

Martin Fischer, Peter Röben

## **Arbeitsprozeßwissen im chemischen Labor**

Die Arbeit von Chemielaboranten im Spannungsfeld von  
Arbeitserfahrung, Naturwissenschaft und Technik

### **Abstract**

Auf den Verdrängungswettbewerb im Sektor der Laborarbeit reagieren die Unternehmen u.a. mit verstärktem EDV-Einsatz, z. B. mit Laborinformations- und -managementsystemen, die für das chemische Labor seit den achtziger Jahren angeboten werden. Implizite Leitidee des EDV-Einsatzes ist die vollständige naturwissenschaftlich-technische Durchdringung der Chemiarbeit: Solch eine Annahme geht jedoch am Charakter der Laborantentätigkeit vorbei - wie an zwei Fallbeispielen herausgearbeitet wird.

Die traditionelle Stärke der Arbeitskräfte im chemischen Labor bei der Bewältigung von Problemsituationen liegt im Arbeitsprozeßwissen der Laboranten: der Verschmelzung

- von Arbeitserfahrung, die Eigenarten von Meßgeräten und Analyseprozessen betreffend,
- mit der pragmatischen Nutzung von naturwissenschaftlichen und umweltrechtlichen Kenntnissen
- und der betriebsspezifischen Erfahrung, wie Arbeitsaufgaben im Rahmen des Arbeitstags effektiv geplant und miteinander verknüpft werden können.

Diese Stärke laborantenspezifischen Arbeitshandelns wird im Rahmen der Gestaltung der Arbeitsmittel im Labor nur unzureichend berücksichtigt. Dies betrifft die Meßtechnik ebenso wie Laborinformationssysteme.

### **1 Der Wandel der Arbeit im chemischen Labor**

Schlagworte wie „Dienstleistungsgesellschaft“, „Kundenorientierung“ etc. sind in aller Munde, wenn es darum geht, die Zukunft der Industriegesellschaft zu diskutieren. Mit Blick auf die Arbeit im chemischen Labor ist jedoch nicht zu übersehen, daß Dienstleistungen, wie sie chemische Labore seit jeher anbieten, notgedrungen immer mehr oder weniger am Kunden orientiert sind.

Sachlage ist: Es zeichnet sich auf dem Sektor der Laborarbeit ein Verdrängungswettbewerb ab, der sich - bei engeren (umwelt)rechtlichen Rahmenbedingungen und zunehmender Normierung der Qualität dieser Art von Dienstleistung (Schneegans

1997; Storz/Fries 1997; Ciommer 1996) - vor allem über die Faktoren „Preis und Termin“ vollzieht. Dies betrifft natürlich zuallererst diejenigen Labore, die als freie Anbieter auf dem Markt auftreten. Aber auch jene Labore, die Dienstleistungen als Betriebsabteilungen innerhalb von Pharma- und Chemieunternehmen verrichten, sehen sich im Zuge der Umstrukturierung der Unternehmen damit konfrontiert, wie die erhaltenen Aufträge kostengünstiger und termingerechter durchgeführt werden können. Externe Labore konkurrieren mit ihnen um die Aufträge aus den Unternehmen, weil diese nun frei vergeben werden können. Vielfach werden die Labore zudem ausgegliedert und müssen sich ihre Kunden auch außerhalb des Unternehmens suchen. Der auf diese Weise entstehende Kosten- und Termindruck zwingt die Labore dazu, ihre Organisationsweise in viel stärkerem Maße als bisher daraufhin zu überprüfen, wo Kosten eingespart werden können, die Qualität gesteigert und flexibel auf die Wünsche der Kunden eingegangen werden kann.

Im Zuge der sogenannten „Verschlankung“ von Unternehmen kommt es zu einer zunehmenden „just-in-time“-Produktion. Die Durchlaufzeiten von Produkten in den Unternehmen werden reduziert, indem z. B. Lager verkleinert werden. Dies bedeutet für die Labore, daß Meßergebnisse, die für die Qualitätssicherung Bedeutung haben, viel schneller verfügbar sein müssen, als es noch vor wenigen Jahren der Fall war.

In dieser Situation reagieren die Unternehmen auch mit verstärktem EDV-Einsatz, z. B. mit Laborinformations- und -managementsystemen (LIMS) (Schuchardt/Fischer/Golloch 1991; Dessy 1983 a; Sprangler 1993), die für das Labor seit den achtziger Jahren angeboten werden und insbesondere durch den Verfall der Hardwarepreise zunehmend auch in kleineren Laboren Verwendung finden (Jonak 1994; Hörner/Klur/Kuhle 1994). Mit Hilfe des LIMS soll für das Labor eine Datenbasis hergestellt werden, auf deren Grundlage Laboraufträge verwaltet, in einzelne Arbeitsvorgänge aufgelöst und - im Fall des Falles - bis hin zu Arbeitsanweisungen für den einzelnen Laboranten detailliert werden. Mit anderen Worten: Es findet sich im Bereich der Laborarbeit eine ähnliche Situation wie vor Jahren in der Fertigungsindustrie, wo Strategien des Computer Integrated Manufacturing (CIM) auf die zentralisierte und detaillierte Totalplanung aller Unternehmensaktivitäten abzielten. Bekanntlich war jener Strategie kein großer Erfolg beschieden, und Konzepte, die mindestens auch dezentrale Planungsleistungen vorsehen, sind in der Fertigungsindustrie - zwar nicht durchgängig, aber als ernstzunehmende Alternative - auf dem Vormarsch (vgl. z. B.: Moldaschl/Schultz-Wild 1994). Untermauert worden ist der letztgenannte Entwicklungspfad u. a. auch von Forschungsarbeiten, die dem Erfahrungswissen der Beschäftigten einen entscheidenden Stellenwert für das Funktionieren des Betriebs zugewiesen haben (vgl. z. B.: Martin 1995); Technikkonzepte, die explizit an das Erfahrungswissen der Fachkräfte anknüpfen, sind mittlerweile entwickelt worden (vgl. z. B.: Fischer/Römmermann/Benckert 1997; Stuber 1997).

Betrachtet man die Bedeutung von Arbeitserfahrung als das zentrale Argument für die - auch ökonomisch günstige - Einführung von Konzepten, die dezentrale Planungsleistungen und Entscheidungen auf der Ausführungsebene vorsehen, so läßt sich allerdings fragen, ob die Arbeit in den gewerblich-technischen Berufen (vor allem in den metalltechnischen) mit der Arbeit im chemischen Labor überhaupt vergleichbar ist. Ist Laborarbeit nicht in viel höherem Maß als die Arbeit in der mechanischen Produktion durch naturwissenschaftlich-technisches Wissen präformiert, daher vorherplanbar und durch Computerprogramme abbildbar?

Dieser Frage soll im folgenden nachgegangen werden. Das besondere Interesse gilt dabei der Fragestellung, welche Problemstellungen in der Arbeit von den unterschiedlichen Beschäftigtengruppen der chemischen Labore eher erfahrungsgelenkt, welche Probleme eher unter Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse angegangen, und wie Erfahrungen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen möglicherweise verbunden werden. Solch eine Analyse wird in praktischer Absicht verfolgt: Es sind diejenigen Anforderungen an Laborinformationssysteme zu ermitteln, die laborantenspezifische Arbeitsweisen unterstützen und ein Lernen im Arbeitsprozeß ermöglichen.<sup>1</sup>

## **2 Arbeitsprozeßwissen als Basiskategorie qualifizierten Arbeitshandelns**

Die skizzierte Fragestellung hat uns dazu geführt, den Erfahrungsbegriff, wie er in der sozial- und arbeitswissenschaftlichen Technikforschung verwendet worden ist, noch einmal zu überprüfen (Fischer 1996). Es ist noch nicht allzulange her, da häuften sich die Stimmen, die mit dem zunehmenden Rechnerinsatz in der Produktion dem traditionell erfahrungsorientierten Lernen und Handeln handwerklicher Herkunft eine unaufhaltsame Entwertung prognostizierten. Auch auf der Werkstattebene schien dem theoriegeleiteten, systematisch-vorbedenkenden Handeln (Korndörfer 1985) die Zukunft zu gehören. Gegenüber dieser Auffassung ist jedoch zu Recht die Bedeutung von Arbeitserfahrung für die kompetente Bewältigung von Arbeitsaufgaben herausgestellt worden (Böhle/Milkau 1988; Böhle/Rose 1992; Böhle 1995) - dies gilt auch unter den Bedingungen der rechnergestützten Produktion. Unsere eigenen empirischen Untersuchungen - z. B. im Bereich der betrieblichen Instandhaltung (Fischer/Jungeblut/Römmermann 1995; Drescher 1996)-, korrespondierende Ergebnisse in der Chemieproduktion und nicht zuletzt im chemischen Labor (Storz 1996; Storz/Klonowski 1996; Siebeck 1996) - zeigen dies

---

<sup>1</sup> Dies geschieht im Rahmen des vom BMBF im Programm Arbeit & Technik geförderten Forschungsvorhabens CELCA (Computergestütztes erfahrungsgelenktes Lernen in der Chemiearbeit).

ebenfalls. In der wissenschaftlichen Debatte besaß und besitzt daher die Hervorhebung von Erfahrung ihren unbestreitbaren Stellenwert.

Auf der anderen Seite stellt sich die Frage nach dem, was man Wissen nennt: jene verallgemeinerten Erkenntnisse, die Fachkräfte sich in ihrer beruflichen Aus- und Weiterbildung aneignen konnten, und die möglicherweise für ihr Handeln wichtig sind. Es zeigt sich hier ein Forschungsdesiderat, was den Zusammenhang zwischen Erfahrung und Wissen (oder in der Terminologie von Böhle: zwischen „subjektivierendem“ und „objektivierendem“ Arbeitshandeln) anbelangt. Dieser Zusammenhang ist vielfach unterschätzt worden. Erfahrung wurde in der im angelsächsischen Raum geführten tacit-knowledge-Debatte (Polanyi 1966; Dreyfus 1985; Dreyfus/Dreyfus 1987) oftmals in Entgegensetzung zu verallgemeinerndem, sprachlichem und begrifflichem Denken, mindestens aber als unterschiedlicher Modus der Wirklichkeitsverarbeitung beschrieben.

Wenn man jedoch den Prozeß des Erfahrung-Machens genauer betrachtet, so wird deutlich, daß hier nicht nur die völlig sprach- und begriffslose sinnliche Wahrnehmung am Werk ist. Immer sind es ganze Personen, die etwas erfahren - mit ihren Sinnen, aber auch mit den Gedanken und Gefühlen, die sie sich im Lauf ihres Lebens angeeignet haben. Erfahrungen werden daher in vielfältiger Form kodiert und behalten. Das Spektrum reicht von sinnlich erfaßbaren Merkmalen des Arbeitsprozesses (z. B. Geräuschen, die auf Fehlerursachen an den Anlagen hinweisen) bis zu Arbeitsregeln, in die wissenschaftliche Erkenntnisse eingegangen sein können, und die zum Teil schriftlich festgehalten sind (vgl. ausführlich Fischer 1996). Auch ist es im Bereich der Chemiarbeit schon aufgrund der Gefährlichkeit von Stoffen opportun, sich die wissenschaftliche Erkenntnis von deren Eigenschaften anzueignen und nicht allein auf die sinnliche Erfahrung zu setzen.

Es ist also nicht die gewissermaßen *naive*, unvermittelte sinnliche *Wahrnehmung*, welche die Kompetenz von Fachkräften ausmacht, und auch nicht ein Subjekt, das völlig unabhängig von der Objektivität *Vorstellungen* und *Theorien* entwickelt. Das kompetente Arbeitshandeln besteht weder nur aus sinnlicher Erfahrung noch nur aus objektivierbarem Wissen, sondern in der Dialektik von beidem liegt das Geheimnis der Kompetenz von qualifizierter Arbeit in Werkstatt, Labor und Büro (Schön 1983). Zur Kennzeichnung dieses Konglomerats von Wissen und Arbeitserfahrung soll der Begriff „Arbeitsprozeßwissen“ verwendet werden, der von Wilfried Kruse schon vor vielen Jahren vorgeschlagen worden war und von Felix Rauner (1996, 423 ff.) wieder aufgegriffen worden ist.<sup>2</sup> Kruse hat mit diesem Begriff das

<sup>2</sup> Es mag an dieser oder späterer Stelle die Frage auftauchen, worin sich Arbeitserfahrung von Arbeitsprozeßwissen unterscheidet. Zusammengefaßt wird mit dem Begriff „Arbeitsprozeßwissen“ die mögliche Arbeitserfahrung im Hinblick auf drei Momente präzisiert: Erstens ist Arbeitsprozeßwissen das Resultat einer Verschmelzung von Arbeitserfahrung und Bildung/Qualifizierung. Zweitens enthält Arbeitsprozeßwissen Kenntnisse um Zweck und Ablauf des betrieblichen Gesamtarbeitsprozesses. Drittens wird Arbeitsprozeßwissen in Problemsituationen akkumuliert, deren Bewältigung die Zielfindung, Planung, Durchführung und Bewertung von Arbeitsprozessen einschließt.

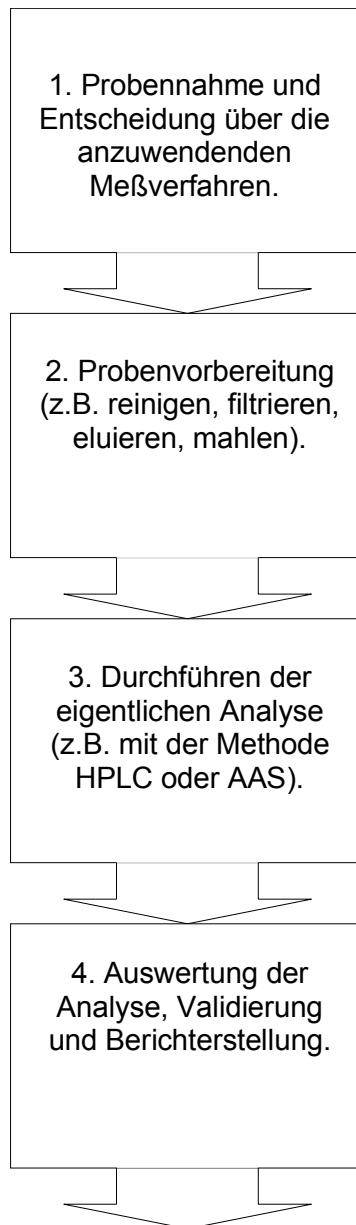
Wissen um den Zusammenhang des Produktionsablaufs ausdrücken wollen (vgl. Kruse 1985, 1986a, 1986b), das erfahrenen Facharbeitern zu eigen ist, und dessen Aneignung durch die Komplexität und Vernetzung von rechnergestützten Maschinen und Anlagen zunehmend erschwert wird. Auf das Problem der Aneignung von Arbeitsprozeßwissen unter den Bedingungen rechnergestützter Arbeitsumgebungen wird später noch einzugehen sein. Zunächst sollen einige wesentliche Merkmale der Kategorie „Arbeitsprozeßwissen“ anhand der Arbeit im chemischen Labor skizziert werden.

### **3 Arbeitsprozeßwissen im chemischen Labor**

Der gesamte Prozeß einer chemischen Analyse durchläuft die Stadien der Probenahme, der Probenvorbereitung, der unmittelbaren Messung (Analyse) mit dem Meßgerät und der Auswertung (siehe Abb.1). Das Arbeitsprozeßwissen der Angehörigen der naturwissenschaftlich-technischen Berufe (Laborant, chemisch-technischer Assistent (CTA), medizinisch-technischer Assistent (MTA)) umfaßt schwerpunktmäßig die Probenvorbereitung und die Durchführung der Messung. Das im Labor beschäftigte akademische Personal (Chemiker, Pharmazeuten, Apotheker) beschäftigt sich vorrangig mit der Planung der mittels einer Probe durchzuführenden Analyse sowie mit der Auswertung und der Kontrolle des Ergebnisses auf Stimmigkeit (Validierung).

Den größten Einfluß auf die Qualität der Messung hat die praktische Arbeit des nicht-akademischen Laborpersonals in der Regel bei der Probenvorbereitung. Die eigentliche Messung geschieht oft vollautomatisch durch computergesteuerte Meßgeräte, die in der Vergangenheit oft den Schein befördert haben, daß diese Arbeit durch angelernte Hilfskräfte erledigt werden könnte. Dieser Anschein entsteht, wenn der Zusammenhang zwischen der Messung einer Probe, die in das Meßgerät eingesetzt wird, und den Aussagen, die man aus dieser Messung ziehen will, nicht genügend beachtet wird: Gemessen wird die Probe. Die Aussagen, die aufgrund der Messung getroffen werden, sollen jedoch nicht nur für diese einzelne Probe Gültigkeit haben, sondern für diejenige Gesamtheit, aus der die Probe eine Stichprobe ist. Beispiel: Wenn das Wasser eines Badesees daraufhin begutachtet werden soll, ob das Schwimmen darin gefahrlos möglich ist, so werden Proben aus dem Badesee entnommen, die repräsentativ für den gesamten See sein sollen. Schon bei der Probennahme muß also dafür gesorgt werden, daß die Bedingung der Repräsentativität der Proben erfüllt ist (durch die Auswahl der Probennahmestellen, durch die Art und Weise, wie die Proben genommen werden, etc.). Des weiteren gilt für alle Aufbereitungsschritte der Probe, die vor der unmittelbaren Messung liegen, daß sie die Repräsentativität der Probe nicht zerstören dürfen. Die Einhaltung dieser Bedingung verlangt auf der einen Seite, daß sorgfältig nach der entsprechenden

**Abb.1: Schematische Darstellung der Phasen des Meßprozesses**



Vorschrift gearbeitet werden muß. Auf der anderen Seite muß das Laborpersonal ein Bewußtsein davon haben, worauf es bei den Aufbereitungsschritten, die es bearbeitet, ankommt.

Die Vorschrift kann beispielsweise beinhalten, daß eine gemöserte Probe in einem Lösungsmittel aufgelöst und anschließend filtriert werden soll. Über die Art der Filtration steht darin aber häufig nichts, obwohl es keineswegs trivial ist, welcher Filter verwendet wird. Vor allem bei Messungen, die Substanzen in geringsten Spuren nachweisen sollen, kann die Wahl des falschen Filtermaterials dazu führen, daß das während der Messung detektierte Signal von den im Lösungsmittel gelösten Filterbestandteilen beeinflusst wird und die Messung damit unbrauchbar macht. Damit die Vorschrift erfolgreich umgesetzt werden kann, ist also ein Wissen erforderlich, daß man als „Zusammenhangswahrnehmung“ (Fleig/Schneider 1995, 8) bzw. „Zusammenhangsverständnis“ (Laur-Ernst u. a. 1990, 14) bezeichnen kann. In ihm ist ein Zusammenhang hergestellt zwischen dem, worauf es bei der Arbeitsaufgabe ankommt, und den (betriebs-)spezifischen Bedingungen, unter denen die Aufgabe ausgeführt wird. Häufig entspringt dieses Zusammenhangswissen daher der Arbeitserfahrung, die für die Bedingungen eines bestimmten Labors zutrifft und in ihm erworben wurde. Ein Labormitarbeiter „kennt“ z. B. „seine“ Ultraschallbäder und weiß, daß die in der Vorschrift angeführten 5 Minuten für die Dauer eines Ultraschallbades bei seinem Gerät mindestens 7 bis 8 Minuten Dauer bedeuten.

Solches Erfahrungswissen speist sich oft aus dem Mißlingen früherer Messungen. So paradox es klingt: Wenn durch das Befolgen einer entsprechenden Vorschrift stets eine erfolgreiche Messung gelingt, also keine „Fehler“ unterlaufen, so besteht nur eine sehr geringe Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln (Wehner 1993, 53). Gerade das Mißlingen zwingt zum Durchdenken der eigenen Tätigkeit und eröffnet das Feld der Reflexion. Auf der anderen Seite ist das Mißlingen natürlich unerwünscht, weil die Messung wiederholt werden muß, und die Arbeit pro Probe damit zunimmt. Jedoch ist zu überlegen, ob und wie die Erfahrungen von fehlerhaften Messungen für die Kompetenzentwicklung des Einzelnen wie auch für die Qualitätssicherung des Betriebs genutzt werden können.

Die Art und Weise, wie aus dem praktischen Tun Arbeitsprozeßwissen erwächst, soll an zwei typischen Arbeitsaufgaben näher untersucht werden. In beiden Fällen soll auch herausgestellt werden, inwieweit im Arbeitsprozeßwissen Erfahrungen und objektives Wissen (Wissenschaftswissen) ineinander verschränkt sind.

### **3.1 Erfahrung und Wissen am Beispiel der Dünnschichtchromatographie**

Als ein Beispiel für die Arbeit im chemischen Labor soll hier das Arbeitshandeln einer Spezialistin für Dünnschichtchromatographie (DC) dargestellt werden.

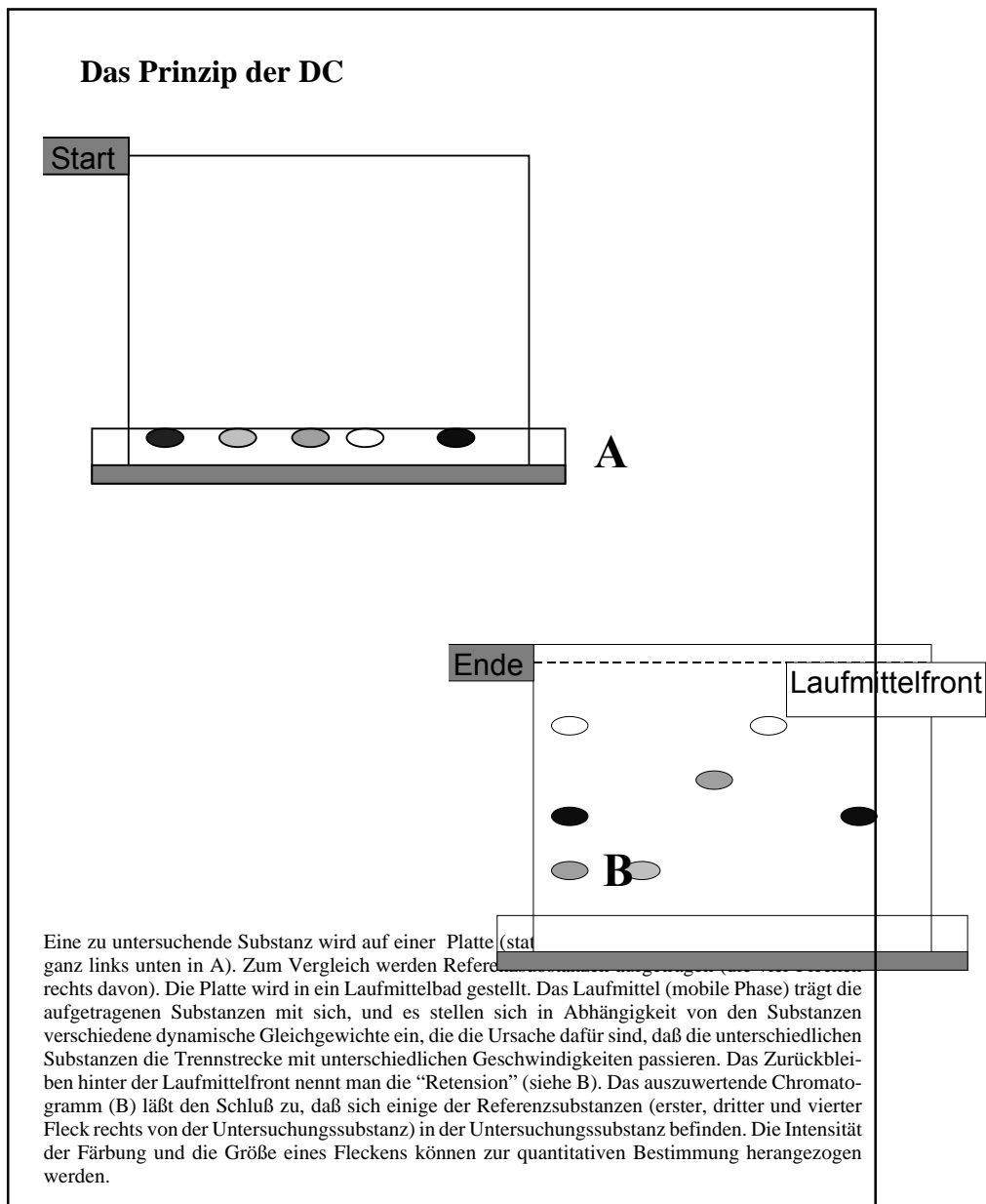
In Abb. 2 ist das Prinzip der DC dargestellt. Im idealen Fall würde eine zu untersuchende Substanz gemäß Abb. 2 getrennt, und eine quantitative Auswertung könnte anschließend durchgeführt werden. Dieser Vorgang läßt sich auch automatisieren, aber die Einrichtung des Automaten und die Durchführung der Messung mit ihm ist so zeitaufwendig, daß solch eine Prozedur nur dann durchgeführt wird, wenn eine höhere Meßgenauigkeit als die mit dem bloßen Auge erzielbare gefordert ist.

Wenn alle notwendigen Informationen für die Durchführung der DC vorliegen, insbesondere das richtige Laufmittel angegeben ist, dann läßt sich die DC nach Art eines Rezeptes durchführen, und die Erfahrung, die die Laborantin bei der Durchführung einer Standard-DC-Messung sammelt, besteht im wesentlichen in der Aneignung einer Routine, die es ihr erlaubt, die Messung in der Art durchzuführen, wie ein Autofahrer sein Fahrzeug bedient: Durch Übung wird der gesamte Prozeß in einer Weise angeeignet, daß jeder einzelne Teilschritt nicht mehr gedanklich durchdrungen werden muß, sondern als ein fertiges Schema im Kopf vorliegt. Der Kopf wird damit frei für andere Denkprozesse. Dies ist übrigens der Grund für eine Fähigkeit, die viele der befragten Laboranten als ein wichtiges Kriterium für Erfahrung im Beruf anführten: die Fähigkeit, den Arbeitstag zu planen. Erst wenn die Teiltätigkeiten als beliebig verfügbare Schemata im Geist bereitliegen, sind die Laboranten in der Lage, durch die Kombination der Schemata eine optimale Planung des Arbeitstages durchzuführen.

Anspruchsvoller wird die DC, wenn für eine neu synthetisierte Substanz noch keine Information über das optimal trennende Laufmittel existiert. Dann ist es notwendig, Untersuchungen anzustellen, in denen die verschiedenen Laufmittelkombinationen daraufhin beurteilt werden, wie sie das zu untersuchende Gemisch trennen. Daß diese Untersuchungen sehr anspruchsvoll sein können, läßt sich schon an der Zeitdauer ermesen, die einige Voruntersuchungen erfordern: Es können durchaus mehrere Wochen vergehen, ehe das optimale Laufmittel gefunden ist.

Die in der DC besonders erfahrene Laborantin geht bei der Suche nach dem richtigen Laufmittelgemisch anders vor, als man es vom Standpunkt eines Chemikers oder Physikers erwarten würde: Bei den angesprochenen Vorversuchen entstehen aus den aufgetragenen Substanzflecken sehr unterschiedliche Formen, die sogenannten Schweifbahnen. Im Laufe vieler Experimente hat sich die Laborantin eine ausgesprochene Sensibilität für den Zusammenhang der Formen solcher Schweifbahnen mit der bezweckten Trennung der Untersuchungssubstanzen angeeignet. Und sie konnte Vorversuche, bei denen es noch zu keiner Trennung kam, nutzen, um die Suche nach dem richtigen Laufmittel einzuengen, indem sie aufgrund der sich einstellenden Form der Schweifbahn auf die richtige Variation des Laufmittels schloß. Die langjährige Akkumulation solcher Erfahrungen führt zu einem einzigartigen Formengedächtnis. Und auch die Entwicklung der sensitiven Fähigkeiten, den Färbungsgrad eines Flecks durch Vergleich mit einer Referenz zur Bestimmung der Konzentration der Untersuchungssubstanz zu nutzen, erreicht ein Ausmaß, das

Abb. 2: Das Prinzip der Dünnschichtchromatographie



sich mit den in der Literatur bekannten Beispielen für die Bedeutung sinnlicher Erfahrung<sup>3</sup> durchaus messen läßt.

Im Arbeitsprozeßwissen der Laborantin finden wir also die Verquickung folgender Wissensbestandteile: Die Beurteilung der Schweißbahnen, ob die beabsichtigte Trennung des Untersuchungsgemisches durch das gewählte Laufmittel gelingt, geschieht auf der Grundlage des aus der Erfahrung gewonnenen Verhaltens eines Substanzfleckes. Die systematische Variierung des Lösungsmittels durch die Laborantin geschieht auf der Grundlage, daß die Polaritäten für die Bestandteile des Lösungsmittelgemisches bekannt sind und in eine aufsteigende oder absteigende Reihe angeordnet werden können. Hier wird eine Erkenntnis der Naturwissenschaften, die Größe des Dipolmoments einer Substanz, für den Zweck der Trennung in dem DC-Verfahren benutzt. Bemerkenswert hierbei ist, wie Kenntnisse, die in den Naturwissenschaften so nicht bekannt sind (die Form der Schweißbahnen unterschiedlicher Lösungsmittel), sondern aus der Arbeitserfahrung entspringen, mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen (zur Polarität von Substanzen) verknüpft werden.

Wichtig ist weiter, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse von der Laborantin benutzt werden: Die Kenntnis der dem Dipolmoment zugrundeliegenden physikalischen Sachverhalte erstreckt sich meist nur auf das Urteil: Je polarer ein Lösungsmittel, desto besser läßt sich ein polarer Stoff darin lösen. Kenntnisse über die Struktur des zu lösenden Stoffes werden selten eingebracht. Entsprechend werden die in einem Betrieb intern für Substanzen vergebenen Nummern von den Laboranten häufig zur Identifizierung der Substanz genutzt (weil sie prägnanter sind als die langen chemischen Namen). Die Chemiker hingegen benutzen immer ihre Strukturkenntnisse des Stoffes, und für sie ist die werksintern vergebene Nummer tatsächlich nur eine „Hausnummer“. Eigenschaften der Substanz, die der Chemiker im Laufe seiner Tätigkeit erfährt, werden bei ihm zu Eigenschaften einer bestimmten Struktur, und er setzt die erfahrenen Eigenschaften auch in ein Verhältnis zu dieser Struktur. Die Laborantin hingegen geht mehr von ihrer Erfahrung aus: Diese Substanz A verhält sich wie die Substanz B, also kann ich die Erfahrungen, die ich bei A gemacht habe, im Umgang mit B nutzen. Der tatsächliche Grund für das ähnliche Verhalten, der in dem Wissen über die chemische Struktur der verglichenen Substanzen liegt, wird von der Laborantin im Gespräch nicht angegeben. Das aus der Erfahrung geschöpfte Urteil kann natürlich richtig sein, doch weiß die Laborantin nicht, ob ihre Vermutung begründet ist. Die auf der Erfahrung basierende Vermutung wird im folgenden zur Grundlage der Handlung gemacht und kann darin auch ihr Korrektiv oder die vermeintliche Verifikation erhalten.

---

3 z. B. bei Rubinstein 1973, 92: Temperatur-Bestimmung einer Stahl-Schmelze durch deren Farbe, Qualitätsermittlung von Ton und Porzellanwaren durch deren Klang etc.

### 3.2 Erfahrung und Wissen am Beispiel der Atomabsorptionsspektroskopie

Im zweiten Beispiel geht es um eine Laborantin, die schwerpunktmäßig die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) betreut. Die Atomabsorptionsspektroskopie ist eine relativ aufwendige Analysetechnik für Metalle, die noch in Mengen von 1 Nanogramm nachgewiesen werden können ( $1 \text{ ng} = 0,000\,000\,001 \text{ g}$ ). Das Verfahren der Messung ist im Prinzip denen der anderen spektroskopischen Verfahren gleich. Eine Lichtquelle, meist eine Hohlkatodenlampe, sendet Licht einer für ein bestimmtes Metall typischen Wellenlänge aus. Dieses Licht durchquert eine Probenkammer, in der die Probe durch Erwärmung verdampft ist und gasförmig vorliegt (bei Temperaturen von 850 bis 900 °C). Auf dem Weg durch die Probenkammer wird das Licht absorbiert und anschließend durch einen Detektor gemessen. Das Ausmaß der Absorption des Lichtes durch die Probe liefert als Ergebnis die Konzentration der Probensubstanz.

Geräte für die Atomabsorptionsspektroskopie neuerer Bauart werden vollständig über ein Computerprogramm gesteuert. Die Werte für Temperaturen, Wellenlängen, Lampenstrom etc. werden in Bildschirmmasken eingetragen und nicht unmittelbar am Gerät eingestellt. Der unmittelbaren Erfahrung sind damit die Auswirkungen dieser Einstellungen nicht mehr zugänglich. Hingegen wurde bei Geräten älterer Bauart z. B. der Lampenstrom direkt an einem Potentiometer in der Nähe des Lampengehäuses eingestellt, die Wellenlänge am Monochromator usw.

Im Falle einer Fehlersuche ergeben sich daraus beträchtliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Generationen von Geräten. Ein harmloser Tippfehler kann bei dem neueren Gerät z. B. ein völlig überraschendes Verhalten des Gerätes verursachen. Für eine erfahrungsgelitete Diagnose sind die Bedingungen erschwert, und die Anforderungen an das abstrakte Denken sind beträchtlich höher als noch an den alten Geräten.

In dem Interview mit der Laborantin, die das AAS-Gerät schwerpunktmäßig betreut, kam beispielsweise ein vermeintlicher Vorzug des alten Gerätes durch die Laborantin zur Sprache: Man könne am alten Gerät Arsen verschiedener Wertigkeit getrennt messen. Bei dem neuen Gerät sei das nicht der Fall. Die genauere Hinterfragung brachte an den Tag, daß die Temperatureinstellung bei dem alten Gerät es erlaubt, die Temperatur so zu wählen, daß die beiden Arsenmodifikationen zu verschiedenen Zeitpunkten detektiert werden können. Diese Möglichkeit existierte aber auch bei dem neuen Gerät. Die Gestaltung der Bildschirmmasken erschwerte jedoch das Auffinden dieser Einstellmöglichkeit, und sie wurde von der Laborantin nicht wahrgenommen.

Die Computerisierung des Labors stellt neue Anforderungen an die Art und Weise, wie Laboranten Erfahrungen mit den Meßgeräten sammeln können. Die

Geräte der älteren Bauart waren für das Erfahrungslernen geeigneter als die neueren. Der Grund dafür ist in der Nähe von einzustellendem Parameter und der damit bewirkten Aktion des Meßgerätes zu suchen. Im Rahmen der Fehleranalyse können aufgrund dieser „Nähe“ zwischen den Aktionen des Meßgerätes und den eingestellten Parametern ebenfalls leichter Fehler diagnostiziert werden. Bei den modernen, computerisierten Meßgeräten muß das unmittelbare Erfahren der Aktionen des Meßgerätes in ein Verhältnis zu den in den Bildschirmmasken vorgenommenen Einstellungen gesetzt werden. Für dieses Verhältnis ist ein höherer Grad an Abstraktion notwendig.

Per se ist solch eine Entwicklung noch keiner Wertung ausgesetzt. Die Anforderungen an die Laboranten verschieben sich zwar, aber ob diese Anforderungen im Arbeitsalltag bewältigt werden können oder ob sie zu Streßsituationen führen, ist noch nicht ausgemacht.

In dem betrachteten Fall allerdings, führte die Einführung der neuen Technik zu erheblichen Belastungen in der Arbeit der Laborantin. Der Grund dafür liegt in der besonderen Situation in der sich das Labor (ein dienstleistungsorientiertes Umweltlabor) befindet. Die Konkurrenz auf dem Marktsektor, in dem dieses Labor seine Dienstleistungen anbietet, ist relativ groß und wird über Preis und Flexibilität der Messung durchgeführt. Flexibilität bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die übliche Zeitdauer von 10 bis 14 Tagen zwischen Einreichung der Probe und der Bekanntgabe des Untersuchungsergebnisses auf Wunsch des Kunden öfters unterschritten wird. Für die Laboranten hat dies zur Konsequenz, daß die Rüstzeiten an den Meßgeräten größeren Umfang annehmen (weil die Anzahl von Proben, die mit einer Einstellung am Meßgerät gemessen werden können, kleiner wird (Röben 1997)) und gleichzeitig der Druck zunimmt, in gegebener Zeit möglichst viele Proben zu messen.

Die Investitionen für das AAS-Gerät waren für das Labor relativ groß, und nun sollten mit dem neuen Gerät unter den oben geschilderten Bedingungen möglichst schnell Messungen durchgeführt werden. Die Laborantin war eine der Spitzenkräfte des Labors und verfügte über eine sehr umfangreiche Erfahrung. Die Computertechnik war ihr allerdings nicht vertraut. Bei ihr ließ sich eine Verunsicherung aufgrund der Steuerung des Meßgerätes durch den Computer beobachten, die in bezug auf die Computertechnik sehr häufig bei älteren Menschen zu beobachten ist. Die Laborantin bewältigte die Verunsicherung, indem sie durch intensive Beobachtung den Zusammenhang zwischen Einstellungen, die sie in den Bildschirmmasken vorgenommen hatte, und den Aktionen, die das Meßgerät anschließend durchführte, erforschte. Die Art und Weise, wie sie dies durchführte, entsprach der Methode, mit der sie auch sonst ihre Erfahrungen sammelte. Sinnliche Eindrücke, die sie während der Aktionen des Meßgerätes sammelte und mit den Aktionen des Gerätes verknüpfte, erhielten im Laufe der Zeit Bedeutungen, die über den Verlauf der Messung Aussagen zuließen.

Gerade die Anwendung eines Modus des Erfahrungssammelns, den die Laborantin im Laufe ihres Berufslebens zu hoher Kunst entwickelt hatte, auf die neue Situation der computerisierten Meßautomaten macht die besonderen Merkmale dieser Art der Erkenntnisgewinnung deutlich. Ähnlich wie bei der chemischen Struktur der bearbeiteten Substanzen, die für die Laboranten wesentlich weniger ausschlaggebend für die Einordnung ihrer konkreten Erfahrungen im Umgang mit diesen Substanzen ist, wird auch die innere Struktur des Meßgerätes und des steuernden Computerprogramms zu einem prinzipiell verborgenen Mechanismus, auf den sich das Erkenntnisinteresse erst gar nicht richtet. Es erscheint den meisten Laboranten ohnehin aussichtslos, neben der Mühe der täglichen Arbeit auch noch die Mühe der Aneignung theoretischer Erkenntnisse über Chemie oder EDV auf sich zu nehmen, die für die praktische Arbeit auf den ersten Blick ohne Relevanz zu sein scheinen. Der erfolversprechende Weg ist der der Analyse der Auswirkungen des praktischen Handelns: was macht das Gerät, wenn diese Einstellung vorgenommen wird? Gerade in diesem Interesse am unmittelbaren Erfolg liegt eine der Ursachen für die oftmals konstaterbare mangelhafte Verknüpfung von fachtheoretischem Wissen und praktischem Tun (Schumann u. a. 1994). Ein wichtiger Schluß aus diesem Ergebnis ist, daß den Laboranten Freiräume geschaffen werden müssen, in denen sie sich ohne den Druck des Arbeitsalltags und der dadurch notwendigen Beschränkung des Interesses auf das unmittelbare Gelingen mit ihrer Meßmethode auseinandersetzen können. Nur so ist auch die Möglichkeit gegeben, aus den bei einem solchen Probieren entstehenden Fehlern zu lernen. Allein aus der Praxis erwächst noch kein erfahrener Laborant; erst durch die Rückkopplungseffekte, die aus dem Umgang mit Fehlern erwachsen, wächst das Arbeitsprozeßwissen. Und erst aus der freien Befassung mit der Meßmethode erwächst eine Verknüpfung von theoretischem Wissen und praktischem Können.

#### **4 Fazit und Schlußfolgerungen**

Die Arbeit im chemischen Labor ist zunehmend mit Problemsituationen konfrontiert. Es ist es vor allem die „Kundenorientierung“, die Anpassung an wechselnde Markterfordernisse, die immer wieder für unvorgesehene Ereignisse im chemischen Labor sorgt: Einerseits wird die innerbetriebliche Auftragsabwicklung möglichst detailliert geplant, um die vorhandenen Ressourcen optimal zu nutzen und die existierenden Terminvorgaben einzuhalten. Andererseits wird eben diese Planung immer wieder durcheinandergewirbelt, um zusätzliche und eilige Aufträge ebenfalls abwickeln zu können. Verbunden sind solche Problemsituationen mit der Beachtung vielfältiger umweltrechtlicher Rahmenbedingungen, und sie müssen unter den

Bedingungen eines verschärften Verdrängungswettbewerbs (sprich: mit möglichst geringen Kosten) bewältigt werden.

Die traditionelle Stärke der Arbeitskräfte im chemischen Labor bei der Bewältigung solcher Situationen liegt im Arbeitsprozeßwissen der Laboranten: der Verschmelzung

- von Arbeitserfahrung, die Eigenarten von Meßgeräten und Analyseprozessen betreffend,
- mit der pragmatischen Nutzung von naturwissenschaftlichen und umweltrechtlichen Kenntnissen
- und der betriebsspezifischen Erfahrung, wie Arbeitsaufgaben im Rahmen des Arbeitstags effektiv geplant und miteinander verknüpft werden können.

Diese Stärke laborantenspezifischen Arbeitshandelns wird im Rahmen der Gestaltung der Arbeitsmittel im Labor nur unzureichend berücksichtigt - dies betrifft die Meßtechnik ebenso wie Laborinformationssysteme. Technikgestaltung im chemischen Labor fußt auf dem Ideal einer vollständigen naturwissenschaftlich-technischen Durchdringung der Laborarbeit, daher auch auf der Annahme, Arbeitsabläufe im Labor ließen sich vom Labormanagement detailliert vorherplanen und kontrollieren.

Unsere Analysen haben gezeigt, daß diese Annahme irrig ist. Es gibt eine Anzahl von Arbeitsaufgaben, die zwar auf naturwissenschaftlich-technischen Erkenntnissen fußen,<sup>4</sup> jedoch ist dieses wissenschaftliche und in Analysegeräten vergegenständlichte Wissen bloß eine allgemeine Voraussetzung für das Arbeitshandeln der Laboranten. Das Wissen, das im Handeln der Laboranten inkorporiert ist, hat eine davon abgehobene, besondere Qualität. Zur Frage der Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse ist zu konstatieren, *daß* diese Erkenntnisse von den Laboranten genutzt werden; aber gleich in der Form eines Wenn-dann-Zusammenhangs: „Wenn dieses passiert, dann geschieht jenes, und dann ist folgendes zu tun.“ Die wissenschaftliche Erklärung dieses Zusammenhangs - d. h. die Bestimmung des Grundes für das Verhältnis von Ursache und Wirkung eines Phänomens - ist den Laboranten in der Regel nicht geläufig.

Auf der anderen Seite ist im Arbeitsprozeßwissen der Laboranten ein Aspekt von entscheidender Bedeutung, der nicht Gegenstand der Natur- und Technikwissenschaften ist, sondern Gegenstand einer berufsfeldbezogenen Arbeits- und Bildungswissenschaft wäre: Während naturwissenschaftliches Wissen Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Natur zum Gegenstand hat und ingenieurwissenschaftlich-technisches Wissen mit dem technisch Möglichen beschäftigt ist, bezieht sich das Wissen der Laboranten auf ein Besonderes, das nicht am prinzipiell Machbaren, sondern am zu Machenden mit dem konkreten Gerät X interessiert ist.

---

4 Die naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten werden für Analyseverfahren genutzt und in entsprechenden Apparaturen zur Anwendung gebracht, mit denen die Laboranten arbeiten müssen.

Sowohl die Marotten der im Labor verwendeten Geräte wie auch ein Teil der mit Analyseprozessen einhergehenden Phänomene (wie z. B. die o. g. Schweißbahnen bei der DC) sind fast ausschließlich den Laboranten bekannt. Ohne dieses Wissen sind Laboraufträge kaum wirtschaftlich abwickelbar - vor allem nicht unter den zunehmend restriktiveren Zeitvorgaben. Dies ist übrigens ein Sachverhalt, den das Management häufig dann gewahrt wird, wenn akademische Mitarbeiter Aufgaben übernehmen, die sonst von den Laboranten erledigt werden.

Als Inhalte des Arbeitsprozeßwissens von Chemielaboranten lassen sich Kenntnisse von

- den spezifischen Eigenschaften der im Labor verwendeten Materialien, Anlagen und Geräte sowie
- den „inneren“, im Charakter der mechanischen, energetischen, chemischen Prozesse selbst liegenden Eigenschaften

als zwei gegenüberliegende Pole auf einem Wissens- und Handlungskontinuum anordnen. Der letztgenannte Pol - die Merkmale der mechanischen, chemischen, energetischen, informationstechnischen Prozesse - repräsentiert den Schwerpunkt natur- und ingenieurwissenschaftlichen Wissens und Könnens. Er repräsentiert auch das, was traditionellerweise in der Berufsschule gelehrt wird: die allgemeinen Prinzipien, die in den Naturwissenschaften gefunden und neben den gesellschaftlichen Zwecken in der Technik zur Anwendung gebracht sind.

Der andere Pol - die Kenntnis und Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften der im Labor verwendeten Stoffe und Anlagen - ist die Stärke laborantenspezifischer Kompetenz. Er repräsentiert das, was selten gelehrt wird - weder in der schulischen noch in der betrieblichen Berufsausbildung -, und was vielmehr durch Lernen im Prozeß der Arbeit erworben wird.

Nun sind die beiden Pole selbstverständlich nicht völlig voneinander unabhängig. Es läßt sich kaum leugnen, daß in rechnergestützten Meßgeräten allgemeine Prinzipien naturwissenschaftlich-technischen Könnens zur Anwendung gebracht sind, also diese Prinzipien in den besonderen Anlagen vor Ort auch wirken. Beim normalen, ordnungsgemäßen Funktionieren der Anlagen sind diese Prinzipien jedoch gewissermaßen nur im Hintergrund wirksam, verschlossen in „black boxes“, verschlüsselt in Form der Benutzungsoberfläche. Hier liegt ein Grund, warum viele Fachkräfte z. T. unvollständige oder gar unrichtige Auffassungen über die inneren naturwissenschaftlich-technischen Prozesse und Wirkprinzipien besitzen: Dieses Wissen ist ihnen so ohne weiteres gar nicht zugänglich und beim normalen Gang der Arbeit auch nicht notwendig. Erst im Fall der Störung kann sich die Anforderungssituation schlagartig ändern. Hier muß dann u. U. entschlüsselt werden, welche naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten und technischen Prinzipien in Analyseverfahren und Meßgeräten angewandt worden sind.

Nach unseren Befunden (Fischer/Jungeblut/Römmermann 1995) wird im Arbeitsprozeßwissen der Fachkräfte der angesprochene Zusammenhang - von den

Besonderheiten und Marotten der einzelnen technischen Anlage zu den darin wirkenden allgemeinen Prinzipien - hergestellt. Das gilt insbesondere für die Problemsituation. Es ist jedoch wichtig, hier die Art der Blickrichtung festzuhalten: Ausgehend von der besonderen Situation wird das Allgemeine gesucht, sofern es für die Entschlüsselung der besonderen Situation notwendig ist. Die Kenntnis allgemeiner Prinzipien an sich ist für das Arbeitshandeln im Labor weder relevant noch hinreichend.

Wichtig ist, daß der skizzierte Zusammenhang zwischen den besonderen Materialien, Geräten und Prozessen auf der einen Seite sowie den allgemeinen, in der Technik und den Produktionsverfahren wirkenden Gesetzmäßigkeiten auf der anderen Seite in der fraglichen Situation *subjektiv herstellbar* ist. Wird dieser Zusammenhang prinzipiell auseinandergerissen, indem das Personal nur für eine der genannten Seiten ausgebildet oder darin erfahren ist, so ergeben sich Probleme für die Kompetenzentwicklung der Fachkräfte ebenso wie für die sicherheitsgerechte Durchführung der Arbeitstätigkeiten.

Der bislang skizzierte Zusammenhang von Besonderem und Allgemeinem im Arbeitsprozeßwissen von Facharbeitern bezieht sich auf das praktische Handeln an und mit einer konkreten Technik. Eine ähnliche Dialektik findet sich im Verhältnis von Wissen um

- die betrieblichen Abläufe, in die Arbeitsvorgänge und technische Prozesse eingebunden sind und
- die lebensweltlichen Konsequenzen, die durch bestimmte Handlungen hervorgerufen werden können.

In der lebensweltlichen Interaktionspraxis hat sich herausgeschliffen, welche Art von Handeln legitimerweise praktiziert werden kann und welche nicht. Hier findet man ein Phänomen, das von Konrad Thomas bereits Mitte der sechziger Jahre beschrieben worden ist und auch in den Forschungen zur betrieblichen Lebenswelt (Volmerg/Senghaas-Knobloch/Leithäuser 1986) hervorgehoben wurde - die *verborgene Situation*.

Die verborgene Situation innerhalb der betrieblichen Arbeitsorganisation resultiert nach Thomas daraus, daß ein reibungsloser betrieblicher Ablauf oftmals nicht in den von der Arbeitsvorbereitung vorgesehenen Bahnen, sondern nur gegen sie erreicht werden kann (Thomas 1964, 85 ff.). Die Arbeitenden sind dabei mit der widersprüchlichen Anforderung konfrontiert, einerseits für ein Funktionieren betrieblicher Abläufe - auch aus finanziellem Eigeninteresse - zu sorgen, und andererseits genau diese Praxis als Verstoß gegen betriebliche Anordnungen nicht offenkundig werden zu lassen. Thomas nennt diese Praxis ein „Aufreiben“ im Betrieb. Nach unseren Befunden (Fischer 1995, 207 ff.) besitzt die verborgene Situation jedoch noch eine zweite Facette - die des Sich-Arrangierens: Oftmals haben die Arbeitenden ein Zurechtkommen mit dem Labormanagement für sich persönlich erreicht und sehen den durchaus labilen Stand dieses Zurechtkommens nun gefährdet, wenn ihre

Arbeitsplanung in Problemsituationen umgeworfen und modifiziert werden muß, genauer: wenn die Wege der Modifizierung offengelegt werden.

Ebenso jedoch wie beim Verhältnis von allgemeinem und besonderem technischen Wissen ist die Kenntnis und Berücksichtigung der besonderen Interaktionspraxis im Betrieb nicht unabhängig von dem Wissen um die allgemein und offiziell im Betrieb eingerichteten Arbeitsabläufe.

So weiß jeder Laborant, daß Arbeitspläne und Arbeitsanweisungen vom Labormanagement kommen, daß diese Abteilung betrieblicherseits für die Erbringung des intellektuellen Anteils an der Laborarbeit vorgesehen ist, und daß die Laborarbeit daher schlicht in der Durchführung der vom Management erstellten Pläne besteht und der Weg von den vorgesetzten Abteilungen ins Labor deshalb einer Einbahnstraße gleicht. Viel mehr weiß der Laborant über den betrieblichen Ablauf in der Regel nicht.<sup>5</sup>

Laborinformationssysteme könnten hier im Sinne einer wechselseitigen Informierung von Laboranten und Management wertvolle Dienste tun. Sie könnten - als Hilfe für ein Lernen im Arbeitsprozeß - Informationen über Sachverhalte liefern, die den Laboranten ansonsten eher verborgen sind. So könnten die „schwächeren Seiten“ des laborantenspezifischen Arbeitsprozeßwissens, nämlich das Wissen um

- die betrieblichen Abläufe (einschließlich ihrer Gründe), in die Arbeitsvorgänge und technische Prozesse eingebunden sind, sowie
- die inneren, im Charakter der mechanischen, energetischen, chemischen Prozesse selbst liegenden Eigenschaften

gestärkt werden, ohne die „starken Seiten“ zu ignorieren, nämlich die Kenntnis von

- spezifischen Eigenschaften der im Betrieb verwendeten Materialien, Anlagen und Geräte
- und der lebensweltlichen Interaktionspraxis, in die Arbeitshandlungen eingebettet werden müssen.

Allein, dies ist bislang kein Gesichtspunkt, der bei der Gestaltung von LIMS als maßgeblich zu bemerken wäre. Arbeitsprozeßwissen von Chemielaboranten gilt bei der Systemgestaltung immer noch als weitgehend vernachlässigbar.

## Literatur

- Böhle, Fritz, Brigitte Milkau (1988): Vom Handrad zum Bildschirm. Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß. Frankfurt a. M./New York
- Böhle, Fritz, Helmuth Rose (1992): Technik und Erfahrung. Arbeit in hochautomatisierten Systemen. Frankfurt a. M./New York

---

5 So weiß er z. B. meist nicht, mit welchen Lieferterminen, Planvorgaben, arznei- und umweltrechtlichen Rahmenbedingungen sich die vorgelagerten Abteilungen herumschlagen.

- Böhle, Fritz (1995): Qualifizierung für erfahrungsgeleitetes Arbeiten - neue Anforderungen an die berufliche Bildung; in: Gisela Dybowski, Helmut Pütz, Felix Rauner (Hg.): Berufsbildung und Organisationsentwicklung. Perspektiven, Modelle, Grundlagen. Schriftenreihe Berufliche Bildung - Wandel von Arbeit und Technik. Bremen, 122-133
- Ciommer, Bernhard (1996): Gegenwart und Zukunft der Analytik; in: LABO Trend (Ausgabe 1996), 10
- Dessy, Raymond (1983a): Laboratory Information Management Systems; in: Analytical Chemistry Vol. 55 Nr. 1, 70-80
- Dessy, Raymond (1983b): Laboratory Information Management System; in: Analytical Chemistry Vol. 55 Nr. 2, 277-303
- Drescher, Ewald (1996): Was Facharbeiter können müssen. Elektroinstandhaltung in der vernetzten Produktion. Bremen
- Dreyfus, Hubert L. (1985): Die Grenzen künstlicher Intelligenz. Was Computer nicht können. Königstein
- Dreyfus, Hubert L., Stuart E. Dreyfus (1987): Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition. Reinbek
- Fischer, Martin, Eberhard Römmermann, Heinrich Benckert (1997): The Design of Technical Artifacts with Regard to Work Experience. The Development of an Experience-based Documentation System for Maintenance Workers; in: Thomas Binder, Martin Fischer, Jörn Nilsson (eds.): Learning with artifacts. Special issue of AI & Society, London
- Fischer, Martin, Renate Jungeblut, Eberhard Römmermann (1995): „Jede Maschine hat ihre eigenen Marotten!“ Instandhaltungsarbeit in der rechnergestützten Produktion und Möglichkeiten technischer Unterstützung. Schriftenreihe Berufliche Bildung - Wandel von Arbeit und Technik, Bremen
- Fischer, Martin (1995): Technikverständnis von Facharbeitern im Spannungsfeld von beruflicher Bildung und Arbeitserfahrung. Untersucht anhand einer Erprobung rechnergestützter Arbeitsplanungs- und -steuerungssysteme. Schriftenreihe Berufliche Bildung - Wandel von Arbeit und Technik. Bremen
- Fischer, Martin (1996): Überlegungen zu einem arbeitspädagogischen und -psychologischen Erfahrungsbegriff; in: ZBW - Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Heft 3. Stuttgart
- Fleig, Jürgen, Robert Schneider (1995): Erfahrung und Technik in der Produktion. Berlin, Heidelberg, New York
- Hörner, Eva, Hans-Peter Klur, Jochen Kuhle (1994): Trends in der LIMS-Entwicklung; in: GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium Nr. 38, 695-699
- Jonak, Rainer (1994): Auswahl und Einführung eines LIMS; in: GIT Fachzeitschrift für das Laboratorium Nr. 9, 734-738
- Korndörfer, Volker (1985): Qualifikationsanforderungen und Qualifizierung beim Einsatz von Industrierobotern; in: Karlheinz Sonntag (Hg.): Neue Produktionstechniken und qualifizierte Arbeit. Köln, 117 ff
- Kruse, Wilfried (1985): Ausbildungsqualität, Arbeitsprozeß-Wissen und soziotechnische Grundbildung; in: Gewerkschaftliche Bildungspolitik Nr. 5, 150-152
- Kruse, Wilfried (1986a): Bemerkungen zur Rolle von Forschung bei der Entwicklung und Technikgestaltung; in: Sachverständigenkommission Arbeit & Technik (Hg.): Perspektiven technischer Bildung. Bremen (Universität)

- Kruse, Wilfried (1986b): Von der Notwendigkeit des Arbeitsprozeß-Wissens; in: Jochen Schweitzer (Hg.): Bildung für eine menschliche Zukunft. Weinheim/Basel, 188-193
- Laur-Ernst, Ute, Fritz Gutschmidt, Erhard Lietzau (1990): Neue Fabrikstrukturen - veränderte Qualifikationen. Ergebnisse eines Workshops zum Forschungsprojekt: „Förderung von Systemdenken und Zusammenhangsverständnis - Lernen und Arbeiten in komplexen Fertigungsprozessen“, Bundesinstitut für Berufsbildung, Berlin
- Martin, Hans (1995): CEA - Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit. London/Berlin/Heidelberg
- Moldaschl, Manfred, Rainer Schultz-Wild (1994): Arbeitsorientierte Rationalisierung. Fertigungsinseln und Gruppenarbeit im Maschinenbau. Frankfurt a. M./New York
- Polanyi, Michael (1966): The Tacit Dimension. New York
- Rauner, Felix (1996): Gestaltungsorientierte Berufsbildung; in: Heinz Dederling (Hg.): Handbuch zur arbeitsorientierten Bildung. München/Wien, 411-430
- Röben, Peter (1997): Zur Bedeutung des Arbeitsprozeßwissens bei der Mitgestaltung von Arbeit und Technik in Labor und Produktion; in: Klaus Drechsel, Peter Storz, Gisela Wiesner (Hg.): Computergestütztes erfahrungsgeleitetes Lernen und Gestalten - Grundsätze zur Entwicklung effektiver Arbeits- und Lernumgebungen. Arbeit - Bildung - Beruf: Bd. 12. Hamburg/Dresden (im Druck)
- Rubinstein, Sergej L.(1973): Sein und Bewußtsein. Die Stellung des Psychischen im allgemeinen Zusammenhang der Erscheinungen in der materiellen Welt. s' Gravenhage
- Schneegans, Rolf (1997): Haben Umweltlaboratorien noch eine Chance? Labor 2000, Ausgabe 1997, 180-185
- Schön, Donald A. (1983): The reflective practitioner. How professionals think in action. New York
- Schuchardt, K., G. Fischer, A. Golloch (1991): LIMS. Nachr. Chem. Tech. Lab. Nr. 40, 11-19
- Schumann, Michael u.a. (1994): Trendreport Rationalisierung. Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie. Berlin
- Sprangler, Norbert (1993): Laborinformations- und Managementsysteme. Konzeption und Umsetzung einer Unternehmensstrategie; in: atp - Automatisierungstechnische Praxis Nr. 11, 619 - 623
- Siebeck, Frank (1996): Zu den Begriffen der Arbeitserfahrung und des Erfahrungslernens; in: Rainer Bremer (Hg.): Doppelqualifikation und Integration beruflicher und allgemeiner Bildung. Modellversuche zur beruflichen Bildung Heft 40 (Hg.: Bundesinstitut für Berufsbildung), 259-278
- Storz, Peter, Manfred Fries (1997): Das Laborunternehmen 2000 als moderner Dienstleister; in: Labor 2000, Ausgabe 1997, 184-190
- Storz, Peter (1996): Chemiearbeit in Fabrik und Labor - berufsdidaktische Perspektiven; in: Manfred Eckert, Josef Rützel: Didaktische Innovationen: Subjektorientierte Lernsituationen gestalten. Darmstädter Beiträge zur Berufspädagogik: Bd. 16. Alsbach/Bergstraße, 84-113

- Storz, Peter, K. Klonowski (1996): Funktionale Strukturen automatisierter chemietechnischer Systeme als eine Bestimmungsgrundlage für arbeitsprozeßbezogenes Wissen; in: Klaus Drechsel, Peter Storz, Gisela Wiesner (Hg.): *Universitäre handlungsorientierte Berufschullehrerausbildung auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik. Arbeit - Bildung - Beruf*: Bd. 10. Hamburg, Dresden, 69-87
- Stuber, Franz (1997): *Rechnerunterstützung für arbeitsprozeßnahes Planen. Software-Innovation im Kontext von Ökonomie, Organisation und beruflicher Bildung*. Bremen
- Thomas, Konrad (1964): *Die betriebliche Situation der Arbeiter*. Stuttgart
- Volmerg, Birgit, Eva Senghaas-Knobloch, Thomas Leithäuser (1986): *Betriebliche Lebenswelt*. Opladen
- Wehner, Theo (1993): *Fehlervermeidung - eine riskante Forderung für Gesundheit, Sicherheit und Arbeit*; in: Dietrich Milles (Hg.): *Gesundheitsrisiken, Industriegesellschaft und soziale Sicherung in der Geschichte. Schriftenreihe Gesundheit Arbeit Medizin Bd. 7*. Bremerhaven, 53-68

Anschrift der Verfasser:

Dr. Martin Fischer  
Dr. Peter Röben  
Institut Technik und Bildung  
Universität Bremen  
Grazer Str. 2  
28359 Bremen