischen Ausstattung zur pädagogischen Integration, Zweiter Zwischenbericht des Forschungsprojekts „Vernetzte Bildung“ im Auftrag des Bundesministeriums für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten*, Salzburg 1998
- [Bruck et al. 1999] [b00497](#)
Bruck, A., Geser, G. und Pointner, A.: *Monitoring internationaler Trends des schulischen Einsatzes neuer Medien*, Techno-Z FH Forschung und Entwicklung, Salzburg 1999
- [Bruck, Geser 2000] [b00478](#)
Bruck, A und Geser, G: *Schulen auf dem Weg in die Informationsgesellschaft*, StudienVerlag, Innsbruck, 2000
- [BSG 2002] [b01316](#)
BSG Unternehmensberatung: *Informatik in den Schulen der Stadt Olten: "Schulen ans Netz"*, Dezember 2002
http://www.stadtolten.info/dl.php/de/20030416163515/Einsatzkonzept_ICT_Olten_V12.pdf
- [Carrard, Engeli 2001] [b00661](#)
Carrard, Philippe und Engeli, Maia: *Conceptual Competition ETH World*, gta Verlag 2001
- [Clark 1994]
Clark, Richard E.: *Media will never influence learning*, Educational Technology Research and Development, Vol. 42, Nr. 2, S. 21-29, 1994
- [COSN 1999] [b00632](#)
Consortium for School Networking: *Taking TCO To the Classroom, A School Administrator's Guide To Planning for The Total Cost of New Technology*
- [Cuban 2001] [b01247](#)
Cuban, Larry: *Oversold and underused, Computers in the Classroom*, 2001
- [Curtis et al. 2002] [t02874](#)
Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W. Quintana, C. und Soloway, E.: *Handheld Use in K-12: A Descriptive Account*, in: *Proceedings of the IEEE Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, 2002
- [Curtis et al. 2004] [b01927](#)
Curtis, M, Kopera, J, Norris, C. und Soloway, E.: *Palm Handhelds in the Elementary Classroom*, ISTE 2004

- [Döbeli 2001] [t01935](#)
Döbeli, Beat: *Systembetreuung an Schulen, Neue Herausforderungen durch Notebooks und Wireless LAN*, Paper zum gleichnamigen Workshop an der 9. GI-Fachtagung Informatik und Schule, Paderborn, 17.- 20. September 2001
http://beat.doebe.li/projects/infos01/infos01_paper.pdf
- [Döbeli, Pilloud 2001] [b01109](#)
Döbeli, Beat und Pilloud, Marc: *ICT-Konzept für die Schulen der Stadt Solothurn*, infoSense 2001, <http://www.infosense.ch/projects/solothurn/konzept.pdf>
- [Döbeli, Stähli 2001] [b00711](#)
Döbeli Honegger, Beat und Stähli, Rolf: *Empfehlungen zur Planung und Umsetzung eines Ein-Notebook-pro-Studentin Programms (ENpS)*, EducETH, September 2001
<http://www.swisseduc.ch/informatik/berichte/enps>
- [Döbeli 2002] [t01240](#)
Döbeli Honegger, Beat: Beschaffung und Betrieb von *Informatikmitteln an Schulen*, Zeitschrift Computer und Unterricht Nr. 48, S. 57-58, November 2002
- [Döbeli, Pilloud 2002] [t02000](#)
Döbeli Honegger, Beat und Pilloud, Marc: *One Notebook per Teacher, A sustainable concept for wide ICT integration in school*, Provocative Paper an der Open IFIP / GI Conference on Social, Ethical and Cognitive Issues of Informatics and ICT, Dortmund, 22.-26.7.2002
http://www.infosense.ch/projects/solothurn/sec_iii/sec_iii_dobelihonegger.pdf
- [Dörner 1989] [b00219](#)
Dörner, Dietrich: *Die Logik des Misslingens, Strategisches Denken in komplexen Situationen*, Rowohlt Verlag 1989
- [Engelen 2000] [t00960](#)
Engelen, Ulrich: *Laptop-Projekte in der Schule*, in: Gestaltungsaufgabe Intranet, Ausgabe 39 der Zeitschrift Computer + Unterricht, Friederich Verlag
- [Fenn 1995] [t02476](#)
Fenn, Jackie: *The Microsoft System Software Hype Cycle Strikes Again*, Gartner Group 1995
- [Foster 1986] [b01266](#)
Foster, R. N.: *Innovation, The Attacker's Advantage*, Summit Books 1986
- [Frey 1982] [b01403](#)
Frey, Karl: *Die Projektmethode, Der Weg zum bildenden Tun*, Beltz Verlag 1982
- [Fuhlrott, Garbe 2003] [t02419](#)
Fuhlrott, Antje und Garbe, Detlef: *Total Cost of Ownership, ein Kernthema für die vernetzte Schule*, in [Vorndran, Zotta 2003]

- [Gamma et al. 1994]
Gamma, Erich, Helm, Richard, Johnson, Ralph und Vlissides, John: *Design Patterns, Elements of Reusable Object Oriented Software*, Addison Wesley Verlag 1994
- [Gartner 1996] [b01135](#)
Gartner: Total Cost of Ownership: reducing PC/LAN Costs in the Enterprise. Bericht No. R-TCO-104. Gartner Consulting 1996
- [Gartner 1997] [b01136](#)
Gartner: TCO Analyst – A white paper on Gartner Group’s Next Generation Total Cost of Ownership Methodology. Bericht No. Project 17013571. Gartner Consulting 1997
- [Gershenfield 1998] [b00212](#)
Gershenfield, Neil: *When Things start to think*, 1998
- [GI 2001] [t01343](#)
GI Fachgruppe 7.3.1 „Informatiklehrer und -lehrerinnen“: *Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V. zur Planung und Betreuung von Rechnersystemen an Schulen*, 2001
<http://www.gi-ev.de/informatik/publikationen/empf-rechner-schule.pdf>
- [Grepper, Döbeli 1999] [b00234](#)
Grepper, Yvan und Döbeli, Beat: *Empfehlungen für die Wartung von Informatikmitteln an allgemeinbildenden Schulen*, EducETH, 1. Auflage 1999
- [Grepper, Döbeli 2001] [b00234](#)
Grepper, Yvan und Döbeli, Beat: *Empfehlungen für Beschaffung und Betrieb von Informatikmitteln an allgemeinbildenden Schulen*, EducETH, 3. Auflage 2001
<http://www.infosense.ch/informatik/berichte/wartung>
- [Groner, Dubi 2001] [b00614](#)
Groner, R. und Dubi, M.: *Das Internet und die Schule, Bisherige Erfahrungen und Perspektiven für die Zukunft*, Hans Huber Verlag, 2001.
- [Gutknecht 1992]
Gutknecht, Jürg: Ceres-3 Studentenlabor, erschienen in [IDA 1992]
- [Haefner 1998] [t00329](#)
Haefner, Klaus: *Wie soll Homo sapiens informaticus erzogen werden?*, in [Koerber, Peters 1998]
- [Haefner 1999] [t02774](#)
Haefner, Klaus: *Das elektronische Klassenzimmer, Pädagogisch sinnvolle Integration der Informationstechnik in den Unterricht*, http://www.lo-net.de/home/lachmann/art_haefner_elektronische_Klassenzimmer_9_99.pdf

[Hartmann 1999]

Hartmann, Werner: *Wartung von Informatikmitteln an allgemeinbildenden Schulen*, Zeitschrift *Gymnasium Helveticum* 6/99

[Hartmann et al. 2001]

Hartmann, Werner: *ICT – Herausforderung für Schulen, Strategien und Tipps für Entscheidungsträger im Bildungswesen zu den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien*, Kompaktseminar der Informatik-Didaktik der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit infoSense, Olten (17.1.2001) und Zürich (27.9.2001)

[Hartmann, Reichert 2001] [t01815](#)

Hartmann, Werner und Reichert, Raimond: *Bleistiftspitzen, Autofahren und Computern, Teil der gymnasialen Ausbildung?*, *Gymnasium Helveticum*, 3/2001
<http://scil.ch/reichert/docs/computer-allgemeinbildung.pdf>

[Hartmann, Nievergelt 2002] [t02299](#)

Hartmann, Werner und Nievergelt, Jürg: *Informatik und Bildung zwischen Wandel und Beständigkeit*, *Informatik-Spektrum* Dezember 2002

[Heinrich 2002] [b01106](#)

Heinrich, Lutz J, *Informationsmanagement*, 7. Auflage 2002, Oldenbourg Verlag,

[Hentig 1993] [b00914](#)

Hentig, Hartmut von: *Die Schule neu denken, Eine Übung in praktischer Vernunft*, Beltz Verlag 1993

[Hentig 2002] [b00906](#)

Hentig, Hartmut von: *Der technischen Zivilisation gewachsen bleiben. Nachdenken über die neuen Medien und das gar nicht mehr allmähliche Verschwinden der Wirklichkeit* Beltz Verlag 2002

[Herth 2002] [t01915](#)

Herth, Walter: *Bewältigte Schritte, neue Herausforderungen, Erste Erfahrungen der Reform kaufmännischer Grundbildung*, *Neue Zürcher Zeitung* vom 22.5.2002
<http://www.nzz.ch/2002/05/22/se/page-article85EDD.html>

[Hotz-Hart 2003] [t02880](#)

Hotz-Hart, Beat: *Schule im Netz – Ein innovatives Politikkonzept wird umgesetzt!*, in [Barblan, Koller 2003]

[Humphrey 1989] [b01376](#)

Humphrey, Watt: *Managing the Software Process*, Addison-Wesley 1989

[IDA 1992] [b00649](#)

Domeisen, Heinz, Forster, Astrid, Schaufelberger, Walter und Wegmann, Peter: *Computer im Unterricht an der ETH Zürich, Bericht über das Projekt IDA (Informatik Dient Allen) 1986-1991*, Verlag der Fachvereine VDF, 1992

- [IDC 1997] [b00633](#)
IDC: *Understanding the Total Cost and Value of Integrating Technology in Schools, An IDC White Paper Sponsored by Apple Computer, Inc.*, 1997
- [Issing, Klimsa 2002] [b01406](#)
Issing, Ludwig J. und Klimsa, Paul: *Information und Lernen mit Multimedia und Internet, Lehrbuch für Studium und Praxis*, 3. vollständig überarbeitete Auflage 2002, Beltz Verlag
- [Jenny 1995] [b00546](#)
Jenny, Bruno: *Projektmanagement in der Wirtschaft-Informatik*, vdf Verlag 1995
- [Jonietz 1999] [b00626](#)
Daniel Jonietz: *Pädagogische Rechnernetze, Pädagogische und technische Anforderungen an ein Rechnernetz in allgemeinbildenden Schulen*, 1999
<http://www-user.rhrk.uni-kl.de/~jonietz/schule/pnetze.html>
- [Kay 1991] [t02463](#)
Kay, Alan: *Computers, Networks and Education*, in: Scientific American, 265, 100-107, (September 1991)
- [Kerres 2000] [t03557](#)
Kerres, Michael: *Internet und Schule, Eine Übersicht zu Theorie und Praxis des Internet in der Schule*, in: Zeitschrift für Pädagogik, Vol. 46, No. 1, Januar/Februar 2000
- [King, Kraemer 1984] [t02474](#)
King, John L. und Kraemer, Kenneth L.: *Evolution and Organizational Information Systems: An Assessment of Nolan's Stage Model*
- [Kobler, Randegger 2001] [b01156](#)
Kobler, Patrik und Randegger, Jürg: *Notebook-Bewirtschaftung in Grossfirmen*, Semesterarbeit am Institut für Informationssysteme, ETH Zürich, 2001
- [Koerber, Peters 1998] [b00567](#)
Koerber, Bernhard und Peters, Ingo-Rüdiger: *Informatische Bildung in Deutschland, Perspektiven für das 21. Jahrhundert*, LOG IN Verlag, Berlin 1998
- [Kraus 2002] [t02311](#)
Kraus, Franta: *Neptun 2001, Bericht der Projektleitung an die Projektsteuerung*,
http://www.neptun.ethz.ch/docs/reports/Schlussbericht_NI_2002.pdf
- [Kubicek 1998] [b01105](#)
Kubicek, Herbert et. al: *Jahrbuch für Telekommunikation und Gesellschaft 1998, Lernort Multimedia*, Heidelberg 1998

- [Kubicek, Breiter 1998] [b00750](#)
Kubicek, Herbert und Breiter, Andreas: *Die Finanzierung neuer Medien in Schulen, Probleme und Lösungsmöglichkeiten in Deutschland und in den USA*, Gutachten, Verlag Bertelsmann Stiftung 1998
- [Kubicek, Breiter 1998a] [t02114](#)
Kubicek, Herbert und Breiter, Andreas: *Schule am Netz – und dann? Informationstechnik-Management als kritischer Erfolgsfaktor für den Multimediaeinsatz in Schulen*, erschienen in [Kubicek 1998] S.120-129
- [Landert 1999]
Landert, Charles: *Die Arbeitszeit von Lehrpersonen in der Deutschschweiz*, Zürich 1999
- [LeBlanc, Teal 1998] [t01210](#)
LeBlanc, Richard J. Jr, und Teal, Steven L.: *Hardware and Software Choices for Student Computer Initiatives*, Communications of the ACM, Vol 41, No 1/ January 1998
- [DeMarco, Lister 1999] [b00675](#)
DeMarco, Tom und Lister Timothy: *Wien wartet auf Dich!, Der Faktor Mensch im DV-Management*, 2. Auflage 1999, Im Original: *Peopleware, Productive Projects and Teams*
- [Macherel, Schmid 2001] [b01258](#)
Macherel, David und Schmid, Fabian: *Neptun – Eine Bedürfnisanalyse*, Semesterarbeit am Institut für Informationssysteme, ETH Zürich, 2001
- [Mattern 2003] [t02489](#)
Mattern, Friedemann: *Vom Verschwinden des Computers, Die Vision des Ubiquitous Computing* in: Friedemann Mattern, *Total vernetzt*, 2003
- [Mayrhofer 1998]
Mayrhofer, Franz: *Betreuung des Rechnerbetriebs an (bayer.) Schulen, Entwicklung, Situation, Misere, dringende Konsequenzen*, April 1998
<http://www.weihenstephan.org/~mayrhoff/rebe.htm>
- [Meyer 1987] [b01438](#)
Meyer, Hilbert: *Unterrichtsmethoden I, Band 1: Theorieband*, Cornelsen Verlag 1987
- [Michigan 2000] [b00646](#)
Michigan Technology Staffing Guidelines, July 2000, <http://techduide.merit.edu>
- [Moore 1965] [t02486](#)
Moore, Gordon: *Cramming More Components Onto Integrated Circuit*, Electronics 38, S. 114-117, 1965
ftp://download.intel.com/intel/intelis/museum/arc_collect/history_docs/pdf/cramming.pdf

- [Moser 2001] [b00755](#)
Moser, Heinz: *Wege aus der Technikfalle, Computer und Internet in der Schule*, Verlag Pestalozzianum 2001
- [Moser, Scheuble 2002] [b01363](#)
Moser, Heinz und Scheuble, Walter: Online Befragung der Informatikbeauftragten und Mitgliedern von Schulleitungen,
http://www.baselland.ch/docs/ekd/schulen/eval/moser_bericht.pdf
- [Nadenau 2000] [t00956](#)
Nadenau, Matthias: *Wer betreut das Schul-Intranet? Gedanken zu einer didaktisch begründeten Netzwerkadministration durch Lehrerinnen und Lehrer?*, Zeitschrift Computer und Unterricht Nr 39, 2000
- [Niederer, Frey 1990] [b01015](#)
Niederer, Ruedi und Frey, Karl: *Informatik und Computernutzung im schweizerischen Bildungswesen, Bestandesaufnahme 1989*
- [Niederer et al. 2002] [b01014](#)
Niederer, Ruedi et. al: Informations- und Kommunikationstechnologien an den Volksschulen in der Schweiz, Erste Ergebnisse, Bundesamt für Statistik, Mai 2002
http://www.educa.ch/dyn/bin/35697-36261-1-teu_information_d_f.pdf
- [Niederer et al. 2003] [b01278](#)
Niederer, Ruedi et. al: Informations- und Kommunikationstechnologien an den Volksschulen in der Schweiz, Untersuchung im Auftrag des Bundesamtes für Statistik, Bundesamt für Statistik, Februar 2003
- [Nolan 1973] [t02112](#)
Nolan, Richard L.: *Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis*, Communications of the ACM. Vol. 16 (1973), No. 7, S. 399-405
- [Nolan 1979] [t02115](#)
Nolan, Richard L.: *Managing the Crisis in data processing*, Harvard Business Review 57(2) S. 115-126, 1979
- [Nolan 1993] [t02113](#)
Nolan, Richard L.: *The Stages Theory: A Framework for IT Adoption and Organizational Learning* Harvard Business School, 1993
- [Norris, Soloway 2004] [t03551](#)
Norris, C. und Soloway, E.: *Envisioning the handheld-centric classroom*, Journal of Educational Computing Research, Vol 30, No 4, S. 281-294
- [Osterloh, von Wartburg 1998] [t02327](#)
Osterloh, Margit und von Wartburg, Iwan: *Organisationales Lernen und Technologie-Management*, in [Tschirky, Koruna 1998]

- [Papert 1993] [b00226](#)
Papert, Seymour: *Revolution des Lernen, Kinder, Computer, Schule in einer digitalen Welt*, im Original: *The Childrens Machine*, 1993
- [Paulus 2003]
Paulus, Herta: *Der Depp vom Dienst soll es weiterhin regeln, Nur langsam erkennen Länder und Kommunen die Bedeutung von IT-Service an Schulen*, Artikel in den VDI Nachrichten vom 1.8.2003
- [Perrochon 1996] [b00177](#)
Perrochon, Louis: *School goes Internet, Das mutige Buch für Lehrerinnen und Lehrer*, dpunkt Verlag, 1996,
<http://www.perrochon.com/SchoolGoesInternet/sgi.pdf>
- [Perry 2003] [b01580](#)
Perry, David: *Handheld Computers (PDAs) in Schools, Report March 2003*, Becta ICT Research, http://www.becta.org.uk/page_documents/research/handhelds.pdf
- [Petko, Knüsel 2004] [b02032](#)
Petko, Dominik und Knüsel, Daniela: *Das Notebookprojekt USE-IT an den Oberstufenschulen der Stadt Solothurn*, Institut für Schule und Medien IMS, PHZ 2004
- [Prasse, Scholl 2001] [t01125](#)
Prasse, Doreen und Scholl, Wolfgang: *Wie funktioniert die Interneteinführung an Schulen? Die Rolle der Beteiligten und deren Zusammenarbeit: Ideal- und Problemtypen*. In [Groner, Dubi 2001]
- [PROFSYS 1998] [b01177](#)
Arbeitskreis "Netzwerkeinsatz im Unterricht an beruflichen Schulen" Hamburg: *Initiative für eine Professionalisierung der pädagogischen und technischen Netzwerkbetreuung an Hamburger Schulen*, PROFSYS, 1998
<http://www.adminforum.de/service/profsys.html>
- [Resnick 1996] [t02223](#)
Resnick, Mitchel: *Distributed Constructionism*, erschienen in Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences, Association for the Advancement of Computing in Education, Northwestern University,
<http://llk.media.mit.edu/papers/archive/Distrib-Construc.html>
- [Richardson 1976] [t03041](#)
Richardson, George P.: *Problems with causal-loop diagrams*, Wiederabdruck in System Dynamics Review 2/1986: S. 158-170
- [Rockman 1997] [b00658](#)
Rockman, Saul et. al.: *Report of a Laptop Program Pilot, A Project for Anytime Anywhere Learning by Microsoft Corporation Notebooks for Schools by Toshiba America Information Systems*, 1997
http://cdgenp01.csd.toshiba.com/content/publicsector/edgov/report_pilot.pdf

- [Rockman 2000] [b00638](#)
Rockman, Saul et. al : *A More Complex Picture, Laptop Use and Impact in the Context of Changing Home and School Access*, 2000
<http://www.microsoft.com/education/download/aal/research3report.doc>
- [Ruhmann, Härtel 2002] [b01473](#)
Ruhmann, Ingo und Härtel, Heike: *Bestehende Ansätze zu Systemlösungen für den IT-Einsatz in Deutschlands Schulen*, 2002
<http://itworks.schulen-ans-netz.de/dokus/Laenderuebersicht3.pdf>
- [Schaumburg 2002a] [b01393](#)
Schaumburg, Heike: *Konstruktivistischer Unterricht mit Laptops? Eine Fallstudie zum Einfluss mobiler Computer auf die Methodik des Unterrichts*, Dissertation an der Freien Universität Berlin, <http://www.diss.fu-berlin.de/2003/63/index.html>
- [Schaumburg 2002b] [t02534](#)
Schaumburg, Heike: *Besseres Lernen durch Computer in der Schule? Nutzungsbeispiele und Einsatzbedingungen*, in [Issing, Klimsa 2002]
- [Schmitt 2001] [t02859](#)
Schmitt, Gerhard: *ETH World Vision*, in [Carrard, Engeli 2001]
- [Scholl, Prasse 2001] [t01542](#)
Scholl, Wolfgang und Prasse, Doreen: *Schule ans Netz – Probleme und Lösungsmöglichkeiten, Ergebnisse einer organisationsbezogenen Evaluation der Initiative “Schulen ans Netz (SaN)”*, 2001 http://www2.psychologie.hu-berlin.de/orgpsy/forschung/texte/SaN_Ergebnisse_HUB.pdf
- [Schartner 2000] [t00754](#)
Schartner, Christian: *Öffnet die Computerghettos! Bemerkungen zu einem Dilemma der schulischen Alltagspraxis*, in [Bruck, Geser 2000]
- [Schrackmann 2002] [b01110](#)
Schrackmann, Iwan, *Erhebung zum Support der Computer in der Volksschule des Kantons Schwyz*
- [Schreiber 2000] [b00568](#)
Schreiber, Josef: *Beschaffung von Informatikmitteln, Pflichtenheft, Evaluation, Entscheidung*, Herausgegeben von der Schweizerischen Vereinigung für Datenverarbeitung SVD, 3. vollst. überarbeitete und ergänzte Auflage, Paul Haupt Verlag Bern, 2000
- [Schulmeister 1996] [b00225](#)
Schulmeister, Rolf: *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme, Theorie – Didaktik – Design*, Addison Wesley Verlag 1996
- [Schweizer 1999] [b01044](#)
Schweizer, Peter: *Systematisch Lösungen finden, Ein Lehrbuch und Nachschlagewerk für Praktiker*, Verlag der Fachvereine, Zürich 1999

- [Senge 1990] [b01648](#)
Senge, Peter: Die fünfte Disziplin, Klett-Cotta Verlag
- [Soloway et al. 2001] [t02865](#)
Soloway, Elliot et al: *Handheld Devices are Ready-at-Hand*, Communications of the ACM, v.44 n.6, p.15-20, June 2001
- [Stangl 2000] [t00753](#)
Stangl, Werner: *Hemmende Rahmenbedingungen bei der Einführung des Internets an österreichischen Schulen*, in [Bruck, Geser 2000]
- [Stangl 2001] [t01126](#)
Stangl, Werner: *Die Einführung des Internets an Schulen am Beispiel Österreichs*, in [Groner, Dubi 2001]
- [Stoll 1999] [b00375](#)
Stoll, Clifford: *Log Out, Warum Computer nichts im Klassenzimmer zu suchen haben und andere High-Tech-Ketzereien* 1999
- [Struck 1998] [b00740](#)
Struck, Peter: *Netzwerk Schule, Wie Kinder mit dem Computer das Lernen lernen*, Hanser Verlag 1998
- [TA 2000]
Liliane Minor: *Zu modern fürs Kursbuch*, Artikel im Tages Anzeiger vom 28.6.2000, <http://www.tagesanzeiger.ch/ta/genArtikel?ArtId=19092>
- [Tschirky, Koruna 1998] [b00268](#)
Tschirky, Hugo und Koruna, Stefan: *Technologie-Management, Idee und Praxis*, Verlag Industrielle Organisation, 1998
- [Vahey, Crawford 2002] [b01582](#)
Vahey, Phil und Crawford, Valerie: *Palm Education Pioneers Program: Final Evaluation Report*, 2002
http://ctl.sri.com/publications/downloads/PEP_Final_Report.pdf
- [Varughese 1997] [b01460](#)
Varughese, Roy: *Strategic Enterprise Management, An IT Manager's Desk Reference*, Thomson Computer Press, 1997 (deutsch: *Handbuch IT-Management*, mitp Verlag)
- [Vester 1999] [b00472](#)
Vester, Frederic: *Die Kunst vernetzt zu denken*, Deutsche Verlagsanstalt 1999
- [Vorndran 2000] [b00697](#)
Vorndran, Oliver: *Organisationskonzepte für den Einsatz von Laptops in Schulen, Ergebnisse der AG Lernen in Laptop-Klassen (3. Treffen 13./14.11.00 in Gütersloh)*, http://www.netzwerk-medienschulen.de/dyn/bin/3652-3653-1-organisationskonzepte_laptops_010806vo.pdf

- [Vorndran, Zotta 2003] [b01307](#)
Vorndran, Oliver und Zotta, Franco: Regionale IT-Planung für Schulen, Materialien zur Entscheiderberatung, Verlag Bertelsmann, Gütersloh 2003
- [Weiss 2003]
Weiss, Robert: *Weissbuch 2002*, <http://www.robertweiss.ch/>
- [Weizenbaum 1990] [t01575](#)
Weizenbaum, Joseph: *Computer und Schule*, Vortrag an der Waldorfschule Köln 1990, in: *Computermacht und Gesellschaft* [Weizenbaum 2001]
- [Weizenbaum 2001] [b00763](#)
Weizenbaum, Joseph: *Computermacht und Gesellschaft, Freie Reden*, Suhrkamp Verlag 2001
- [Wöckel 2002] [b01966](#)
Wöckel, Stephan: *Internet in der Grundschule, Medienpädagogische und – didaktische Grundlagen*. Klett Verlag 2002
- [Welti, Döbeli 2001] [b00671](#)
Welti, Chris und Döbeli, Beat: *Empfehlungen zur kabellosen Vernetzung von Computern an Schulen*, EducETH, 2. Auflage 2001
<http://www.swisseduc.ch/informatik/berichte/wireless>
- [Wolstenholme 2003] [t03086](#)
Wolstenholme, Eric: *Towards the definition and use of a core set of archetypal structures in system dynamics*, in: *System Dynamics Review* 19, 7-26, 2003
- [Zehnder 2000] [t01093](#)
Zehnder, Carl August: *Informatik-Allgemeinbildung, Wieviel und welche Informatik brauchen Maturanden?*, in *Gymnasium Helveticum* 3/2000
- [Zehnder 2001] [b00210](#)
Zehnder, Carl August: *Informatik-Projektentwicklung*, vdf Verlag, 3. Auflage 2001

LEBENS LAUF

29. März 1970 Geboren in Rüti, ZH.
- 1977 – 1978 Besuch der Primarschule in Fort Collins, Colorado, USA
- 1978 – 1982 Besuch der Primarschule in Zürich
- 1982 – 1990 Besuch der Mittelschule Literargymnasium Rämibühl in Zürich, Abschluss Matura Typus B.
- 1990 – 1996 Studium der Informatik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich. Abschluss als Dipl. Informatik Ing. ETH
- 1990 – 1999 Teilzeittätigkeit als IT-Mitarbeiter, ab 1996 als IT-Projektleiter in der Firma ELFOTEC, Mönchaltorf
- 1996 – 1998 Zusatzstudium für das höhere Lehramt an der ETH Zürich
- 1999 – 2003 Teilzeittätigkeit als Assistent bei Prof. C. A. Zehnder am Institut für Informationssysteme der ETH Zürich
- seit 2000 Teilzeittätigkeit im Bereich der Informatikberatung und -schulung in der Firma infoSense (Gründungsmitglied)
- seit 2004 Leiter des ICT-Kompetenzzentrums TOP an der Pädagogischen Hochschule Solothurn