

Francis Hunger

# SETUN

Eine Recherche über den  
sowjetischen Ternärcomputer

---

An Inquiry into the  
Soviet Ternary Computer

## Inhalt

Vorwort — 6

FRANCIS HUNGER

Der Widerhall des SETUN. Wie der SETUN-Computer  
in der amerikanischen Wissenschaftspublizistik  
wahrgenommen wurde — 22

### *Materialien*

BORIS MALINOVSKIJ

Der Erschaffer des Ternärcomputers — 98

DMITRIJ RUMJANCEV

Nieder mit den Bits! Ein Interview mit Nikolaj P. Brusencov,  
dem Konstrukteur des Ternärcomputers — 150

### *Anhang*

A Der institutionelle Hintergrund der in  
›Der Widerhall des SETUN‹ zitierten Wissenschaftler — 178

B Der frühe wissenschaftliche Austausch zwischen  
Computerwissenschaftlern der UdSSR und der USA — 180

Bibliografie — 188

## Contents

Preface — 14

FRANCIS HUNGER

SETUN's Reverberations. How the SETUN Computer  
was Perceived by the "Western" Scientific Community — 60

### *Material*

BORIS MALINOVSKY

The Maker of the Ternary Computing Machine — 124

DMITRY RUMYANTSEV

No More Bits! An Interview with Nikolai P. Brusentsov, the Inventor  
of the Ternary Computer — 166

### *Appendix*

A Institutional affiliation of the scientists who were  
cited in 'SETUN's Reverberations' — 178

B Early exchange visits of computer scientists  
between the USSR and the US — 184

Bibliography — 188

Mit der fordistischen Massenproduktion nahm in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auch der Bedarf an industrieller Rechenleistung stark zu. Als eine Art Katalysator forcierte der II. Weltkrieg zudem die Entwicklung neuer elektronischer Rechenmaschinen. Die Nukleartechnologie, aber auch Probleme der Aerodynamik und Ballistik waren rechenintensive Gebiete, die in den Vereinigten Staaten, Deutschland, Großbritannien und der Sowjetunion zeitlich um wenige Jahre versetzt vorangetrieben wurden. Nachdem bis in die 1940er Jahre menschliche »Computer«, meist Frauen, mit Unterstützung von Hollerithmaschinen – ähnlich wie am Fließband – Rechenergebnisse produzierten, wurde mit der Entwicklung der ersten elektronischen Rechner diese bereits »mechanisierte Kopfarbeit« mehr und mehr ganz in Maschinen verlagert. Damit setzte eine Dynamik ein, deren ungeheures Umwälzungspotential für alle Bereiche der Gesellschaft bereits in den 1950er Jahren spürbar wurde: der Beginn einer »zweiten industriellen Revolution«.

Der SETUN, der 1958 in der Sowjetunion konstruiert wurde, zählt zu dieser frühen Periode elektronischer Rechenmaschinen. Er ist bis heute weltweit der einzige Computer, dessen Rechenarchitektur nicht auf eine binäre, sondern eine ternäre Logik aufbaut, denn er rechnet mit drei Schaltzuständen ( $-1 \mid 0 \mid 1$ ) statt mit den üblichen zwei ( $0 \mid 1$ ). Der SETUN scheint daher auf den ersten Blick eine Ausnahme in der Technologiesgeschichte, genau das war es, was mein Interesse an ihm geweckt hat. Aufmerksam wurde ich auf ihn 2003 durch das Buch *Computing in Russia* von Alexander Y. Nitussov, Georg Trogemann und Wolfgang Ernst. Was mich am SETUN von Anfang an besonders beschäftigte, war die Verbindung von Technologiesgeschichte und gesellschaftlichem Kontext.

Um diesen Zusammenhang zu erschließen, war ein Aufsatz von Boris Malinovskij hilfreich. Der Kiever Computerwissenschaftler gibt einen Einblick in das Leben des SETUN-Entwicklers Nikolaj P. Brusencov, wobei auch deutlich wird, in welchem Maße für diese Generation sowjetischer Wissenschaftler die Erfahrung des II. Weltkriegs prägend war. Nicht weniger interessant war das Interview, das Dmitrij Rumjancev 2004 mit Nikolaj P. Brusencov führte. Darin schildert der

russische Wissenschaftler das Zustandekommen des SETUN-Projektes und skizziert, wie bestimmte Entscheidungsprozesse in akademischen Institutionen und staatlichen Behörden in der Sowjetunion in den 1950–70er Jahren zustande kamen. Beide Texte habe ich in dieses Buch mit aufnehmen können.

Ein zweiter Aspekt, der mich am SETUN-Projekt zu interessieren begann, war die Frage, ob und wie der sowjetische Ternärcomputer auf der anderen Seite des ›Eisernen Vorhangs‹ – genauer gesagt in der amerikanischen Wissenschaftspublizistik – wahrgenommen wurde, und wie diese Wahrnehmung die Forschungsvorhaben in den nicht-sozialistischen Ländern beeinflusste.

Im Rahmen eines Stipendiums hatte ich 2005 die Möglichkeit, an der Bibliothek der Columbia University in New York zu recherchieren und fand dreizehn englischsprachige Publikationen, in denen der SETUN beschrieben und diskutiert wurde. Sie bildeten die Grundlage für meinen Text ›Der Widerhall des SETUN‹, in dem ich versucht habe, die Relation zwischen sowjetischer und amerikanischer Technologieentwicklung aufzuzeigen. Bei meiner Recherche stieß ich nicht, wie die allgemein anzutreffende Vorannahme lautet, auf einen Technologieimport vom Westen in den Osten, sondern fand ganz unterschiedliche Formen des wissenschaftlichen Informationstransfers, von der interessierten Diskussion von Konzepten unter Fachkollegen bis hin zur ›Aneignung gegnerischen Wissens‹ durch Industriespionage.

Angesichts der Beschäftigung mit einer verworfenen technischen Entwicklung, mit einer Erfindung, die nur zwölf Jahre nach ihrem Auftauchen wieder verschwand, kam ich gar nicht umhin, mich mit einem bestimmten, geläufigen Begriff von ›Fortschritt‹ auseinanderzusetzen. In den 1950er Jahren, in der Zeit als der SETUN konstruiert wurde, hatte der Begriff des ›wissenschaftlich-technischen Fortschritts‹ sowohl in den westlichen Industriestaaten als auch in den sozialistischen Ländern eine deutlich teleologische Funktion. War auf der westlichen Seite des Eisernen Vorhangs die Rede von der ›freien Entfaltung des Individuums‹, hatten die neuen technischen Errungenschaften auf der östlichen Seite der ›Befreiung der Arbeiterklasse‹ zu dienen. Die Konstruktion von ›Fortschritt‹ im Kapitalismus war dabei

nicht weniger ideologisch aufgeladen, als in den sozialistischen Ländern. Im Kapitalismus kaschiert sie den ökonomischen Imperativ, dem alle Teilnehmer am Marktgeschehen unterworfen sind: Unter Androhung des eigenen Untergangs alle materiellen und persönlichen Ressourcen zu aktivieren, um der Konkurrenz einen Schritt voraus zu sein und die Profitrate zu optimieren.

Wie stark Ost und West sich in den 50er Jahren in ihrer technologischen Entwicklung trotz oder gerade wegen ihrer Systemkonkurrenz gegenseitig beeinflusst haben, zeigt nicht nur das In-Mode-Kommen des Begriffs ›Kybernetik‹. Auch das Konzept der ›wissenschaftlich-technischen Revolution (WTR)‹, das seit Mitte der 1950er Jahre in den sozialistischen Ländern eine zentrale Rolle in der ideologischen Begründung der Durchrationalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft spielte, gibt Zeugnis davon. Lässt sich dieser Begriff doch auf den englischen Naturwissenschaftler und glühenden Marxisten John Desmond Bernal zurückführen, der ihn 1939 in *The Social Function of Science* erstmals verwendete.

In den sozialistischen Staaten hatte eine heute als problematisch anzusehende Interpretation der Marxschen Kapitalismusanalyse zu der Vorstellung geführt, dass sich das Proletariat durch wissenschaftlich-technologischen Fortschritt quasi ›planmäßig‹ von der Knechtschaft des Kapitals befreien könne. Diese traditionelle Marx-Interpretation legte den Schwerpunkt auf die Distribution und das Eigentum (an Produktionsmitteln), ontologisierte und heroisierte die ›Arbeit‹ und propagierte als Lösungsvorschlag eine staatliche Planwirtschaft und Volkseigentum (als Staatseigentum).

Es wurde ein Widerspruch zwischen der industriellen, fordistischen Produktionsweise – repräsentiert durch das Proletariat – und dem Markt (bzw. Privateigentum) behauptet, aus dem das Proletariat als ein nichtkapitalistisches Moment erwachsen könne, kritisiert der Post-Marxist Moishe Postone. »Damit wird unterstellt, die gleiche Form des Reichtums, die im Kapitalismus durch eine Klasse von Privatbesitzern expropriert wird, würde im Sozialismus kollektiv angeeignet und bewusst reguliert. [...] Die Idee, die Produktionsweise sei wesensmäßig vom Kapitalismus unabhängig, beruht auf einem ein-

dimensionalen, linearen Verständnis von Fortschritt – ›Fortschritt der Arbeit‹ –, der oft dem gesellschaftlichen Fortschritt überhaupt gleichgesetzt wird.« /1/

Postones kritische Re-Interpretation von Marx ermöglicht aus meiner Sicht einen neuen und äußerst relevanten Zugang zu einem Verständnis der gesellschaftlichen Entwicklungen des letzten Jahrhunderts /2/ und vor dieser Folie ist auch meine Beschäftigung mit sowjetischer Technologiesgeschichte und speziell dem SETUN zu sehen. /3/

Parallel zu meiner theoretischen Beschäftigung mit dem SETUN setzte ich mich auch künstlerisch mit diesem Material auseinander. So eröffnete ich im Rahmen von Ausstellungen Informationsbüros über den SETUN /4/, die die Besucherinnen und Besucher mit einer Reihe von Fragen zurückließen: Ist die Geschichte des SETUN wahr? Welche Machtdispositive entfalten sich durch Wissensproduktion und Geschichtsschreibung? Welche Möglichkeiten gibt es, mit perspektivisch angelegter Geschichtsschreibung umzugehen? Wie kann man die Entwicklung ternärer Rechentechnologie im Vergleich der sozialistischen und kapitalistischen Länder einordnen? Welche Auswirkungen auf die heutige Computertechnologie hätte eine Weiterentwicklung des SETUN gehabt? – Dies waren letztlich auch meine Fragen und ich hoffe, dass dieses Buch einige Aspekte näher beleuchten kann.

1 Postone 2003, S. 116.

2 Siehe Postone: „Die traditionelle marxistische Kapitalismuskritik vom Standpunkt der Arbeit ist nur plausibel, soweit sie sich auf den liberalen Kapitalismus des 19. Jahrhunderts bezieht. Sie ist jedoch auf grundsätzliche Weise inadäquat als kritische Theorie der staatszentrierten ›fordistischen‹ Konfiguration, die einen großen Teil des 20. Jahrhunderts geprägt hat und zu der auch die sowjetische Organisation der Gesellschaft gezählt werden muss. [...] Aus dieser Perspektive markiert der Kollaps des Sowjet-Kommunismus 1989–91 nicht das Ende des sozialis-

tischen Projekts, sondern die Kulmination eines Niedergangsprozesses des Fordismus, der in den frühen 1970er Jahren begann und ihn mittlerweile an seine definitiven Grenzen stoßen ließ.« (Postone S. 11f.)

3 Mehr zu meiner Auseinandersetzung mit Computertechnologie und Geschlechterrollen in: Hunger, Francis: *Computer als Männermaschine – Computer in einem patriarchalen und kapitalistischen Kontext*, 2003, <http://www.irmielin.org>.

4 LeRoy Neiman Gallery, School of the Arts, Columbia University, New York, 2005; MONITORING, Film- und Videofestival, Kassel, 2006.

## Dank

Für die Veröffentlichung dieses Buches gilt mein Dank dem Institut für Buchkunst Leipzig und hier besonders Julia Blume und Günter Karl Bose, sowie Karla Fiedler, der Leiterin der Grafischen Werkstätten an der Hochschule für Grafik und Buchkunst Leipzig.

Das Buch verdankt seine jetzige Form der intensiven Zusammenarbeit mit Jan Wenzel, der durch Nachfragen und eigene Recherchen deutlich zur Qualität der Texte beigetragen hat. Die Kooperation mit Helmut Völter, der das Buch gestaltet hat, war mir eine große Freude. Dem Fotografen Frank Herfort, der ein Bild des Setun-Flusses beisteuerte, danke ich ebenso wie Ilja Malinovskij, der den Eingang des wissenschaftlichen Rechenzentrums der Moskauer Staatlichen Universität fotografiert hat. Die Übersetzungen aus dem Russischen ins Englische übernahm David Riff, das Lektorat meiner Übersetzungen aus dem Russischen ins Deutsche verdanke ich Monika Heinker. Das umfangreiche Lektorat meiner englischen Textversion sowie die Übersetzung des Vorworts aus dem Deutschen ins Englische hat Tom Morrison besorgt. Allen dafür vielen Dank.

Ich danke Nikolaj P. Brusencov für die freundliche Beantwortung meiner E-Mails und die Überlassung von Fotografien aus seinem Archiv. Bedanken möchte ich mich weiterhin bei Boris Malinovskij, Dmitri Rumjancev, Michael Yoeli, Zvonko G. Vranesic, David Rine, Roy Merrill und Anne Fitzpatrick. Sie haben mir Texte und Bilder für dieses Projekt zur Verfügung gestellt und sich Zeit für meine Fragen genommen und so meine Recherchen uneigennützig unterstützt. Für ihre unermüdliche Suche in den Tiefen des Archivs der Columbia University New York danke ich der Bibliothekarin Stefka Tzanova, ebenso ihrer Berufskollegin Avishag Gordon vom Technion in Haifa. Für den künstlerischen Teil des SETUN-Projekts standen mir Helmut Mark, Inke Arns, John Kessler, Mark Tribe, Holger Birkholz mit Rat, Ermunterung und Kritik zur Seite.

Ein ganz persönlicher Dank bei der Arbeit an diesem Buch gilt nicht zuletzt Uschi Hunger, Anne Hunger, Hans Hunger, Claudia Lindner, Conny Müller, Jana Nowack, Henriette Grahner, Matthias Hennig.



Nikolaj P. Brusencov (Mitte, vorn) und das Entwicklerteam des SETUN, 1959  
Nikolai P. Brusentsov (center, front) and the developer team of the SETUN, 1959

The rise of Fordist mass production in the first half of the 20th century was accompanied by mounting requirements for industrial computing capacity. Furthermore, World War II acted as a kind of catalyst that drove forward the advancement of new computing machinery. In the United States, Germany, Great Britain and the Soviet Union, only a few years separated the advancements made in the computing-intensive fields of nuclear technology, in particular, but also of aerodynamics and ballistics. After human – and usually female – “computers” working in much the same way as at factory conveyor belts had produced computing results with the aid of Hollerith machines into the 1940s, this already “mechanized intellectual work” increasingly migrated into the realm of machines with the development of the first electronic computers. The stupendous revolutionary potential for all areas of society of the dynamic unleashed by these developments was palpable in the 1950s already: A “second industrial revolution” had begun.

The SETUN, which was constructed in the Soviet Union in 1958, belongs to this early phase of electronic computing machines. It has remained the world’s only computer with architecture based on ternary as opposed to binary logic, since it computes with three switching states (-1 | 0 | 1) instead of the customary two (0 | 1). It is therefore exceptional in the history of computer science, and that, precisely, was what roused my interest when in 2003 I read the book *Computing in Russia* by Alexander Y. Nitussov, Georg Trogemann and Wolfgang Ernst. From the outset, the connection between technological history and the social context was the aspect that especially interested me about the SETUN.

My investigations into this reciprocity were assisted by an essay by the Kiev computer scientist Boris Malinovsky, whose insight into the life of SETUN developer Nikolai P. Brusentsov makes clear the extent to which the experience of the war influenced the generation of Soviet scientists to which the latter belonged. Equally interesting was the interview Dmitri Rumyantsev conducted in 2004 with Nikolai P. Brusentsov, who described how the SETUN project came into being as well as decision-making processes in Soviet academic institutions and state authorities in the period 1950–70. I have been able to incorporate both texts in this book.



A further aspect of the SETUN project increasingly caught my interest, namely whether and how the Soviet ternary computer was noticed on the other side of the "Iron Curtain" – more specifically, in American scientific journals – and whether the fact of its existence influenced research projects in the non-communist countries. A grant award enabled me to research in the library of Columbia University in New York, where I found thirteen English-language publications in which the SETUN ternary computer was described and discussed. These articles provided the basis for my text "The Repercussions of SETUN," in which I attempt to demonstrate the interrelationship between Soviet and American technological developments. My research found evidence less of an importation of western technology in the East than of very diverse forms of scientific-information transfer that ranged, in short, from committed discussions among colleagues to the appropriation of "generic knowledge" in the manner of industrial espionage.

In view of this preoccupation with a technological development rejected after coming up against a brick wall, with an invention that vanished only twelve years after it first appeared, I had no choice but to analyze a specific, and current, notion of "progress." In the 1950s, the decade during which the SETUN was constructed, the notion of "scientific-technological progress" exercised a clearly teleological function both in the industrialized western world and in the communist countries. If people talked about the "free development of the individual" on the western side of the Iron Curtain, technical achievements on the eastern side were required to serve the "liberation of the proletariat." At the same time, the capitalist construction of "progress" was no less ideologically charged than its communist counterpart, and masked an economic imperative requiring all participants in the market to activate, at the peril of one's own demise, all material and personal resources in order to remain one step ahead of the competition and to optimize the rate of profit.

The rise to fashion of the term "cybernetics" in the 1950s is not the sole evidence of the strong reciprocal influence between East and West, in spite of or, precisely, because of the competition between the systems. Further confirmation comes from the concept of the "scientific-

technological revolution" that was central to the ideological justification of the uniform rationalization of economy and society, and can be traced back to the British natural scientist John Desmond Bernal, who used the concept in his *The Social Function of Science* (1939).

In the socialist countries, an interpretation of Marx's critique of capitalism which must be viewed as problematic had led to the notion that through scientific-technological progress the working class would be able to liberate itself, quasi "according to plan," from the bondage of capital. This traditional interpretation of Marx emphasized distribution and ownership (of production means), ontologized and heroicized "labor," and propagated as proposed solution a state-planned economy and popular ownership (as nationalized property).

The post-Marxist Moishe Postone argues that a contradiction was asserted between the industrial, Fordist mode of production – represented by the proletariat – and the market (and /or private property), from which the proletariat could emerge as a non-capitalist impetus: "It therefore implies that the same form of wealth, which under capitalism is expropriated by a class of private owners, would be appropriated collectively and regulated consciously in socialism. [...] The idea that the mode of producing is intrinsically independent of capitalism implies a one-dimensional, linear understanding of technical progress – 'labor's progress' – which, in turn, frequently is equated with social progress." /1/

From my perspective, Postone's critical re-interpretation of Marx enables a different and acutely relevant access to an understanding of social developments in the past century /2/; it is against this back-

1 Postone 1993, p. 67f.

2 Postone continues: "The traditional Marxist critique of capitalism from the viewpoint of labor is feasible only insofar as it concerns the liberal capitalism of the 19th century. But it is fundamentally inadequate as a critical theory of the state-centrist 'Fordist' configuration that shaped much of the 20th century and to which the Soviet organization form

of society must be considered to belong. [...] From this perspective, the collapse of Soviet-communism in the period 1989–91 signals not the end of the socialist project but the culmination of a process of Fordist decline that began in the 1970s, thus bringing Fordism up to its definitive borders." (Translated from the introduction to the German edition, Postone 1993, pp. 11f.)



ground that my preoccupation with Soviet technological history, and specifically with the SETUN, should be viewed. /3/

In parallel with my theoretical examination of the SETUN over the past few years I also used my material to artistic ends, for instance for exhibition projects. Visitors to the SETUN information bureaux I set up in New York and Kassel /4/ emerged with a whole series of questions: Is the tale of SETUN a true story? Which dispositifs of power come into play in the framework of producing knowledge and writing history? What possibilities exist to write history from a perspectival basis? How should the development of ternary computing technology be viewed in regard to the competition between the communist and capitalist countries? What technological influence might the further development of the SETUN have exercised on contemporary computer technology? – These questions were ultimately identical with the ones I asked myself, and I hope that this book can shed more light on a few of these aspects.

## Acknowledgements

I convey my gratitude for publishing this book to the Leipzig Institut für Buchkunst, and in particular Julia Blume and Günther Karl Bose, as well as Karla Fiedler, who heads the book workshop at the Academy of Visual Arts, Leipzig.

That the book is able to appear in its present form is thanks to my intensive collaboration with Jan Wenzel, whose questions and independent research considerably contributed to its quality. I took great pleasure in working with Helmut Völter, who designed the book and its layout. The reproduced photograph of the Setun river was contributed by the photographer Frank Herfort, and Ilya Malinovsky photographed the entrance gate to the Computing Research Center at Moscow State University. I also wish to thank: David Riff, who rendered the translations from Russian to English; Monika Heinker, who edited and proofed my own translations from Russian into German; Tom Morrison, who assisted me with the English texts.

I am grateful to Nikolai P. Brusentsov for answering my questions and allowing me to use photographs from his personal archives. I am also indebted to Boris Malinovsky, Dmitri Rumyantsev, Michael Yoeli, Zvonko G. Vranesic, David Rine, Roy Merrill, and Anne Fitzpatrick. All of the aforementioned made texts and images available for this project, and took the time to answer my questions and selflessly support my investigations. I am grateful to the librarian Stefka Tzanova for her indefatigable research in the depths of Columbia University Archive, and likewise to her fellow librarian Avishag Gordon of the Technion in Haifa. In regard to my SETUN-related art projects, I was able to rely on the advice, encouragement and criticism of Helmut Mark, Inke Arns, John Kessler, Mark Tribe, and Holger Birkholz.

Finally, for the support provided throughout the project I express my very personal thanks to Uschi Hunger, Anne Hunger, Hans Hunger, Claudia Lindner, Conny Müller, Jana Nowack, Henriette Grahner, and Matthias Hennig.

3 My analysis of computer technology and gender roles, which is important in this connection, appears in *Computer als Männermaschine – Computer in einem patriarchalen und kapitalistischen Kontext*, 2003, <http://www.irmielin.org>. [In German] LeRoy Neiman Gallery, School of the Arts, Columbia University, New York, 2005; MONITORING, film and video festival, Kassel, 2006.



Das wissenschaftliche Rechenzentrum der Moskauer Staatlichen Universität, 2007.  
The Research Computing Center of the Moscow State University in 2007.

## Bibliografie / Bibliography

1. Literaturangaben für die Recherche an diesem Buch, zusammengestellt von Francis Hunger
1. References for the research on this book, compiled by Francis Hunger

---

BRUSENTOV, N. P. / MASLOV, S. P. / ÁLVAREZ, R. J. / ZHOGOLEV, E. A.: *Development of Ternary Computers at Moscow State University*, <http://www.computer-museum.ru/english/setun.htm>. [13. Dezember 2006]

BRUSENTOV, N. P. / MASLOV, S. P. / ÁLVAREZ, R. J. / ZHOGOLEV, E. A.: *Development of Ternary Computers at Moscow State University*. In: *Proceedings of International Symposium Computers in Europe. Past, Present and Future, October 5–9, Kiev, 1998*, <http://www.icfcst.kiev.ua/SYMPOSIUM/Proceedings/Brusentsov.pdf>. [Download 12. Dezember 2006]

CARR III, J. W. / SCOTT, R. N. / PERLIS, A. J. / ROBERTSON, J. E.: *A Visit to Computation Centers in the Soviet Union*. In: *Communications of the ACM*, vol. 2, Nr. 6, 1959, S. 8–10, S. 14; auch veröffentlicht in: *Proceedings of the Seminar on the Status of Digital Computer and Data Processing Developments in the Soviet Union. ONR Symposium report, ACR-37*, Washington DC, ohne Jahr.

CARR III, J. W.: *Report on a Visit of Four Soviet Computer Scientists to the United States*. In: *Communications of the ACM*, vol. 1, Dezember 1958, S. 23–25.

CERUZZI, P.: *A History of Modern Computing*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1998.

DAVIS, N. C. / GOODMAN, S. E.: *The Soviet Bloc's Unified System of Computers*. In: *ACM Computing Surveys*, vol. 10, Nr. 2, 1978, S. 93–122.

DICKSON, P.: *Sputnik. The Shock of the Century*, New York: Berkley Books, 2003 (2001).

EPSTEIN, G. / FRIEDER, G. / RINE, D. C.: *The Development of Multiple Valued-Logic as Related to Computer Science*. In: Rine, D. C. (Hg.): *Computer Science and Multiple-Valued Logic. Theory and Applications*, Amsterdam, London: North-Holland Publishing Company, 1977, S. 87–107.

- FEIGENBAUM, E. A.: Soviet Cybernetics and Computer Sciences. In: *Communications of the ACM*, vol. 4, Nr. 12, Dezember 1961, S. 566–579.
- FRIEDER, G. / EPSTEIN, G. / RINE, D. C.: A Summary of the Development of Multiple-Valued Logic as related to Computer Science. In: *Proceedings of the 1974 Symposium on Multiple-Valued Logic*, Morgantown: IEEE Computer Society, West Virginia University, 1974, S. 303–314.
- FRIEDER, G. / LUK, C.: Ternary Computer. In: *Conference record of the 5th annual workshop on Microprogramming, Urbana, Illinois, September 25–26, 1972*, New York: ACM, 1972, S. 98.
- GROSCH, H. R. J.: *Computer. Bit Slices from a Life*, Nevada City, Kalifornien: Underwood Books, 2003 (1991), <http://www.columbia.edu/acis/history/computer.html>. [2. Februar 2005]
- GROSCH, H. R. J.: *Signed Ternary Arithmetic*, Cambridge, Massachusetts: Digital Computer Lab, MIT, 1954.
- HALLWORTH, R. P. / HEATH, F. G.: *Semiconductor circuits for ternary logic*, Institution of Electrical Engineers, Monograph No. 482 E, November 1961.
- HANSON, W. H.: Ternary Threshold Logic. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-12, Nr. 3, Juni 1963, S. 191–197.
- HAYES, B.: Third Base. In: *American Scientist*, vol. 89, Nr. 6, November/Dezember, 2001, S. 490–494, <http://www.americanscientist.org/template/PDFDetail/assetid/21206>. [Download 13. Dezember 2006]
- HIGUCHI, T. / HOSHI, H.: Special-Purpose Ternary Computer for Digital Filtering. In: *Proceedings of the Eighth International Symposium on Multiple-Valued Logic 1978, Rosemont, Illinois*, Los Alamitos, Kalifornien: IEEE Computer Society Press 1978, S. 47–54.
- KLIMENKO, S. V.: Computer Science in Russia. A Personal View. In: *IEEE Annals of the history of computing*, vol. 21, Nr. 3, 1999, S. 16–30.
- KRÖBER, G.: *Wissenschaft und friedliche Koexistenz. Zur Rolle der Wissenschaftsbeziehungen zwischen den USA und der UdSSR in der amerikanischen Außenpolitik, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR/Gesellschaftswissenschaften*, Nr. 12, Berlin: Akademie Verlag, 1979.

- LEVASSEUR, K.: *The Balanced Ternary System*, <http://www.hostsrv.com/webmaa/app1/MSP/webm1010/ternary>. [20. Dezember 2006]
- MALINOVSKY, B. N.: *Nikolay Brusentsov – the Creator of the Trinary Computer*, <http://www.icfcst.kiev.ua/museum/Brusentsov.html> [13. Dezember 2006].
- MALINOVSKY, B. N.: *Istorija vychislitel'noj tekhniki v licakh*, Kiev, 1995, <http://lib.ru/MEMUARY/MALINOWSKI/8.htm>. [6. Februar 2006] [In Russisch]
- MALINOVSKY, B. N.: Nikolai Petrovich Brusentsov and his Computer SETUN. In: Trogemann/Nitussov/Ernst 2001, S. 104–107.
- MCDUGALL, W. A.: *The Heavens and the Earth. A Political History of the Space Age*, New York: Basic Books, 1985.
- MERRILL, R. D.: Some Properties of Ternary Threshold Logic. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-13, Nr. 5, Oktober 1964, S. 632–635.
- MERRILL, R. D.: Tabular Minimization Procedure for Ternary Switching Functions. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-15, Nr. 4, August 1966, S. 578–585.
- MERRILL, R. D.: Ternary Logic in Digital Computers. Proceedings of the SHARE Design Automation Project. In: *Annual ACM IEEE Design Automation Conference*, New York: ACM Press, 1965, S. 6.1–6.17.
- National Research Council: *Review of US–USSR Interacademy Exchanges and Relations*, Government Printing Office, Washington DC, 1977.
- PORAT, D. I.: Three-valued digital systems. In: *Institution of Electrical Engineers Proceedings*, Nr. 6 (116), Juni 1969, S. 947–954.
- POSTONE, M.: *Zeit, Arbeit und gesellschaftliche Herrschaft. Eine neue Interpretation der kritischen Theorie von Marx*, Freiburg: ça ira Verlag, 2003.
- RATH, S. S.: A ternary Flip-Flop circuit. In: *International Journal of Electronics*, 1975, vol. 38, Nr. 1, S. 41–47.
- RINE, D. C.: An Introduction to Multiple-Valued Logic. In: Rine, D.C. (ed.): *Computer Science and Multiple-Valued Logic: Theory and Applications*. Amsterdam, London: North-Holland Publishing Company, 1977, S. 3.

- RUDINS, G.: Soviet Computers. A Historical Survey. In: Holland, W. B. (Hg.): *Soviet Cybernetic Review*, vol. 4, Nr. 1, Santa Monica, Kalifornien: RAND Corp., Januar 1970, S. 6–44.
- RUMYANTSEV, Dmitri: Down with the Bits! An Interview with N. P. Brusentsov. In: *Upgrade*, Nr. 33 (175), August 2004, [in Russisch], [http://www.computery.ru/upgrade/numbers/2004/175/history\\_175.htm](http://www.computery.ru/upgrade/numbers/2004/175/history_175.htm). [6. Februar 2006]
- SHANNON, C. E.: A Symmetrical Notation for Numbers. In: *The American mathematical monthly*, vol. 57, Nr. 2, Februar 1950, S. 90–93.
- THELLIEZ, S.: *Introduction a l'étude des structures ternaires de commutation*, Paris: Gordon & Breach, 1973.
- TROGEMANN, G. / NITUSOV, A. / ERNST, W. (Hg.): *Computing in Russia. The History of Computer Devices and Information Technology revealed*, Köln: Vieweg, 2001.
- VARSHAVSKY, V. I. / BOGOLUBOV, I. N.: Ternary threshold elements and problems in their synthesis. In: *Transl. Proceedings, relay systems and finite automata*, Nr. MT-63-257, Artikel 39, Paoli, Pennsylvania: Burrough Corp. 1963.
- VARSHAVSKY, V. I. / OVSIEVICH, B.: Networks composed of ternary majority elements. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-14, Nr. 5, Oktober 1965, S. 730–733.
- VRANESIC, Z. G. / HAMACHER, H. C.: Threshold Logic in Fast Ternary Computers. In: *Proceedings of the Fifth International Symposium on Multiple-Valued Logic*, 1975, S. 373–377.
- VRANESIC, Z. G. / SMITH, K. C.: Engineering Aspects of Multi-Valued Systems. In: *Computer*, vol. 7, Nr. 9, September 1974, S. 34–41.
- WARE, W. H. (ed.). / ALEXANDER, S. N. / ARMER, P. / ASTRAHAN, M. M. / BERS, L. / GOODE, H. H. / HUSKEY, H. D. / RUBINOFF, M.: Soviet Computer Technology – 1959. In: *Communications of the ACM*, vol. 3, Nr. 3, 1959, S. 131–166; auch veröffentlicht in: *IRE Transactions on Electronic Computer*, vol. EC-9, Nr. 1, März 1960, S. 72–120; *Bulletin Provisional International Computation Centre 10–11, July-October 1960*; RM-2541, RAND Corp., 1. März 1960.

- YOELI, M. / HALPERN, I.: Ternary arithmetic unit. In: *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, Nr. 10 (115), Oktober 1968, S. 1385–1388.
- ZAITZEFF, E. / ASTRAHAN, M.: Russian Visit to U. S. Computers. In: *Communications of the ACM*, vol. 1, December 1958.

2. Ausgewählte Literaturangaben zum SETUN in russischer Sprache, zusammengestellt von Nikolaj P. Brusencov, mit Ergänzungen von Francis Hunger
2. Selected references for the SETUN in Russian, compiled by Nikolai P. Brusentsov with additions by Francis Hunger

АЛЬВАРЕС, Р. Х.: Базовое программное оснащение ЦМ СЕТУНЬ 70. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 17, Москва: Издательство МГУ, 1981, S. 22–26.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / АЛЬВАРЕС, Р. Х.: Структурированное программирование на малой цифровой машине. In: *Вычислительная математика и вопросы кибернетики*, вып. 15, Москва: Издательство МГУ, 1978, S. 3–8, <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-4.htm>. [27. Juli 2004]

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / ЖОГОЛЕВ, Е. А. / МАСЛОВ, С. П. / АЛЬВАРЕС, Р. Х.: Опыт создания трюичных цифровых машин. In: *Компьютеры в Европе – прошлое, настоящее и будущее. Труды международного симпозиума*, Киев: Феникс, 1998, S. 67–71.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / ЖОГОЛЕВ, Е. А. / МАСЛОВ, С. П.: Общая характеристика малой цифровой машины СЕТУНЬ 70. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 10, Ленинград: Издательство ЛГУ, 1974, S. 3–21.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / ЖОГОЛЕВ, Е. А.: Структура и алгоритм функционирования малой вычислительной машины. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 8, Ленинград: Издательство ЛГУ, 1971, S. 34–51.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / ЖОГОЛЕВ, Е. А. / ВЕРИГИН, В. В. / МАСЛОВ, С. П. / ТИШУЛИНА, А. М.: *Малая автоматическая цифровая машина <СЕТУНЬ>*, <http://www.computer-museum.ru/histussr/setun2.htm>. [1. Juni 2002]

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / ЗЛАТКУС, Г. В. / РУДНЕВ, И. А.: ДССП – Диалоговая система структурированного программирования. In: *Программное оснащение микрокомпьютеров*, Москва: Издательство МГУ, 1982, S. 11–40.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / МАСЛОВ, С. П. / РОЗИН, В. П. / ТИШУЛИНА, А. М.: *Малая цифровая вычислительная машина СЕТУНЬ*, Москва: Издательство МГУ, 1965.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / МОРОЗОВ, В. А.: *Аннотированный указатель программ для вычислительной машины СЕТУНЬ. Фонд алгоритмов и программ Минвуза СССР*, Москва: Издательство ВЦ МГУ, вып. 1, 1968; вып. 2, 1971.

БРУСЕНЦОВ, Н. П. / РУДНЕВА, Т. Л.: Алгоритм трансляции алгебраических выражений в почти совершенную бесскобочную запись. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 9, Издательство МГУ, 1972.

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Вычислительная машина СЕТУНЬ Московского государственного университета. In: *Новые разработки в области вычислительной математики и вычислительной техники – Материалы научно-технической конференции*, Киев, 1960, S. 226–234.

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Диаграммы Льюиса Кэррола и аристотелева силлогистика. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 13, Москва: Издательство МГУ, 1976, S. 164–182.

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Диалоговая система структурированного программирования*, <http://www.computer-museum.ru/histsoft/dssp.htm>, <http://www.eduhmao.ru/portal/hmao/CDMuseum/museum/SOFT/dssp.htm>. [27. Juli 2004]

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Заметки о трюичной цифровой технике. Архитектура и программное оснащение цифровых систем*, Москва: Издательство МГУ, 1984; <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-1.htm>, <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-2.htm>. [1. Juni 2002]

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Малая цифровая вычислительная машина СЕТУНЬ*, <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-6.htm>. [27. Juli 2004]

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Микрокомпьютерная система обучения Наставник*, <http://www.computer-museum.ru/histsoft/msonast.htm>. [27. Juli 2004]

БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Неадекватность двоичной информатики. In: *Современные информационные технологии и ИТ-образование – Сборник докладов*, Москва: МАКС Пресс, 2005, S. 501–503.



- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Опыт разработки троичной вычислительной машины. In: *Вестник СФ. 1: математика, механика*, Москва, 1965, Nr. 2, S. 39–48.
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Пороговая реализация трехзначной логики электромагнитными средствами. In: *Вычислительная техника и вопросы кибернетики*, вып. 9, Москва: Издательство МГУ, 1972, S. 3–35.
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Реанимация аристотелевой силлогистики. In: *Реставрация логики*, Москва: Фонд Новое тысячелетие, 2005, S. 140–145.
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Стековые машины с изменяемой адресностью команд*, <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-3.htm>. [14. August 2004]
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *Усовершенствованная бескобочная запись формул, ЖВМ и МФ*, 12, Nr. 3, 1972.
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Устройство управления цифровой вычислительной машины с магазинной памятью. In: *Авторское свидетельство #391562*, кл. G06f 9/10, Бюллетень #31, 25. Juli 1973.
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: *ЭВМ СЕТУНЬ 70*. <http://www.computer-museum.ru/histussr/12-5.htm>. [14. August 2004]
- БРУСЕНЦОВ, Н. П.: Электромагнитные цифровые устройства с однопроводной передачей трехзначных сигналов. In: *Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники*, XIV Всесоюзное совещание (сентябрь 1972 г.), Москва: Наука, 1972, S. 242–244.
- ЖОГОЛЕВ, Е. А.: *Интерпретатор ПОЛИЗ-63*, ЖВМ и МФ, 5, Nr. 1, 1965.
- ЖОГОЛЕВ, Е. А.: Система команд и интерпретирующая система для машины СЕТУНЬ. In: *Журнал вычислительной математики и математической физики АН СССР*, 1, Nr. 3, Москва: АН СССР, 1961, S. 499–512.
- МАЛИНОВСКИЙ, Б. Н.: Творец троичной ЭВМ. In: *История вычислительной техники в лицах*, Киев: КИТ, ПТОО А. С. К., 1995; <http://lib.ru/MEMUARY/MALINOWSKIJ/8.htm>. [27. Juli 2004]

Anmerkung: Eine vollständige Bibliografie der Texte von N. P. Brusencov kann unter: <http://www.ternary.ru/publications.html> abgerufen werden.

Note: A complete bibliography of essays by N. P. Brusentsov can be found at: <http://www.ternary.ru/publications.html>.

3. Literaturverweise in den zitierten Artikeln aus amerikanischen Wissenschaftspublikationen
3. References used in the cited articles from American scientific publications

- AGAIN, J.: SETUN. In: *Nauchno-Tekhnologicheskaya Obchestva SSSR*, vol. 2, Nr. 3, 1960, S. 25. [In Russisch]
- ANDERSON, D. J. / DIETMEYER, D. L.: A Magnetic Ternary Device. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-12, Dezember 1963, S. 911–914.
- BRUSENTOV, N. P. / MASLOV, S. P. / ROZIN, V. P. / TISHULINA, A. M.: *The Small Computer SETUN*. Moskau: MGU, 1965. [In Russisch]
- BRUSENTOV, N. P. / ZHOGOLEV, E. A. / VERIGIN, V. V. / TISHULINA, A. M.: *The SETUN Small Automatic Digital Computer*. Moscow State University Vestnik, vol. 4, 1962, S. 3–12. [In Russisch]
- BRUSENTOV, N. P.: Computer SETUN of MSU. In: *New Developments in the Field of Calculating Mathematics and Equipment*, Kiev, 1960, S. 226–234.
- CARR III, J. W. / SCOTT, R. N. / PERLIS, A. J. / ROBERTSON, J. E.: A Visit to Computation Centers in the Soviet Union. In: *Communications of the ACM*, vol. 2, Nr. 6, 1959, S. 8–10, S. 14; auch veröffentlicht in: *Proceedings of the Seminar on the Status of Digital Computer and Data Processing Developments in the Soviet Union. ONR Symposium report, ACR-37*, Washington DC, ohne Jahr.
- CAUCHY, A.: Sur les moyens d'éviter les erreurs dans les calculs numériques. In: *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Nr. 11, Paris 1840, S. 789–798.
- Departement of Electrical Engineering: *Conference Record of the 1971 Symposium on the Theory and Applications of Multiple-Valued Logic Design*, Buffalo, New York: State University of New York at Buffalo, 1971.
- EICHELBERGER, E. B.: Hazard Detection in Combinational and Sequential Switching Circuits. In: *IBM Journal on Research and Development*, vol. 9, Nr. 3, 1965, S. 90–99.



- EPSTEIN, G. / HORN, A.: Finite limitations on a propositional calculus for affirmation and negation. In: *Bulletin of the Section of Logic. Polish Academy of Sciences*, vol. 3, 1974, S. 43–44.
- GROSCH, H. R. J.: *Signed Ternary Arithmetic*, Cambridge, Massachusetts: Digital Computer Lab, MIT, 1954.
- HABERLIN, H. / MÜLLER, H.: Arithmetische Operationen mit binär codierten Ternärzahlen: Mitteilungen AGEN, Jg. 11, 1970, S. 55–58.
- IVASKIV, Y. L.: *Principles of Multi-Valued Implementation Schemes*, Kiev: Naukova Dumka, 1971. [In Russisch]
- KANIEL, A.: Trilogic, a three-level logic system provides greater memory density. In: *EDN Magazine*, April 1973, S. 80–83.
- KNUTH, D. E.: *The Art of Computer Programming*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1969.
- LALANNE, L.: [ohne Titel], In: *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Jg. 11, Paris 1840, S. 903–905.
- LEWIN, M. H.: Retrieval of Ordered Lists from a Content Addressable Memory. In: *RCA Review*, vol. 23, 1962, S. 215–229.
- MERRILL, R. D.: Ternary logic in digital computers. In: *Proceedings of the SHARE design automation project*, New York: ACM Press, 1965.
- MINE, H. et al.: Four ternary arithmetic operations. In: *Systems-Computer-Controls*, vol. 2, 1971, S. 46–54.
- READER, T. D. / QUIGLEY, R. J.: Research and Development in Fluid Logic Elements. In: *UNIVAC Monthly Press Reports*, Nr. 1–8, NAS8-11021, 1. Juli 1963 – 29. February 1964.
- SANTOS, J. / ARANGO, H. / PASCUAL, M.: A Ternary Storage Element Using a Conventional Ferrit Core. In: *IEEE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-14, Nr. 4, April 1965, S. 248.
- SCHAUER, R. / STEWARD, R. / POHM, A. / REID, A.: Some applications of magnetic film parametron as logical devices. In: *IRE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-19, 1960, S. 315–320.
- VARHSHAVSKY, V. I.: Ternary Majority Logic. In: *Avtomatika i Telemekhanika*, vol. 25, Nr. 5, 1964, S. 673–684.

- VRANESIC, Z. G. / HAMACHER, H. C.: Multi-Valued Versus Binary High Speed Multipliers. In: *Conference Record of the 1971 Symposium on the Theory and Applications of Multiple-Valued Logic Design*, Buffalo, New York: State University of New York at Buffalo, 1971, S. 42–53.
- YOELI, M. / HALPERN, I.: Ternary arithmetic unit. In: *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, Nr. 10 (115), Oktober 1968, S. 1385–1388.
- YOELI, M. / RINEN, S.: Application of Ternary Algebra to the Study Of Static Hazards. In: *Journal of the ACM*, vol. 9, Nr. 3, 1964, S. 84–97.
- ZHOGOLEV, E. A.: The Order Code and an Interpretative System for the SETUN Computer. In: *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, Nr. 3, Oxford: Pergamon Press, 1962, S. 563–578.

## Impressum / Imprint

Redaktion / Text editing:

Jan Wenzel

Texte / Texts:

Francis Hunger,

Dmitrij Rumjancev,

Boris Malinovskij

Übersetzung / Translations:

Francis Hunger (Rumjancev,

Malinovskij, dt.),

Tom Morrison (Preface,

Vorwort, engl.),

David Riff (Rumjancev,

Malinovskij, engl.)

Lektorat / Copy editing:

Monika Heinker (Rumjancev,

Malinovskij, dt.),

Tom Morrison (Hunger, engl.),

Jan Wenzel (Hunger,

Preface / Vorwort, dt.)

Bildnachweis / Photography credits:

Archiv / Archive Nikolaj P. Brusencov

(S. 12, S. 118–122),

Ilja Malinovskij (S. 20)

Gestaltung / Graphic Design:

Helmut Völter

Herstellung / Production:

Karla Fiedler

Auflage / Edition: 300

Druck / Printed by:

PögeDruck Leipzig

Bindung / Binding:

Buchbinderei Mönch OHG, Leipzig

Copyright © 2007 Institut für Buchkunst

Leipzig, die Autoren und Fotografen /

Institut für Buchkunst Leipzig, the authors  
and photographers.

ISBN 3-932865-48-0

Institut für Buchkunst Leipzig, 2007