Reine Mathematik im Stahlwerk!

Bert Beisiegel

Der Verfasser dieses Aufsatzes hatte nach Studium und Assistentenzeit etwas von seinem Interesse an der Mathematik verloren. Mittlerweile – nach Jahrzehnten „in der Industrie“ – ist das Interesse allmählich zurückgekehrt, ist die Sympathie für deren präzisen, floskelfreien und wettbewerbsfreudigen Stil stärker denn je.

Dies veranlasste ihn, den *Arbeitskreis Metallindustrie und Mathematik* zu gründen, als losen, informellen und sponsorfreien Zusammenschluss von Leuten mit Interesse am Einsatz mathematischer Verfahren für produktionsnahe Anwendungen in der Metallindustrie, vor allem der Stahlindustrie.

MetMat wirbt für Mathematisches weniger mit Argumenten, dass Mathematik zu unserer Kultur gehöre, gar nicht blutleer und langweilig sei . . . , auch nicht damit, dass mathematisch Ausgebildete belastbar und vielseitig einsetzbar seien, sondern vor allem mit der Behauptung, dass Mathematiker manche Probleme in Stahlwerken aufspüren, bändigen und lösen können, denen andere (Ingenieure, Metallurgen, Betriebswirte . . .) ausweichen müssen und dass sie dies auch beweisen können.

MetMat

- wirbt für einen hart wissenschaftlichen und floskelfreien Stil,
- bringt Menschen mit verschiedenen Blickwinkeln und Erfahrungen zusammen: Ingenieure, Mathematiker, Betriebswirte, Logistiker, Werkstoffkundler oder Produktionsplaner, und ermuntert diese zu wechselseitiger Inspiration,
- spricht auch Entscheidungsträger und Gestalter an, nicht nur Fachspezialisten,
- macht starke, aber industrieferne Studierende der Mathematik auf die Stahlindustrie aufmerksam,
- stellt wirtschaftliche Interessen hinten an und bietet dennoch eine Bühne zur Vorstellung guter Ideen, sauberer Arbeit und nützlicher Produkte.

Die wichtigste *MetMat*-Aktivität stellt das jährliche Symposium mit rund 70 Teilnehmern und etwa zwölf Vorträgen dar.[1]

MetMat veranstaltet in jedem Jahr einen Wettbewerb für Studierende der Mathematik in mittleren Semestern. In diesem Jahr wurden vier kniffelige Aufgaben in der Art und Weise beschrieben wie es für Betriebsleute in Stahlunternehmen üblich ist: Etwas „schwammig“ formuliert, mit nur wenigen Erklärungen für Fachfremde versehen und schon gar nicht in der Sprache von Mathematikern abgefasst.[2]

Nun aber zum angekündigten Thema *Reine Mathematik im Stahlwerk*, und zwar der überarbeiteten Fassung eines Aufsatzes, der Anfang 2008 auf der *MetMat*-Internetbühne veröffentlicht worden ist.

Im Arbeitskreis *MetMat* wenden sich Mathematiker an Fachleute der Metallindustrie, vor allem der Stahlindustrie, um für den Einsatz mathematischer Verfahren und Vorgehensweisen zu werben.

Dieser Aufsatz aber wendet sich an Mathematiker und besonders an Hochschullehrer der Mathematik mit der Bitte, ihre Studierenden zu Exkursionen in fachferne Länder zu ermuntern: „Sie können mit Ihrer Mathematik auch in einer fremdartigen, Sie vielleicht beunruhigenden und zunächst ablehnenden Umgebung, Gutes leisten – sogar in einem Stahlwerk – und obendrein Freude daran haben!“

Keine klare Grenze zwischen reiner und angewandter Mathematik!

There is no . . . Es gibt keine natürlichen Grenzlinien zwischen Fachgebieten der reinen Mathematik und denen der angewandten Mathematik, ebenso wenig wie es solche Grenzen zwischen der reinen und angewandten Physik und der reinen und angewandten Medizin gibt. Es mag eine organisatorische Einteilung in Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Anwendung geben. Und es mag eine Einteilung geben nach den persönlichen Gaben und Prägungen des Mathematikers: Eher ein Denk-Eremit oder mehr ein Alexander von Humboldt auf Erkundungsreise zu einem Stamm von Un-Mathematikern. Eine Benennung der Algebra als „rein“ und der Kombinatorischen Optimierung als „angewandt“ ist unsachlich. Die Schöpfung von Fachrichtungen wie Wirtschaftsmathematik und Technomathematik scheint ein Zugeständnis an Geldgeber, die ohne einfache Erklärungen und Schubladen nicht auskommen.

Wer mathematisiert die Textaufgaben?

Mathematische Verfahren in der Fremde draußen (z. B. in einem Stahlwerk) anzuwenden, erinnert an das Lösen von Textaufgaben in der Schule: Zunächst die Aufgabe verstehen, präzisieren und in eine Formelsprache übersetzen (die Aufgabe *mathematisieren*), dann ein geeignetes

MDMV 17 / 2009 | 202–204

mathematisches Verfahren aufspüren und schließlich die Lösung der Aufgabe berechnen.

In der Fremde draußen scheitert das Lösen häufig schon bei der Mathematisierung. Falls diese Klippe umschifft wird, stellt sich die gefundene Lösung gelegentlich im Nachhinein wegen Fehlern der Mathematisierung als unbrauchbar heraus.

Trotz ihrer Bedeutung findet die Mathematisierung wenig Beachtung. Sie wird von denen bearbeitet, welche zuerst „Hier bin ich!“ rufen, nicht von den dafür am besten Geeigneten, vor allem nicht von Alexander-von-Humboldt-Mathematikern. Mathematiker rufen selten „Hier bin ich!“, sondern fragen eher höflich und zurückhaltend: „Kennen Sie eine gute Anwendung meines Verfahrens?“

Vorschlag: Hochschullehrer mögen ihre Studierenden zu Mathematisierungsexkursionen ermuntern!

Hochschullehrer mögen Seminare und Übungen zur Mathematisierung von Textaufgaben anbieten. Sie mögen dies als gemeinsame Veranstaltung mehrerer mathematischer Fachgebiete durchführen und ihren Studierenden ein Menü mit Textaufgaben zur Auswahl vorlegen.

Hier zwei solche Textaufgaben aus der Stahlindustrie, beide in gekürzter Form:

1. Die Dicke eines (mehrere hundert Meter langen) *Coils* (eines Stahlbands, etwa einen Meter breit und wenige Millimeter dick) wird über die gesamte Länge gemessen. Zeichnet man die Messergebnisse auf ein Blatt, die gemessenen Dicken an der y-Achse, die Längenposition der Messung am Coil an der x-Achse, und verbindet die Messpunkte, so erhält man eine dem Coil eigene Zackenlinie, das *Dickenlängsprofil*. Das Dickenlängsprofil wird unmittelbar nach dem Warmwalzgerüst gemessen und zusätzlich an der nachfolgenden Beize. Die Dickenmessungen an der Beize sind recht genau, die direkt nach dem Warmwalzgerüst nicht. Das gleiche gilt für die Erfassung der Längenposition am Coil. Auf dem Weg vom Warmwalzgerüst zur Beize können kleine Stücke am Anfang und am Ende des Coils abgeschnitten werden. Es wird nicht gemessen und erfasst, ob und wie viel abgeschnitten wurde. Kann man durch ein „Übereinanderlegen“ der beiden Dickenlängsprofile zuverlässig berechnen, wie viel am Anfang und am Ende des Coils abgeschnitten wurde?
2. Im Walzwerk auf Zügen ankommende *Brammen* (ein quaderförmiges Zwischenerzeugnis aus Stahl, etwa zehn Meter lang, ein Meter breit, zehn Zentimeter dick) werden in 200 Stapeln mit bis zu zehn Brammen zwischengelagert. Die *Brammen* müssen nach einem vorgegebenen Plan auf einen Rollgang ausgelagert werden („*Bramme Nr. … muss spätestens um 14:10 auf dem Rollgang liegen, Bramme Nr. … spätestens 50 Sekunden später dahinter auf dem Rollgang liegen …* “). Alle Transporte von *Brammen* (vom Zug ins Lager, vom Lager auf den Rollgang und im Lager selbst) werden durch zwei Portalkräne erledigt, die jeweils nur eine *Bramme* bewegen und diese nur am Stapel oben auflegen und von oben heben können. Man vergrößere das Durchsatzpotenzial des Lagers durch die Berechnung günstiger Folgen von Transportaufträgen!

Wohin gehen sehr gute Mathematik-Studierende ohne Platz in der Forschung?

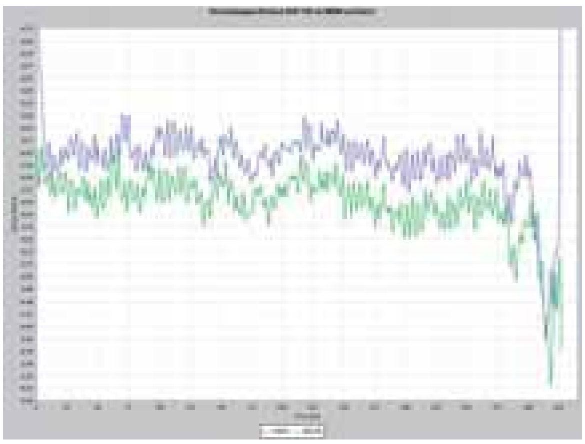
Viele Hochschullehrer der Mathematik zeigen (vielleicht ohne dies auszusprechen): „Die besten Studierenden dürfen, sollen und werden an der Hochschule bleiben und dort forschen.“ und „Kann ein Mathematiker einem Nicht-Mathematiker Aspekte der eigenen Arbeit verständlich machen, so wird diese Arbeit nicht anspruchsvoll sein.“

Die Folgen:

– Gute Mathematiker verharren in jahrelangem Warten auf Forschungs-Dauerstellen.
– Der mathematische Alexander-von-Humboldt-Drang verkümmert.
– Gute Mathematiker schulen um und werden weniger gute DV-Ingenieure, Betriebswirte oder Taxifahrer und sind der Mathematik verloren.
– Um die Mathematisierung kümmern sich Andere.

Zurück zum Vorschlag

Daher noch einmal der Vorschlag: Hochschullehrer mögen Seminare und Übungen zur Mathematisierung von Textaufgaben durchführen als gemeinsame Veranstaltung mehrerer mathematischer Fachgebiete …



Ein Dickenlängsprofil

Vacuum Arc Degasser in einem Melt Shop bei Sheffield in Yorkshire

Zum Abschluss ein Bild aus einem Stahlwerk – der *Vacuum Arc Degasser* in einem *Melt Shop* bei Sheffield in Yorkshire – und eine passende Aufgabe. In diesem *VAD* wird der an Voranlagen erschmolzene Stahl entgast, durch Legierungszugaben auf die geforderte chemische Zusammensetzung gebracht und bis zu der gewünschten Temperatur erhitzt.

Die chemische Zusammensetzung des Stahls wird durch Forderungen wie „Silizium zwischen ... % und ... %“ eingeschränkt, was zu einem Linearen Problem (LP) für die Entscheidungsvariablen führt, nämlich für die Gewichte der einzelnen Legierungszugaben. Dass man ein solches LP „im Prinzip mit dem SIMPLEX“ lösen könne, weiß man im Stahlwerk.

Auf einigen Auftragskarten findet man überraschend viele punktgenaue Vorgaben, für Kohlenstoff, Mangan, Nickel, Chrom und Kupfer nämlich, und zusätzlich Bemerkungen wie „Achtung: Caterpillar DI-Formel E5 auf den Punkt treffen!“. Eine Nachforschung ergibt, dass keineswegs der Auftraggeber die punktgenauen Werte für C, Mn ... verlangt, sondern dass er vielmehr nur eine bestimmte Härtbarkeit des Stahls fordert und dass er die Formel E5 mitteilt, welche die Härtbarkeit aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Stahls vorhersagt. E5 ist ein Produkt aus fünf Bestandteilen, die ihrerseits eine lineare oder quadratische Funktion jeweils eines chemischen Elements sind. Ersetzt man die fünf Gleichungen für C, Mn, Ni, Cr und Cu durch die Gleichung für E5, so wird aus dem Linearen Problem ein Nichtlineares Problem, das die Betriebsleute nicht allgemein zu lösen wissen.

Sie behelfen sich daher mit punktgenauen Vorgaben für C, Mn ..., die zum richtigen E5-Wert führten. Sie begnügen sich also mit einer hinreichenden Lösung, welche selten die beste ist, weder billig noch unempfindlich gegen Ungenauigkeiten des Fertigungsprozesses.

Neugierigen Mathematikern fällt die Verbesserung recht leicht: Augen aufhalten, dem Sonderbaren auf der Auftragskarte nach- und auf den Grund gehen und den passenden Lösungsalgorithmus für dieses einfache Nichtlineare Problem finden!

Die Verbesserung spielte in weniger als drei Monaten ihre Kosten ein, darunter das Honorar der beratenden Mathematiker.

Anmerkungen

1. Die Ankündigung des jeweils nächsten Symposiums und die Vortragsprogramme früherer Symposien findet man im Internet unter www.metmat.de/programm.html.
2. Die entsprechende Ausschreibung findet man (immer noch) in www.metmat.de/wettbewerb.html.

Dr. Bert Beisiegel, Gracht 157, 45472 Mülheim an der Ruhr.
bert.beisiegel@metmat.de

Bert Beisiegel, geboren 1949, Studium der Mathematik an der Universität Mainz, danach wissenschaftlicher Assistent an den Universitäten Mainz und Würzburg, Projektingenieur bei einem Anlagenbauer, Leiter Prozessdatenverarbeitung bei einem Cigarettenhersteller, danach Beratung und Erstellung maßgeschneiderter Software für Stahlwerke in seiner eigenen GmbH mit (drei bis null) weiteren Mathematikern, nun vermehrt fachlich-ehrenamtlich tätig, vor allem in MetMat.

MDMV 17 / 2009 | 202–204