

## Abschließender Sachbericht

# **swMATH – ein Informationsdienst für mathematische Software**

## Executive Summary

### **swMATH – ein Informationsdienst für mathematische Software**

Die Open Access Datenbank swMATH ([www.swmath.org](http://www.swmath.org)) zu mathematischer Software wurde gemeinsam entwickelt mit FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur.

Mit swMATH konnte ein neuartiger Nachweisdienst für mathematische Software mit dem Fokus auf der inhaltlichen Erschließung im mathematischen Kontext der Publikationen geschaffen werden. Durch diesen publikationsbasierten Ansatz schafft der Dienst eine Verbindung zwischen mathematischer Software und wissenschaftlichen Publikationen, die bisher verfügbare Portale nicht bieten können. Softwareautoren ermöglicht sie eine Übersicht über den Verbreitungsgrad der Software und ihren Einsatz in der wissenschaftlichen Forschung. Anwender können die Software durch die aus den Publikationen gewonnenen Metadaten besser auffinden und filtern, als dies mit herkömmlichen Suchmaschinen der Fall ist. Sie erhalten durch die Referenzen zusätzlich umfangreiche Literaturlisten für ihre weitere Arbeit mit der Software.

Der Dienst wurde eng mit der lange bestehenden und von FIZ Karlsruhe entwickelten Datenbank zbMATH für mathematische Publikationen verknüpft, indem die Referenzen der Publikationen in swMATH mit den Referaten in zbMATH verlinkt werden. Umgekehrt werden die Einträge in zbMATH durch Verweise zu Softwareeinträgen in swMATH ergänzt.

Mit etwa 10.000 Software-Paketen bietet swMATH eine einzigartige Abdeckung des Bereichs der mathematischen Software. Diese Softwareeinträge enthalten Referenzen zu ca. 90.000 Publikationen (Stand Mai 2015).

Durch die im Projekt entwickelten Algorithmen für die automatische Identifizierung von Software und die Arbeit der Fachredakteure von zbMATH wird swMATH kontinuierlich aktualisiert und erweitert. Von 2015 an wird der swMATH Service als gemeinsames Projekt des Berliner Forschungscampus MODAL und FIZ Karlsruhe weitergeführt.

## Executive Summary

### **swMATH – an information service for mathematical software**

The OpenAccess database swMATH ([www.swmath.org](http://www.swmath.org)) on mathematical software was developed in collaboration with FIZ Karlsruhe – Leibniz Institute for Information Infrastructure.

With swMATH a novel information service for mathematical software could be created with a focus on documenting the software in the context of mathematical publications. Through this publication based approach the service creates a connection between mathematical software and scientific publications that previously available portals cannot provide. It enables software authors to get an overview on how widespread the software and their use in scientific research is. By the metadata extracted from the publications, users can find and filter software easier as is the case with conventional engines. They will also receive extensive literature reference lists for their further work with the software.

The service is closely linked to the long-standing database zbMATH for mathematical publications, developed by FIZ Karlsruhe. References to publications in swMATH are linked to the reviews of the publications in zbMATH. Conversely, the entries in zbMATH are supplemented by references to software entries in swMATH.

With about 10,000 software packages, swMATH provides a unique coverage of the area of mathematical software. The software records contain references to approximately 90,000 publications (as of May 2015).

swMATH is updated and expanded continuously by algorithms for the automatic identification of software developed in the project and by the work of the editors of zbMATH. From 2015 onwards, the swMATH service will continue as common project of the Berlin Research Campus MODAL and FIZ Karlsruhe.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Problemstellung .....	1
2	Darstellung des Ausgangspunkts .....	2
3	Besonderheiten bei mathematischer Software .....	3
4	Ziele und Zielgruppen im Projekt.....	4
5	Der publikationsbasierte Ansatz .....	5
6	Weitere Methoden und Datenanalyse .....	7
7	Implementierung von Datenbank und Webinterface.....	9
8	Die swMATH Datenbank aus Nutzersicht.....	10
9	Verbindung zu ORMS und zu zbMATH .....	13
10	Kooperationspartner und Integration in die mathematische Community ..	15
11	Konsolidierung des Dienstes.....	16
12	Vorträge und Publikationen .....	19
13	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	20
14	Aktualisierung (Mai 2015):.....	20
15	Schlussbemerkung.....	21

## 1 Einführung und Problemstellung

Software hat heute alle Lebensbereiche durchdrungen und prägt unser tägliches Leben. Die dynamische (Weiter-)Entwicklung von Softwarelösungen, speziell von mathematischer Software, ist eine Voraussetzung für Innovationen in Industrie, Dienstleistungen und im organisatorisch-administrativen Bereich. Das Thema 'Informationsdienste zu Software' (Bereitstellung aussagekräftiger Informationen über Software), beschäftigt Informationswissenschaftler, gerade auch im wissenschaftlichen Bereich, seit langem. Software weist gegenüber anderen Informationen – etwa wissenschaftlichen Publikationen – eine Reihe von Besonderheiten auf: Software ist im Vergleich zu den Printmedien eine relativ neue Art von Information. Software setzt auf Algorithmen auf, ist in verschiedenen Programmiersprachen kodiert und bedarf zur Ausführung ein Rechnersystem und andere Software. Softwareimplementierungen sind also an konkrete Rahmenbedingungen geknüpft. Der Begriff Software fasst verschiedene Facetten zusammen und wird ambivalent gebraucht: als Bezeichnung für Code (der in beliebiger Form existieren kann), die Realisierung des Codes auf einer speziellen Hardware, als auch für ein lauffähiges System: zu einer vertieften Diskussion des Begriffs Software siehe<sup>1</sup>. Eine Realisierung eines Softwarecodes ist also zunächst immer an spezielle Voraussetzungen in Form von Hard- und Software gebunden.

Softwarelösungen verändern sich dynamisch und durchlaufen einen Lebenszyklus. Software, die nicht weiterentwickelt wird, ist schnell veraltet und wird durch andere ersetzt (Weiterentwicklungen einer Software können sowohl den Algorithmus als auch dessen Implementierung betreffen).

Die Nutzungsbedingungen für eine Software sind unterschiedlich: für spezielle Nutzergruppen können die Nutzungsbedingungen / Lizenzen differieren.

Die Granularität mathematischer Software ist unterschiedlich: Universelle Softwarepakete und -bibliotheken wie Mathematica oder Matlab decken nahezu die gesamte Mathematik ab, daneben gibt es viele mathematische Softwarelösungen, die zur Lösung spezieller Problemklassen entwickelt worden sind.

Das alles hat dazu geführt, dass der Aufbau und die Pflege von Softwareinformationsdiensten selbst für Teilbereiche wie die Mathematik schwierig sind. Informationsdienste zu Software sind komplex, aufwändig, bis heute wenig standardisiert und es gibt eine Reihe offener Probleme, die von der Entwicklung von Standards zur Softwarebeschreibung, Werkzeuge zur Beurteilung der Qualität von Software / Messung der Performance von Software bis zum Problem der Archivierung der Software reichen.

Die Beschreibung von Software und der Aufbau von leistungsfähigen Informationsdiensten zu Software sind also sehr komplex und umfassen sowohl inhaltliche, als auch technische und rechtliche Aspekte.

Eine weitere Schwierigkeit bei Informationsdiensten für mathematische Software: Die Suche mittels Google&Co ist häufig schwierig. Einige der Gründe sind: die Namen der Software sind unbekannt, kryptisch oder verwenden einen Personennamen oder ein Wort aus der Alltagssprache; Autorennamen für mathematische Software sind weniger aussagefähig als bei Publikationen und führen zu schlechteren Ergebnissen als bei der Literatursuche, die vorhandenen Klassifikationsschemata für mathematische Software decken nur Teilaspekte des Bereiches Software ab.

Ein hochwertiger Nachweisdienst zu mathematischer Software könnte dazu beitragen, die Suche und den Zugang zu mathematischer Software entscheidend zu vereinfachen und so das vorhandene Wissen, das in der Software steckt, schneller zu verbreiten und anwendbar zu machen.

Im Projekt swMATH ist ein neues Konzept für einen Informationsdienst für mathematische Software entwickelt und implementiert worden, das möglichst vollständig vorhandene mathematische Software umfasst, die Software in standardisierter Form inhaltlich erschließt und für interessierte Nutzer suchbar macht, siehe <http://www.swmath.org>.

## 2 Darstellung des Ausgangspunkts

In den vergangenen Jahren hat sich eine Reihe von Informationsdiensten zu mathematischer Software entwickelt.

- ORMS <sup>2</sup> (<http://orms.mfo.de>)  
Portal zu mathematischer Software mit einer begrenzten Anzahl manuell ausgewählter Projekte / Softwarepakete und deren qualitativ hochwertige inhaltliche Beschreibungen
- Netlib (<http://www.netlib.org>)  
Programm-bibliothek frei verfügbarer mathematischer Software, die eine Suche und auf der Basis eines eigenen Klassifikationssystems (Guide to Available mathematical Software, GAMS <http://gams.nist.gov>) ein Browsing anbietet.

- Plato (<http://plato.asu.edu/sub/global.html>)  
Portal zu Optimierungssoftware, das eine Beschreibung der mathematischen Probleme und eine Liste der entsprechenden Software einschließlich deren Kurzbeschreibung umfasst
- Freecode (<http://www.freecode.com>)  
universelles Portal zu Unix-Software, enthält auch mathematische Software, aber ohne Qualitätsprüfung, enthält neben einer Beschreibung auch Angaben zu den Nutzungsbedingungen
- CPC (Computer Physics Communications) Program Library (<http://www.cpc.cs.qub.ac.uk>)  
Informationsdienst und Programmbibliothek zu physikalischer Software, enthält neben inhaltlichen Metadaten auch technische Angaben (etwa die Programmiersprache und die Hardware, auf der das System installiert worden ist) sowie die Lizenzbedingungen
- R Archive Network (<http://cran.r-project.org>)  
Programmbibliothek, das freie Software zum R Project for Statistical Computing anbietet

Die Liste ist keinesfalls vollständig, verdeutlicht aber die unterschiedlichen Ziele und Ansätze der Betreiber, die von klar abgegrenzten inhaltlichen Gebieten, unterschiedlicher Erschließung bis zur Bereitstellung des Codes reichen. Umfang und Qualität der gelisteten Software und der Informationen über diese sind in den aufgeführten Diensten sehr unterschiedlich. Die höchste Qualität bei der inhaltlichen Erschließung weist der ORMS Service aus, bietet allerdings nur Informationen für ca. 100 Softwarepakete an. Eine umfassende Erweiterung des ORMS Ansatzes ist nicht möglich, da er wesentlich auf der intellektuellen Erschließung und Beschreibung (ausgewählter) Softwarepakete beruht und angesichts des hohen manuellen Aufwands nicht skalierbar ist. Es bedarf also anderer Konzepte, die weitgehend automatisiert arbeiten und skalierbar sind.

### 3 Besonderheiten bei mathematischer Software

Informationsdienste zu mathematischer Software sind schwieriger als Informationsdienste zu mathematischen Publikationen. Der Begriff Software ist gegenüber einer mathematischen Publikation unbestimmt: unter Software wird entsprechend der in <sup>1</sup> vorgenommenen Begriffsbildung sowohl der in einer speziellen Programmiersprache erstellte Code ('SoftwareAsCode') als auch die physikalische Präsenz auf einem Rechner ('ComputationalObjects') als auch ein lauffähiges System (ComutationalObject verknüpft mit 'ComputationalActivity') verstanden. Ohne zusätzliche Einschränkung wird im Weiteren unter Software immer die Realisierung auf einem Rechner ('ComputationalObjects') verstanden.

Mathematische Software ist weltweit verteilt, die Software liegt in unterschiedlicher Form vor und ist unterschiedlich dokumentiert. Darüber hinaus kann es unterschiedliche Versionen der Software geben. Die Versionen können Aktualisierungen sein, verschiedene Rechnerarchitekturen umfassen, unterschiedliche Nutzungsbedingungen für spezielle Nutzergruppen definieren, etc.

Im Gegensatz zu wissenschaftlichen Publikationen, die statisch und auf Dauer verifizierbar sind, verändert sich Software dynamisch und ist komplexer Natur, was die oben aufgeführten

Abhängigkeit von Programmiersprachen, technischen Systemen und anderer Software umfasst. Eine Realisierung einer Software erfolgt in einer bestimmten Programmiersprache, ist an eine Rechnerarchitektur (z.B. Parallelrechner) gebunden und erfordert andere Software (etwa Betriebssystem oder Compiler).

Eine Software kann – im Gegensatz zu wissenschaftlichen Publikationen – für den Nutzer nicht verifizierbar sein, etwa, weil eine spezielle Hardware nicht zur Verfügung steht oder Abhängigkeiten von anderer Software, die nicht vorhanden oder modifiziert worden ist, bestehen.

Zu den besonderen Schwierigkeiten und Anforderungen für den Aufbau eines Informationsdienstes zu mathematischer Software zählen:

- das Fehlen von Modellen / Standards für die Erschließung, Beschreibung und Zitierung mathematischer Software
- die Identifikation mathematischer Software und deren Qualitätsprüfung, die Datengewinnung und Datenpflege (Aktualisierung)
- die Datenanalyse
- Automatisierung des Dienstes

Die aufgeführten Schwierigkeiten und Anforderungen sind eng miteinander verknüpft. So ist das Fehlen von Standards für Metadaten wesentlich dadurch bedingt, dass die erforderlichen Daten nicht vorhanden sind oder sich nur schwer ermitteln lassen, etwa weil sie nicht in einer standardisierten Form bereitgestellt werden oder Abhängigkeiten von anderer Software nicht explizit benannt werden.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Granularität der Software. Im Gegensatz z. B. zur Netlib strebt das swMATH-Projekt nicht an, Informationen für einzelne kleine Software Module bereitzustellen, sondern konzentriert sich auf mathematische Softwarepakete oder -bibliotheken. Die Abgrenzung kann im Einzelfall durchaus problematisch sein, generell sollen in swMATH keine Module zur Lösung einzelner mathematischer Probleme sondern eher zur Lösung mathematischer Problemklassen nachgewiesen werden.

## **4 Ziele und Zielgruppen im Projekt**

Ziel des Projekts war die Entwicklung und der Aufbau eines umfassenden Nachweissystems für mathematische Software, das die derzeit vorhandene mathematische Software in standardisierter Form möglichst vollständig erfasst und suchbar macht. Im Mittelpunkt des Dienstes steht der inhaltliche Zugang, also die Verbindung zwischen Algorithmus und Programmcode.

Der Dienst richtet sich vor allem an Mathematiker, die in Forschung, Entwicklung und Simulation tätig sind, und für ihre Tätigkeiten mathematische Software entwickeln bzw. anwenden.

Mathematische Software wird auch immer mehr von Nutzern außerhalb der Mathematik nachgefragt, wie Naturwissenschaftlern und Anwendern aus technischen und Ingenieurberufen. Um den Dienst auch für Entwickler und Anwender aus diesen Bereichen

attraktiv zu machen, muss berücksichtigt werden, dass mathematische Software ein Werkzeug zur Lösung konkreter mathematischer Problemklassen ist, die wiederum zur Lösung sehr unterschiedlicher Anwendungsprobleme (d.h. aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen) eingesetzt werden kann.

Zur inhaltlichen Erschließung der Software gehören also sowohl die Problemklasse, die Methoden und Algorithmen, für welche die Software entwickelt worden ist, als auch reale Anwendungsprobleme und ihre mathematischen Modelle, für deren Lösung die Software eingesetzt worden ist.

Um den Dienst für die wachsende Anzahl mathematischer Softwarepakete und -bibliotheken skalierbar zu machen und langfristig erhalten und anbieten zu können, mussten Konzepte entwickelt werden, die eine weitgehende Automatisierung der Datenpflege und des Web Dienstes ermöglichen.

Das Projekt ist ein Schritt für einen umfassenden Informationsdienst zu mathematischer Software, der den Nutzer auch bei der Nutzung der Programme unterstützt. Der Fokus des Informationsdienstes ist – ähnlich wie ORMS – die inhaltliche Beschreibung und Analyse der Software, eine Archivierung des Programmcodes einer Software ist nicht beabsichtigt.

Der Dienst versteht sich zuallererst als eine spezielle Suchmaschine für mathematische Software, welche die Nutzer beim Auffinden und der Auswahl geeigneter Software zur Lösung ihrer Probleme unterstützt. Das setzt zum einen eine möglichst breite Erfassung der existierenden mathematischen Software und zum anderen eine qualifizierte und aussagefähige Charakterisierung der Software voraus.

## **5 Der publikationsbasierte Ansatz**

Im swMATH Projekt wurde ein neues Konzept für die Erfassung mathematischer Software entwickelt. Im Mittelpunkt des Projektes stand die inhaltliche Erschließung der Software, d.h. die enge Verzahnung von Software mit den dokumentierten Anwendungen sowie den mathematischen Verfahren und Algorithmen, die dieser Software zu Grunde liegen. Mathematische Software hat einen mathematischen Ausgangspunkt, der in einem zu lösenden mathematischen Modell oder einer mathematischen Problemklasse besteht und mathematische Theorien benutzt oder vorhandene Algorithmen implementiert. Die fertige Software wird dann in Forschung und Entwicklung angewendet. Beides, mathematische Theorien und Methoden sowie Anwendungen werden in Publikationen hergeleitet und dargestellt. Die zunehmende Zahl der Softwarereferenzen in den Publikationen zeigt die wachsende Bedeutung der Software für die Mathematik, insbesondere auch als Bindeglied zwischen Mathematik und Anwendungsbereichen außerhalb der Mathematik. Auch die Anzahl der Publikationen, die primär die Beschreibung der Software zum Inhalt haben, steigt ständig an.

Deshalb ist in diesem Projekt die in Publikationen enthaltene Information zu einer Software eine wesentliche Quelle zur Erfassung und Erschließung von Software.

Die Publikationen wurden von uns in zwei Klassen eingeteilt:

### 1. *Standardartikel*

Dies sind Publikationen zu einer Software, die die theoretischen Grundlagen, Hintergründe und technischen Details der Software erklären. Diese Publikationen werden häufig vom Entwickler der Software veröffentlicht. Die Bandbreite der Publikationen reicht hierbei von einfachen Artikeln bis zu kompletten Handbüchern zu einer Software.

### 2. *Anwenderartikel*

Diese Publikationen referenzieren die Software, wenn die Software zur Lösung eines bestimmten Problems eingesetzt worden ist. Hier zitiert die Publikation die Software nur als Werkzeug. Die Software selbst ist hierbei nicht Thema des Artikels. Stattdessen findet die Software als Hilfsmittel Anwendung und ihre Ergebnisse werden untersucht, weiterverwendet oder verglichen.

Die enge Verzahnung zwischen Publikation und Software ist ein zentraler Ansatzpunkt des im Projekt entwickelten Konzepts, um mathematische Software zu identifizieren und zu erschließen. Es sollen möglichst alle Publikation ermittelt werden, die sich auf eine bestimmte Software beziehen, und mit dieser inhaltlich verknüpft werden. Mit der Datenbank zbMATH<sup>3</sup>, die derzeit ca. 3,5 Millionen Datensätze zu mathematischen Publikationen enthält, gibt es eine umfassende Informationsquelle bibliographischer Informationen mathematischer Publikationen, die zur Identifizierung und Auswertung von und über mathematischer Software ausgenutzt worden ist. Insbesondere sollen alle in zbMATH nachgewiesenen Publikationen mit der dort zitierten Software verlinkt werden und umgekehrt.

Der publikationsbasierte Ansatz verwendet also Publikationen zur Identifizierung und zur inhaltlichen Erschließung der Software und soll Metadatenätze zu einer Software mit Referenzen zu Publikationen erweitern.

Für die Identifizierung von Software wurden zunächst Titel und Abstract von Publikationen aus der Datenbank zbMATH auf charakteristische Wortmuster, die auf eine Software hinweisen, untersucht. Häufig werden Kunstwörter als Namen oder besondere Schreibweisen des Namens für Softwaretitel verwendet (z.B. MAFRA, ToscanaJ). In den Publikationen tauchen zudem Terme wie 'module, packet, software, version etc.' auf, die auf einen Standard- oder Anwenderartikel hinweisen. Inzwischen werden die Untersuchungen auch auf die Referenzen in den Publikationen ausgedehnt und diese auf Softwarezitationen überprüft.

Neben der Web-Schnittstelle wurde auch ein Produktionssystem implementiert, bei dem eine Volltextsuche in den Referenzen-Zeilen einer Publikation erfolgen kann. Zurzeit werden in der Datenbank zbMATH in hohem Umfang neue Referenzen nachgetragen und verbessern die Datenqualität erheblich. Für die Software 'Singular' findet man z.B. Anwenderpublikationen, wenn zusätzlich zu dem Term 'Singular', der in der Mathematik in verschiedenem Zusammenhängen gebraucht wird, auch nach den Autorennamen 'Pfister' und 'Greuel' gesucht wird:

## ZB-Ref90-3: Text

```
select 0, f_nrf_a(dfd), tx_id from soft_ref90 where tsx @@ to_tsquery('greuel & pfister & singular')
```

Id	Nr	ZB	rid	Ref-Text (3) to_tsquery('greuel & pfister & singular')
1	0	<a href="#">05343408</a>	1140169	G.-M. Greuel and G. Pfister, A Singular: Introduction to Commutative Algebra, 2nd edn., Springer, Berlin, 2008.
2	0	<a href="#">05343408</a>	1140170	G.-M. Greuel, G. Pfister, and H. Schönemann, Singular 3.0, A Computer Algebra System for Polynomial Computations, Centre for Computer Algebra, University of Kaiserslautern, 2005. <a href="http://www.singular.uni-kl.de">http://www.singular.uni-kl.de</a> .
3	0	<a href="#">05262309</a>	3109429	Greuel, G.-M., Pfister, G. A Singular(Singular) \$ introduction to commutative algebra. Springer, Berlin (2002). With contributions by Olaf Bachmann, Christoph Lossen and Hans Schönemann, with 1 CD-ROM (Windows, Macintosh, and UNIX)
4	0	<a href="#">05262309</a>	3109430	Greuel, G.-M., Pfister, G., Schönemann, H. Singular(Singular) \$ 3.0. A computer algebra system for polynomial computations. Centre for Computer Algebra, University of Kaiserslautern. <a href="http://www.singular.uni-kl.de">http://www.singular.uni-kl.de</a> (2005)
5	0	<a href="#">05495239</a>	1406640	Greuel, G. M., Pfister, G., Schönemann, H. Singular 3.0. A Computer Algebra System for Polynomial Computations. Centre for Computer Algebra, University of Kaiserslautern (2005) <a href="http://www.singular.uni-kl.de">http://www.singular.uni-kl.de</a>
6	0	<a href="#">02235488</a>	1252767	Greuel, G.M., Pfister, G., Schönemann, H. Singular 2.0.5. A Computer Algebra System for Polynomial Computations. Centre for Computer Algebra, University of Kaiserslautern (2003). <a href="http://www.singular.uni-kl.de">http://www.singular.uni-kl.de</a>
				Greuel, G. M., Pfister, G., Schönemann, H. Singular 3.0.3. A computer algebra system for polynomial computations. Centre for Computer Algebra

Abbildung 1: Suche nach Softwarereferenzen in der Datenbank zbMATH

Eine wesentliche Schwierigkeit bei der Identifizierung der Software liegt in der Heterogenität der Software-Zitationen. Bisher gibt es – im Gegensatz zum Publikationsbereich – keine Standards für das Zitieren von Software. Meist geben die Autoren der Publikationen nur den Namen der Software an, bei großen Software-Paketen oder -bibliotheken – etwa Matlab – auch mit einem zusätzlichen Modulnamen (Toolbox) und mitunter auch mit einer Versionsbezeichnung. In anderen Fällen werden die Standardartikel einer Software zitiert, was keine Rückschlüsse auf das speziell verwendete System oder die Version der Software zulässt.

## 6 Weitere Methoden und Datenanalyse

Für die inhaltliche Erschließung einer Software wurden im Projekt folgende Verfahren entwickelt, getestet und implementiert:

- *Auffinden und Auswerten der Homepage/Webseite zu einer Software*  
Die Website einer Software ist die wichtigste Ressource, sowohl um den Zugang als auch um detaillierte Informationen zu einer Software zu erhalten. Allerdings existiert nicht zu jeder Software eine Website, etwa weil eine solche noch nicht oder nicht mehr existiert oder die Software zu speziell /zu klein ist.  
Zudem sind Inhalt, Strukturierung und Design der Software Homepages sehr heterogen, so dass eine automatische Auswertung der Informationen nur zum Teil möglich ist. So kann etwa nach E-Mail Adressen auf der Homepage gesucht werden (die dann als Kontaktadressen genutzt werden können) oder anhand einer spezifizierten Liste von Programmiersprachen kann überprüft werden, ob eine solche Information auf der Homepage / Website einer Software auftaucht.  
Die Qualität der Daten auf einer Homepage ist in der Regel sehr hoch da hier die Softwareautoren ihre Software selbst mit Kurzbeschreibung, Keywords oder Einsatzgebieten versehen.  
Die Website einer Homepage enthält meist auch eine Dokumentation der Software, die zur inhaltlichen Auswertung herangezogen werden kann.
- *Aussagen zur inhaltlichen Charakterisierung einer Software*  
Eine andere Möglichkeit, inhaltliche Daten zu einer Software zu erhalten, bieten die

Publikationen, welche die Software referenzieren. Standardisierte bibliographische Daten mathematischer Publikationen sind über die Datenbank zbMATH zugänglich, speziell der Review oder der Abstract als komprimierte Zusammenfassung des Inhalts der Publikation, Key Phrasen, um die wesentlichen Begriffe einer Publikation hervorzuheben und eine Klassifikation entsprechend der Mathematics Subject Classification (MSC). Die MSC ist zwar zunächst ein Klassifikationsschema für Publikationen und für Software nicht optimal, liefert aber eine aussagefähige inhaltliche Einordnung einer Software (insbesondere der mathematischen Problemstellung) in ein mathematisches Gebiet und ist hilfreich vor allem für die Nutzer, die mit der MSC vertraut sind.

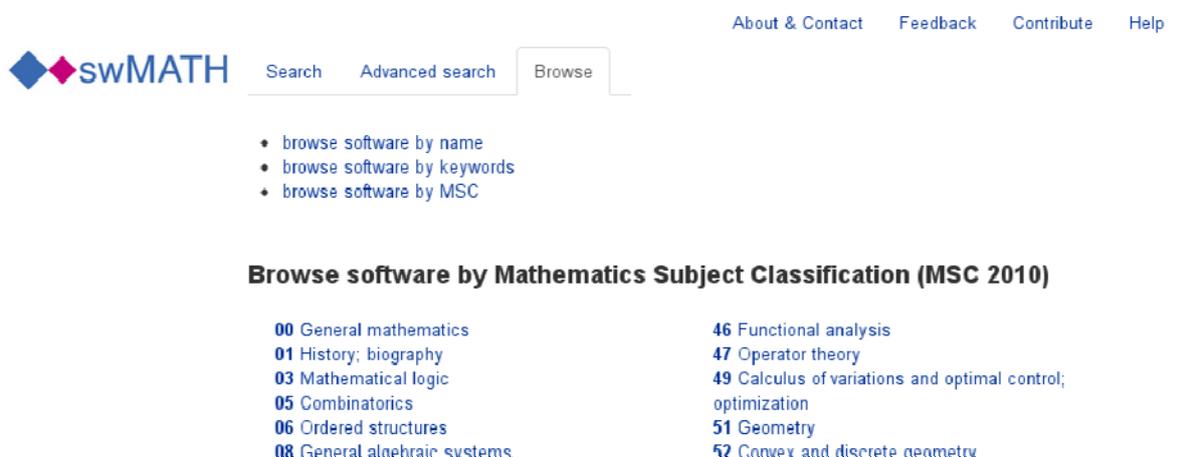


Abbildung 2: Browsing nach der Mathematical Subject Classification

Aus den (manuell erstellten) Metadaten der Publikationen lassen sich Metadaten über die referenzierte Software ableiten ('abgeleitete' oder 'indirekte' Metadaten). Wie oben erwähnt, liegt es nahe, bei den Publikationen zu differenzieren zwischen

- Standardpublikationen zu einer Software  
Diese Publikationen sind auf die eigentliche Beschreibung der Software fixiert, d.h. der Abstract bzw. die Review, Key Phrasen und MSC können zur inhaltlichen Beschreibung des Inhalts der Software verwendet werden.
- Anwenderpublikationen zu einer Software  
Abstract und Review machen hier keine direkten Aussagen über die Software. Die Key Phrasen und MSC sind aber gerade für Anwender aussagefähig und interessant, um den Einsatz einer Software zu charakterisieren, sind aber gegenüber den entsprechenden Daten der Standardpublikationen von geringerem Gewicht.

Heuristische Verfahren liefern Entscheidungshilfen, um Standard- und Anwenderpublikationen zu unterscheiden.

Generell lassen sich aus der Analyse der Metadaten der Publikationen im Wesentlichen inhaltliche Metadaten der Software ermitteln, andere Metadaten müssen aus anderen Quellen erschlossen bzw. erstellt werden.

- *Ermittlung von verwandter und ähnlicher Software*

Software-Pakete, die häufig gemeinsam in Reviews, Abstracts oder Referenzen zitiert werden oder deren Publikationen eine hohe Übereinstimmung in der MSC Klassifizierung aufweisen, befassen sich oft mit ähnlichen Problemstellungen oder bauen aufeinander auf. Die nach diesem Verfahren durch einen Ranking-Algorithmus ermittelte Liste ermöglicht es dem Benutzer auch bisher unbekannt Software zu finden und einen Überblick über eine bestimmte Klasse von Software zu erhalten.

Die Software Referenzen in der Datenbank zbMATH, die ausschließlich qualitätsgeprüfte mathematische Publikationen enthält (also einen Reviewing Prozess durch die mathematische Community durchlaufen haben), sind gleichzeitig ein (indirekter) Filter für die Qualität einer Software.

## **7 Implementierung von Datenbank und Webinterface**

Basis des Informationsdienstes ist die swMATH-Datenbank, wodurch auch eine flexible Änderung der Strukturierung der Informationen ermöglicht wird.

Das Metadatenschema von swMATH umfasst

- inhaltliche Daten (Kurzbeschreibung, Key Phrasen, MSC)
- URL der Homepage einer Software
- weitere bibliographische Daten, insbesondere Autoren
- technische Daten (Programmiersprache, Hardware- und Softwarevoraussetzungen, Interface)
- Angaben zur Versionierung (welche Versionen, Merkmale der Versionen)
- Zeitliche Angaben (Ereignisorientiert, z.B. Datum des letzten Update, ...)
- Nutzungsbedingungen
- Abhängigkeiten von anderer Software
- Verknüpfungen mit Publikationen (über die Datenbank zbMATH)

Um das Metadatenschema nicht unnötig zu verkomplizieren, wurde ein flaches Datenbank-Schema entwickelt, das auch als XML-Schema vorliegt.

Die Angabe der Metadaten ist optional, aber für die Mehrzahl der Softwareeinträge stehen neben dem Titel, auch eine Kurzbeschreibung, Key Phrasen, die Verknüpfungen mit Publikationen sowie die URL der Homepage zur Verfügung.

In der Datenbank swMATH werden alle Metadaten einer Software gespeichert, die Verknüpfungen zwischen Software und Publikationen werden über Links in die Datenbank zbMATH realisiert. Jede Software ist durch einen eindeutigen swMATH Identifier gekennzeichnet, der für die Identifizierung der Software verwendet werden kann.

Das Design des Web Interfaces des Informationsdienstes ist wichtig für dessen Akzeptanz. Das Interface soll sowohl eine schnelle und einfache Suche als auch eine detaillierte und flexible Suche sowie ein Browsing über die Datenbank ermöglichen.

Ergebnis der Suche oder des Browsers sind Listen mit den Titeln Phrasen, die den gewünschten Anforderungen entsprechen: Die Listen lassen sich nach verschiedenen Sortierkriterien ordnen. Die Detailseiten zu einer Software enthalten alle Informationen zu dieser Software, die zudem nach verschiedenen Kriterien ausgewertet werden. Das geschieht im Wesentlichen durch die Daten, die aus den Publikationen zu einer Software gewonnen werden. So werden etwa Keyword Clouds oder zeitliche Profile für die Resonanz und Akzeptanz einer Software erzeugt und verwandte / ähnliche Software angezeigt.

## 8 Die swMATH Datenbank aus Nutzersicht

Sichtbares Ergebnis des Projekts ist der Informationsdienst swMATH<sup>4</sup> (<http://www.swmath.org>).

Anhand der eingefügten Bilder des Web Interfaces sollen der wesentlichen Merkmale des Dienstes im Detail erläutert werden.

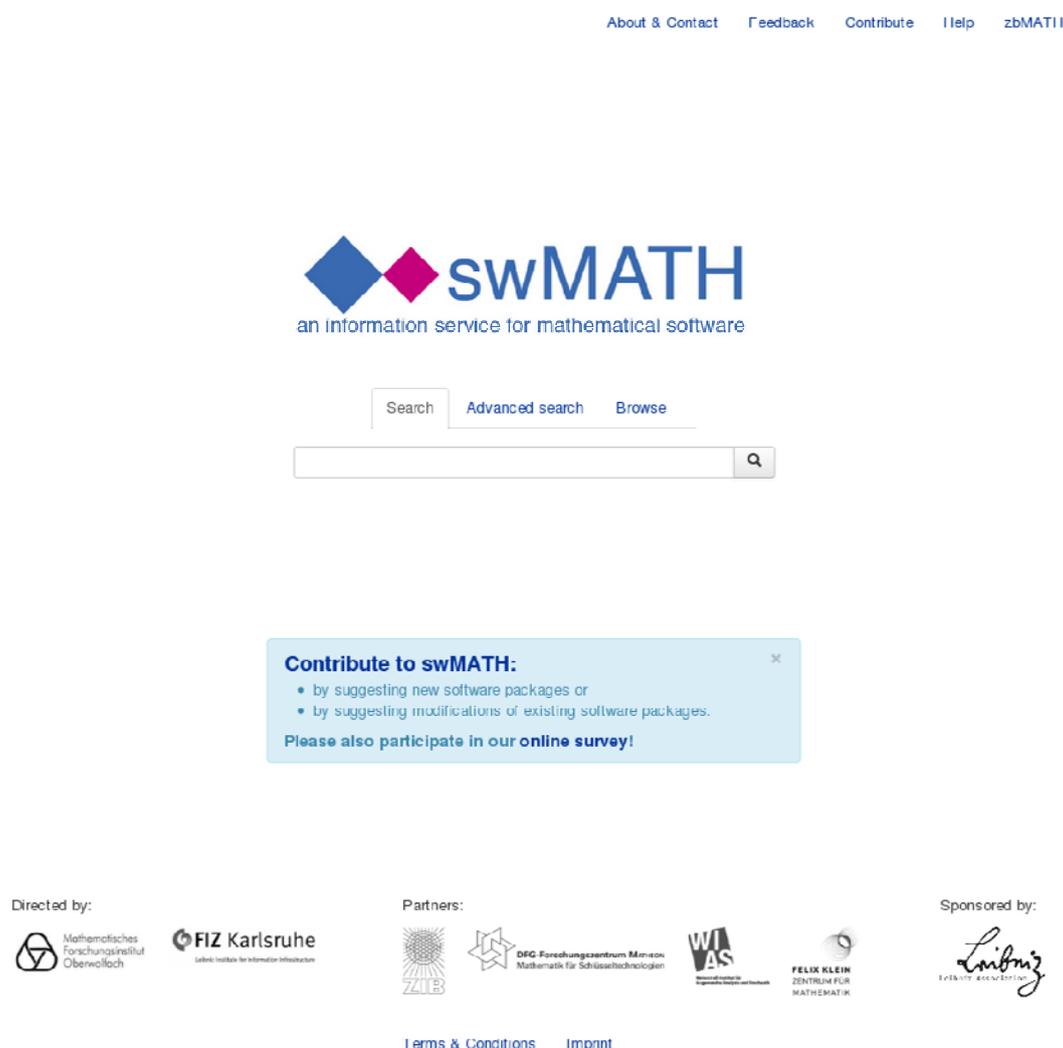


Abbildung 3: Homepage des Dienstes swMATH

In Abbildung 3 ist die Homepage des Dienstes swMATH zu sehen, die sowohl die implementierten Such- als auch Browsingfunktionalitäten umfasst.

Zusätzlich sind allgemeine Informationen über den Dienst zu finden sowie die Bitte an die Community sich einzubringen, indem sie weitere relevante Software für die Aufnahme in das

Portal vorschlägt. Dazu steht ein Formular zur Verfügung, in dem der Nutzer die Daten zu seiner Software eintragen kann.

Ein hinreichendes Kriterium für die Aufnahme in swMATH ist es, wenn sich in Publikationen, die in der Datenbank zbMATH nachgewiesen sind, Referenzen auf die Software finden.

The screenshot shows the swMATH search interface. At the top right, there are links for 'About & Contact', 'Feedback', 'Contribute', 'Help', and 'zbMATH'. The swMATH logo is on the left. Below it, there are three buttons: 'Search', 'Advanced search', and 'Browse'. A search input field contains the text 'algebra' and has a search icon to its right. Below the search bar, a grey bar indicates 'Results 1 to 20 of 988' and a 'Sort by:' dropdown menu with 'Name' and 'Relevance' options. The main content area lists several software packages with their respective article counts and brief descriptions:

- Magma** Referenced in 597 articles [sw00540]  
supported software package designed for computations in **algebra**, number theory, **algebraic** geometry and **algebraic** combinatorics ... structures such as groups, rings, fields, modules, **algebras**, schemes, curves, graphs, designs, codes and many ... those areas of mathematics which are **algebraic** in nature. The overview provides a summary ... language. Magma is distributed by the Computational **Algebra** Group at the University of Sydney...
- GAP** Referenced in 502 articles [sw00320]  
system for computational discrete **algebra**, with particular emphasis on Computational Group Theory. GAP provides ... library of thousands of functions implementing **algebraic** algorithms written in the GAP language as well ... large data libraries of **algebraic** objects. See also the overview and the description ... groups and their representations, rings, vector spaces, **algebras**, combinatorial structures, and more. The system, including...
- SINGULAR** Referenced in 455 articles [sw00866]  
SINGULAR is a Computer **Algebra** system for polynomial computations in commutative **algebra**, **algebraic** geometry ... field (e.g., finite fields, the rationals, floats, **algebraic** extensions, transcendental extensions), or localizations thereof...
- LAPACK** Referenced in 693 articles [sw00503]  
performed by calls to the Basic Linear **Algebra** Subprograms (BLAS). LAPACK is designed...
- Macaulay2** Referenced in 403 articles [sw00537]  
software system devoted to supporting research in **algebraic** geometry and commutative **algebra**, whose creation...
- REDUCE** Referenced in 365 articles [sw00789]  
REDUCE is an interactive system for general **algebraic** computations of interest to mathematicians, scientists ... solution of a variety of **algebraic** equations; facilities for the output of expressions...
- KernSmooth** Referenced in 366 articles [sw04586]  
basic knowledge of statistics, calculus and matrix **algebra** is assumed. In its role...
- RODAS** Referenced in 240 articles [sw04112]  
possibly singular matrix M; with dense output; **algebraic** order conditions are considered Concerning the linear ... **algebra** routines the user has the choice to link the code with DC\_DECSOL...

Abbildung 4: Ausschnitt aus der Ergebnisliste zur Suche nach 'algebra'

Software, die von der Community selbst vorgeschlagen wird oder in anderen mathematischen Software Portalen gelistet wird, wird manuell überprüft und entschieden, ob diese in swMATH aufgenommen wird. Dadurch soll verhindert werden, dass keine qualitativ minderwertige Software in swMATH gelistet wird. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus der Ergebnisliste einer Suche. Für die Sortierung stehen sowohl eine alphabetische Sortierung als auch eine Sortierung nach Relevanz zur Verfügung.



betont, setzt der Dienst swMATH ganz bewusst auf die enge Verbindung zwischen Publikationen und Software und der Nutzung der Publikationen auf ('publikationsbasierter Ansatz'). Softwareautoren einer Software erhalten dadurch einen schnellen Überblick über die Verwendung und Verbreitung ihrer Software und Softwareanwender können leicht relevante Artikel zu einer Software recherchieren. Diese umfangreiche Verknüpfung zwischen Software und Publikationen sowie den daraus abgeleiteten Metadaten ist bisher einzigartig. Die Analyse der Publikationsdaten – angefangen von der Identifizierung mathematischer Software – erfolgt weitgehend mit heuristischen Verfahren und wird ergänzt durch manuelle Einträge von Software Referenzen in der Datenbank zbMATH (dazu wurde das Datenbankschema von zbMATH um das Feld Software Referenzen erweitert).

Weitere Angaben wie etwa der URL der Website der Software oder die Autorennamen erfordern eine zusätzliche Suche im Web. In jedem Fall werden die Daten einer neuen Software nach ihrer Erstellung und bevor sie in swMATH sichtbar gemacht werden, manuell überprüft. Diese Kontrolle dient der Qualitätssicherung des Dienstes.

Eine wesentliche Voraussetzung für den publikationsbasierten Ansatz war die enge Anbindung an die Publikationsdatenbank zbMATH. Darüber hinaus bedeutet die Verlinkung der Publikationsdatenbank zbMATH mit swMATH auch eine wesentliche Erweiterung und Abrundung des Informationsangebots der Publikationsdatenbank, da dadurch auch der zunehmend wichtigere Bereich der mathematischen Software mit abgedeckt wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit den im Projekt entwickelten innovativen Ansätzen und Methoden alle Projektziele erreicht worden sind, und dass mit dem Dienst swMATH ein neuer – über die Grenzen der Mathematik hinausreichender – Service aufgebaut worden ist.

## **9 Verbindung zu ORMS und zu zbMATH**

Die Projektleitung lag beim Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach, das bereits Erfahrungen beim Aufbau des Nachweisdienstes für Software ORMS (Oberwolfach References on Mathematical Software) sammeln konnte und in die Entwicklung von swMATH einbrachte.

Die Verbindung zu ORMS stellt eine Besonderheit dar. Seitens swMATH wird zu einem Softwareeintrag ein Link zu ORMS angezeigt, wenn zu dieser Software ein entsprechender Eintrag in ORMS vorhanden ist.

motivations for our work is the growing importance of formal hardware and software verification based on Boolean expressions, which suffer besides from the complexity of the problems -from the lack of an adequate treatment of arithmetic components. We are convinced that algebraic methods are more suited and we believe that our preliminary implementation shows that Gröbner-bases on specific data structures can be capable of handling problems of industrial size.

 This software is also referenced in ORMS.

**Keywords for this software**



**Similar software**

- [Fgb](#)
- [SINGULAR](#)
- [Sage](#)
- [slimgb](#)
- [Macaulay2](#)
- [Magma](#)
- [MiniSat](#)
- [CUDD](#)
- [Maple](#)
- [Trivium](#)

[Show more...](#)

Abbildung 6: Verlinkung von swMATH mit ORMS

In ORMS wiederum wird eine dynamische REST-Schnittstelle von swMATH verwendet, mit der aktuelle Daten von swMATH abgerufen werden können. Hierbei werden die zehn aktuellsten Publikationen zu einer Software aus swMATH angezeigt, wie an folgendem Beispiel des ORMS-Eintrags zur Software „PolyBoRi“ zu sehen ist. Diese Webschnittstelle steht auch anderen Anwendungen offen.

[Download pdf description](#)

**Citations in swMATH with link to review in zbMATH**

- [Brickenstein, Michael; Dreyer, Alexander: Gröbner tree normal forms for Boolean polynomials \(2013\)](#)
- [Albrecht, Martin R.; Cid, Carlos; Faugère, Jean-Charles; Perret, Ludovic: On the relation between the MXL family of algorithms and Gröbner basis algorithms](#)
- [Gao, Xiao-Shan; Huang, Zhenyu: Characteristic set algorithms for equation solving in finite fields \(2012\)](#)
- [Hernando, Antonio; Roanes-Ozano, Eugenio; Maestre-Martínez, Roberto; Lejedor, Jorge: A logic-algebraic approach to decision taking in a railway interlocking \(2012\)](#)
- [Knellwolf, Simon; Meier, Willi; Naya-Plasencia, María: Conditional differential cryptanalysis of trivium and KATAN \(2012\)](#)
- [Albrecht, Martin; Cid, Carlos; Dullien, Thomas; Faugère, Jean-Charles; Perret, Ludovic: Algebraic precomputations in differential and integral cryptanalysis \(2012\)](#)
- [Sato, Yosuke; Inoue, Shutaro; Suzuki, Akira; Nabeshima, Katsusuke; Sakai, Ko: Boolean Gröbner bases \(2011\)](#)
- [Wang, Meiqin; Sun, Yue; Mousha, Nicky; Preneel, Bart: Algebraic techniques in differential cryptanalysis revisited \(2011\)](#)
- [Brickenstein, Michael: Boolean Gröbner bases: theory, algorithms and applications \(2010\)](#)
- [Brickenstein, Michael; Slimgb: Gröbner bases with slim polynomials \(2010\)](#)

[Full listing of 21 citations in swMATH](#)

Abbildung 7: Verlinkung von ORMS mit zbMATH

Die Ergebnisse werden im XML-Format bereitgestellt. Eine derartige Datenschnittstelle ist nicht nur auf Webanwendungen beschränkt und kann bei Bedarf sehr flexibel und leicht für neue Anwendungen angepasst werden.

```

- <result total_number_of_citations="21" swmath_url="http://www.swmath.org/software/723">
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:06104862">
  Brickenstein, Michael, Dreyer, Alexander: Gröbner-free normal forms for Boolean polynomials (2013)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:06033268">
  Albrecht, Martin R.; Cid, Carlos, Faugère, Jean-Charles, Perret, Ludovic: On the relation between the MXL family of algorithms and Gröbner basis algorithms (2012)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:06031087">
  Gao, Xiao-Shan; Huang, Zhenyu: Characteristic set algorithms for equation solving in finite fields (2012)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:06115330">
  Hernando, Antonio, Roanes-Lozano, Eugenio, Maestre-Martinez, Roberto, Tejedor, Jorge: A logic-algebraic approach to decision taking in a railway interlocking system (2012)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:06043988">
  Knellwolf, Simon, Meier, Wilk, Naya Plasencia, Maria: Conditional differential cryptanalysis of trivium and KATAN (2012)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:05934153">
  Albrecht, Martin, Cid, Carlos, Dullien, Thomas, Faugère, Jean-Charles, Perret, Ludovic: Algebraic precomputations in differential and integral cryptanalysis (2011)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:05872537">
  Sato, Yosuke; Inoue, Shuntaro; Suzuki, Akira; Nabeshima, Katsusuke; Sakai, Ko: Boolean Gröbner bases (2011)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:05918306">
  Weng, Meiqin; Sun, Yue; Mouha, Nicky; Preneel, Bart: Algebraic techniques in differential cryptanalysis revisited (2011)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:05795305">
  Brickenstein, Michael: Boolean Gröbner bases: Theory, algorithms and applications (2010)
  </entry>
- <entry zbmATH_url="http://zbMATH.org/?q=an:05795236">
  Brickenstein, Michael: SlimGB: Gröbner bases with slim polynomials (2010)
  </entry>
</result>

```

Abbildung 8: XML-Ausgabe der Treffer in zbmATH

Für das Zentralblatt wird eine aktualisierte Liste von Software erstellt, um bei der linguistischen Analyse der Abstracts relevante Worte (hier Software) automatisch zu erkennen und den Fachredakteur beim Erkennen von Keywords zu unterstützen. Dadurch können von den Fachredakteuren leicht weitere Referenzen zu einer Software in swMATH eingepflegt werden.

## 10 Kooperationspartner und Integration in die mathematische Community

Das Projekt wurde von Anfang an als ein gemeinschaftliches Projekt der mathematischen Community mit dem FIZ Karlsruhe Leibniz Institut für Informationsinfrastruktur betrieben.

Auf dem Gebiet der mathematischen Softwareentwicklung in Deutschland führende Institutionen, das Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB), das DFG-Forschungszentrum MATHEON, das Weierstraß Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS) und das Felix Klein Zentrum für Mathematik waren als Projektpartner an der Entwicklung des Konzepts und den Aufbau des Dienstes swMATH beteiligt. Im Rahmen der Zusammenarbeit konnten durch die Projektmitarbeiter der Institute umfangreiche

Metadaten gesammelt und Standardartikel erfasst werden, die sich mit automatischen Methoden nicht zuverlässig ermitteln ließen. Darüber hinaus konnten durch manuelle Prüfung fehlerhafte Einträge in swMATH identifiziert und somit die Qualität des Dienstes sichergestellt werden.

### **Umfang und Akzeptanz des Dienstes**

Bei Antragstellung wurde die Zahl der relevanten Softwarepakete und -bibliotheken mit 3000 - 4000 abgeschätzt. Derzeit (Stand 15.03.2014) weist der Dienst 6327 Einträge mathematischer Software mit Referenzen zu 61879 mathematischen Artikeln in zbMATH nach und ist damit der bei weitem umfassendste und vollständigste Informationsdienst für mathematische Software. Die Anzahl der erfassten Softwarepakete und -bibliotheken nimmt weiter zu (durchschnittlich kommen derzeit ca. 15 – 30 neue Softwarepaket wöchentlich hinzu).

Die Qualität der Informationen über eine Software ist – wie oben dargestellt – im Vergleich zu anderen Portalen überdurchschnittlich hoch und umfassend. Nutzerumfragen in verschiedenen Communities lieferten ein durchweg positives Feedback zu dem neuen Dienst. Die Vollständigkeit des Dienstes wurde hervorgehoben, die Informationen zu einzelnen Software Paketen waren für die Nutzer hilfreich. Das Design und die Funktionalitäten von swMATH wurden im Projekt – auch durch das Feedback der Community – systematisch weiterentwickelt und ausgebaut. So wurde unter anderen die Autorensuche, die in der Publikationsdatenbank zbMATH eine wichtige Rolle spielt, auch in swMATH eingeführt.

Der Dienst swMATH erfreut sich einer wachsenden Nutzung und Akzeptanz.

## **11 Konsolidierung des Dienstes**

Der Dienst wird auch nach Ende des Projekts durch das FIZ Karlsruhe, Abteilung Mathematik und Informatik, als kostenfreier Informationsdienst weiter betrieben. Das kann nur durch eine weitgehende Automatisierung des Dienstes, also die Weiterentwicklung des publikationsbasierten Ansatzes, die Integration des Dienstes in den Workflow der Datenbank zbMATH und die Verankerung in der Community gewährleistet werden.

Als wichtiger Schritt in der Datenanalyse ist Auswertung der vollständigen Referenzlisten der zbMATH Daten in Angriff genommen worden, die weitere Referenzen auf mathematische Software liefern (also sowohl zur Identifikation bisher nicht erfasster Software als auch zur Erweiterung der Publikationslisten einer Software führen). Dafür werden die bisher entwickelten heuristischen Verfahren verwendet und angepasst.

Aufbau und Entwicklung des Dienstes erfolgten auf denselben Software-Technologien, die auch für die Datenbank zbMATH eingesetzt werden. Die Dienste swMATH und zbMATH sind miteinander verknüpft (in den Datenbanken gibt es jeweils entsprechende Felder). Die Verknüpfung von swMATH und zbMATH ist beidseitig. Auf der zbMATH-Webseite sind die einer Publikation zugeordneten Softwarepakete als Link-Liste „Software“ zwischen Keywords-Liste und Referenzen zu finden und die Suchmöglichkeit nach Software wurde direkt in die zbMATH Oberfläche integriert:

**Brickenstein, Michael**

**Slimgb: Gröbner bases with slim polynomials.** (English) Zbl 1200.13044  
**Rev. Mat. Complut.** 23, No. 2, 453-466 (2010).

A modification of Buchberger's algorithm to compute Gröbner bases is presented in order to avoid intermediate coefficient swell. The aim is to keep polynomials short and coefficients small during the computation. One of the basic ideas is the concept of a weighted length of a polynomial (a suitable combination of the number of terms of the polynomial, its ecart and the coefficient size). Polynomials of shortest length are used in the reduction process, members of the actual Gröbner basis will be exchanged by shorter intermediate results if possible. This modification of Buchberger's algorithm, called slimgb, is implemented in the computer algebra system Singular. Experiments show ( timings are given in the paper) that the algorithm for many examples is much more efficient than the "ordinary" Gröbner basis algorithm.

Reviewer: [Gerhard Pfister \(Kaiserslautern\)](#)

**MSC:**

13P10 Gröbner bases; other bases for ideals and modules

**Keywords:**

Gröbner basis; Buchberger algorithm; F5; Faugere; slimgb; Singular

**Software:**

SINGULAR; AR; FGb; slimgh; SymbolicData; PolyBoRi

**References:**

- [1] Bachmann, O., Schönemann, H.: Monomial operations for computations of Gröbner bases. In: Reports On Computer Algebra 18. Centre for Computer Algebra, University of Kaiserslautern (January 1998). Also available from <http://www.mathematik.uni-kl.de/~zca/>
- [2] Becker, T., Weispfenning, V.: Gröbner Bases, a Computational Approach to Commutative Algebra. Graduate Texts in Mathematics. Springer, Berlin (1993)
- [3] Brickenstein, M.: Neue Varianten zur Berechnung von Gröbnerbasen. Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern (2004)
- [4] Brickenstein, M., Dreyer, A.: Polybori: A framework for Gröbner-basis computations with Boolean polynomials. J. Symb. Comput. 44(9), 1326–1345 (2009). Effective Methods in Algebraic Geometry - [Zbl 1186.68571](#) · [doi:10.1016/j.jsc.2008.02.017](#)
- [5] Brickenstein M, Bultrini S, Kinn S, Levandovskiy V, Diaz Torra G M : Examples for slimgh (2006)

*Abbildung 9: Verlinkung von zbMATH mit swMATH*

Es ist geplant, den Dienst swMATH mit anderen relevanten Informationsservern, etwa der mathematischen Fachgesellschaften oder anderen Software Portalen, zu verlinken, um so auch aktuelle Softwareentwicklungen anzeigen zu können.

**Weiterentwicklung und offene Probleme**

Die Konzepte, Methoden und Technologien im Web entwickeln sich schnell weiter und eröffnen für die Informationsdienste neue Perspektiven, etwa die automatische Verknüpfung mit anderen Informationsquellen auf der Basis von Semantic Web Technologien. Im Umkehrschluss macht das die permanente Weiterentwicklung der Informationsdienste erforderlich. Allerdings setzt dies das Vorhandensein personeller Kapazitäten voraus, die derzeit nicht zur Verfügung stehen.

Für eine Weiterentwicklung bieten sich folgende Themenkreise an

- Einbindung von Software jenseits des publikationsbasierten Ansatzes  
 Der publikationsbasierte Ansatz setzt entsprechende Einträge zur Software in der Datenbank zbMATH voraus. Für aktuelle Software und Software im anwendungsorientierten Bereich ist das mitunter problematisch. Hier bedarf es der

Festlegung der Bedingungen, unter denen solche Software im Dienst swMATH gelistet wird. Normalerweise wird eine Software aufgenommen, wenn sie mindestens eine Publikation im Zentralblatt vorweisen kann. Einfache Ausnahmen gelten z.B. wenn die Quelle eine renommierte Universität oder der Autor z.B. ein anerkannter mathematischer Autor ist, siehe etwa die Software COFFIN, die im zbMATH (noch) nicht nachgewiesen ist, aber einen renommierten Autor hat. Weiterhin sollten Konferenzbeiträge zu neu vorgestellter Software berücksichtigt werden, die durch den Zeitverzug erst sehr viel später im Zentralblatt erscheinen würden.

- Werkzeuge zur automatischen Auswertung der Informationen zu mathematischer Software im Web

Dazu zählen insbesondere Analysetools zur Auswertung der Websites (Erkennung der Strukturierung der Websites und Auslesen spezieller Inhalte) von Softwarepaketen und -bibliotheken sowie von Portalen zu mathematischer Software.

- Inhaltliche Metadaten mathematischer Software

Die inhaltlichen Metadaten sind durch die Übernahme des entsprechenden Konzepts aus dem Publikationsbereich prinzipiell gelöst, sollten aber für verschiedene Nutzergruppen stärker differenziert werden. Für den Anwendungsbereich wäre eine Verknüpfung von Software und Anwendungsszenarien, in denen die Software eingesetzt worden ist, von Interesse. So wären etwa spezielle Sichten auf die Software (mathematischer Background oder Anwendungsgebiete zu einer Software) nützlich, was die Entwicklung heuristischer Verfahren zur Identifizierung des mathematischen und des Anwendervokabulars erfordert.

Auch ein verbessertes Klassifizierungsschema für Software ist nützlich

- Technische Metadaten, Nutzungsbedingungen, Performance Parameter

Der Bereich der technischen und rechtlichen Metadaten wie auch der Umgang mit verschiedenen Versionen und die Nutzungsbedingungen bieten das Potential, um die Nutzer nicht nur über das Vorhandensein von der zum Problem passenden Software zu informieren, sondern auch die Bedingungen für eine Nutzung zu spezifizieren. Die Angaben zu den technischen Daten betreffen die Ausführbarkeit des Programms auf einem Computer (betreffen hier also Software im Sinn von Computational Activity), also alle Arten von Abhängigkeit von Hard- und Software.

Um die Nutzer noch gezielter bei der Auswahl geeigneter Software zu unterstützen, sind weiterhin Angaben zum Leistungsumfang und zur Leistungsfähigkeit der Software wichtig.

- Etablierung von Standards für die Beschreibung mathematischer Software

Wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, existieren für Software bisher nur proprietäre Lösungen für die Beschreibung. Der Informationsdienst swMATH kann mit der Entwicklung von Beschreibungsmodellen und Beispiellösungen (Best Practices) helfen, Standards zu entwickeln und zu etablieren.

- Entwicklung von Standards für das Zitieren mathematischer Software

Die Zitationsweise von Software ist heterogen und beschränkt sich meist auf die

Benennung der Software. Falls verschiedenen Versionen einer Software existieren, ist die Referenz nicht eindeutig. Im Ergebnis kann das die Nutzung der Software verhindern. Es müssen Modelle für die Zitierung von Software entwickelt werden. Das Projekt vergibt zunächst im ersten Schritt jeder Software einen eindeutigen Identifizierer: siehe Abbildung 10: sw00537, sw00286 usw. Diese Nummer kann nach Abstimmung mit der mathematischen Community z.B um ein Versionssuffix o.ä. erweitert werden. Analog zur Zentralblattnummer für Publikationen kann dieser Identifizierer dann möglicherweise einen ähnlichen hohen Stellenwert für Softwarezitationen erhalten.

The screenshot shows the swMATH website interface. At the top right, there are links for 'About & Contact', 'Feedback', 'Contribute', 'Help', and 'zbA'. Below the swMATH logo, there is a search bar with 'gröbner base' entered and a search button. Below the search bar, there is a results bar indicating 'Results 1 to 20 of 96' and a 'Sort by:' dropdown menu with 'Name' and 'Relevance' options. The search results list several software packages:

- Macaulay2** Referenced in 349 articles [sw00537]  
Macaulay2 includes core algorithms for computing **Gröbner bases** and graded or multi-graded free resolutions...
- FGb** Referenced in 175 articles [sw00286]  
lines of C++ for computing Grobner **bases**, implement "standard" algorithms. FGb (206 052 lines ... algorithms for computing **Gröbner bases**: actually, from a research point of view, it is mandatory...
- CoCoA** Referenced in 211 articles [sw00143]  
CoCoA is a system for Computations in Commutative...
- SINGULAR** Referenced in 430 articles [sw00866]  
SINGULAR is a Computer Algebra system for polynomial...
- PolyBoRi** Referenced in 21 articles [sw00723]  
fast **Gröbner**-basis computations. We introduce a specialised data structure for Boolean polynomials **based** ...  
*example: a new useless-pair criterion for Gröbner-basis computations in Boolean rings is introduced* importance of

Abbildung 10: Identifier in swMATH

## 12 Vorträge und Publikationen

Der Prototyp des Dienstes wurde anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) im Herbst 2012 freigeschaltet. Das Projekt und der Informationsdienst swMATH wurden auf folgenden relevanten Konferenzen und Tagungen der mathematischen Community vorgestellt:

- DMV Jahrestagungen 2012 und 2013, Minisymposien Information und Kommunikation
- Conference on Intelligent Computer Mathematics (CICM) 2013 in Bath <sup>5</sup>
- MEGA 2013 - Effective Methods in Algebraic Geometry, Frankfurt, 3.-7. Juni 2013, Kurzdarstellung von swMATH

In folgenden Publikationen wurden Beiträge zu swMATH veröffentlicht:

- Mitteilungen der DMV <sup>6,11</sup>
- Newsletter der European Mathematical Society <sup>7</sup>
- Topics and Issues in Electronic Publishing <sup>8</sup>
- Computeralgebra Rundbrief <sup>9</sup>
- b.i.t.-online <sup>10</sup>
- Lecture Notes in Computer Science <sup>12</sup>

### **13 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Mit swMATH konnte ein neuartiger Nachweisdienst für mathematische Software mit dem Fokus auf der inhaltlichen Erschließung im mathematischen Kontext der Publikationen geschaffen werden. Durch den innovativen publikationsbasierten Ansatz schafft der Dienst eine Verbindung zwischen mathematischer Software und wissenschaftlichen Publikationen, die bisher verfügbare Portale nicht bieten können. Softwareautoren ermöglicht sie eine Übersicht über den Verbreitungsgrad der Software und ihren Einsatz in der wissenschaftlichen Forschung. Anwender können die Software durch die aus den Publikationen gewonnenen Metadaten besser auffinden und filtern als dies mit herkömmlichen Suchmaschinen der Fall ist und erhalten durch die Referenzen umfangreiche Literaturlisten für ihre weitere Arbeit mit der Software.

Mit über 6.300 Software-Paketen bietet swMATH eine einzigartige Abdeckung des Bereichs der mathematischen Software. Diese Softwareeinträge enthalten Referenzen zu ca. 62.000 Publikationen (Stand März 2014)

Der Dienst wurde eng mit der bestehenden Datenbank zbMATH für mathematische Publikationen verknüpft. Die Einträge in zbMATH konnten durch Verweise zu Softwareeinträgen in swMATH ergänzt werden.

Durch die im Projekt entwickelten Algorithmen für die automatische Identifizierung von Software im zbMATH und die Arbeit der Fachredakteure und Referenten wird swMATH kontinuierlich aktualisiert und erweitert.

### **14 Aktualisierung (Mai 2015):**

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Mai 2015) beinhaltet swMATH etwa 10.000 Software-Pakete mit Verlinkung zu etwa 90.000 Publikationen. Der swMATH Service wird ab 2015 als gemeinsames Projekt des Berliner Forschungscampus MODAL und FIZ Karlsruhe weitergeführt.

## 15 Schlussbemerkung

Die im Antrag formulierten Projektziele wurden vollständig erreicht. Mit der Datenbank swMATH steht ein neuer, umfassender und informativer Informationsdienst für mathematische Software zur Verfügung.

---

<sup>1</sup>Daniel Oberle, Stephan Grimm und Steffen Staab, An Ontology for Software, in: S. Staab und R. Studer "Handbook of Ontologies, International Handbook on Ontologies", DOI 10.1007/978-3-540-92673-3, Springer-Verlag, S. 383-402

<sup>2</sup>Oberwolfach References to Mathematical Software (ORMS) (<http://orms.mfo.org/>)

<sup>3</sup>Datenbank zbMATH <http://zbmath.org>

<sup>4</sup>Datenbank swMATH <http://www.swmath.org>

<sup>5</sup>Sebastian Bönisch, Michael Brickenstein, Hagen Chrapary, Gert-Martin-Greuel, Wolfram Sperber: swMATH- a new information service for mathematical software  
Intelligent Computer Mathematics, Lecture Notes in Computer Science 7961, 2013, 369-373,  
Springer-Verlag

<sup>6</sup>Gert-Martin Greuel, Wolfram Sperber, swMATH – ein neuer Service für die Suche nach  
mathematischer Software, Mittlungen der DMV, Jahrgang 21, April 2013, 12-13

<sup>7</sup>Sebastian Bönisch, Gert-Martin Greuel, Wolfram Sperber, Building an Information Service for  
Mathematical Software – the SMATH Project, EMS Newsletter, March 2012, Issue 83, 51-52

<sup>8</sup>Gert-Martin W. Greuel: Changes and Enhancements of the Publication Structure in Mathematics. In  
K. Kaiser, S. Krantz, B. Wegner (Eds.): Topics and Issues in Electronic Publishing, JMM, Special  
Session, San Diego, January 2013, p. 41- 56.

<sup>9</sup>Sebastian Bönisch, Michael Brickenstein, Gert-Martin Greuel, Wolfram Sperber: swMATH - citations  
for your mathematical software. In Computeralgebra Rundbrief, Nr. 51, Oktober 2012, 10-11

<sup>10</sup>Vera Münch: zbMath.org und swMATH sind Vorboten der modernen Wissenschaftskommunikation.  
b.i.t.-online 17 (2014) Nr. 2, <http://www.b-i-t-online.de/heft/2014-02-nachrichtenbeitrag-muench.pdf>

<sup>11</sup>Thomas Vogt: Software dokumentieren!, Mitteilungen der DMV, Jahrgang 22, No.1, 16-17 (2014)

<sup>12</sup>Gert-Martin Greuel, Wolfram Sperber: swMath – an information service for mathematical software.  
In: Hong, Hoon (ed.) et al, Mathematical software – ICMS 2014, Lecture Notes in Computer  
Science 8592, 691-701 (2014)