

an wie nachfolgend beschrieben vorzugehen und davon auch nach jahrelanger Übung nicht abzulassen:

In die Gleichung werden die physikalischen Größen zunächst in den primär vorliegenden Einheiten eingesetzt und zwar immer als Produkt von Zahlenwert und physikalischer Einheit. Danach wird diese Gleichung so oft und in geeigneter Weise mit Ausdrücken multipliziert, die mit der dimensionslosen Zahl 1 identisch sind, bis durch Herauskürzen von identischen Einheiten die berechnete Größe in der gewünschten Einheit übrig bleibt. Mit dem dimensionslosen Zahlenwert 1 identische Ausdrücke sind z.B.

$$\frac{10^6 \cdot \mu m}{1 \cdot m} \quad ; \quad \frac{1 \cdot Pa}{1 \cdot N \cdot m^{-2}} \quad (2.30)$$

In der Aufgabe 1 ist eine derartige Berechnung explizit durchzuführen. Diese Vorgehensweise wirkt vielleicht etwas bürokratisch, sie führt aber immer fehlerfrei zum Ziel! Sie ist übrigens auch bei nicht primär physikalischen Berechnungen hilfreich und bewahrt uns vor der Versuchung, es bei so einer Gelegenheit einmal wieder mit der Dreisatzrechnung aus der Grundschule zu versuchen.

Lineare Winkel und Raumwinkel sind, wie wir im Kapitel 2.1 gelernt haben, dimensionslose Verhältnisse. Ich möchte aber dringend raten, die auch vom SI-Einheitensystem als *ergänzende SI-Einheiten* empfohlenen Einheiten *Radian (rad)* bzw. *Steradian (sterad)* immer zu benutzen. Anderenfalls nämlich haben z.B. in der Strahlungsphysik die Gesamtstrahlungsleistung einer Quelle und deren Strahlungsleistung pro Raumwinkeleinheit dieselbe Dimension, eine Quelle für beliebig viele Fehler und Mißverständnisse! Insbesondere im Bereich des täglichen Lebens ist anstelle der Einheit *rad* für den linearen Winkel die Einheit *Grad (°)* mit den Untereinheiten (Bogen-) *Minute (')* und (Bogen-) *Sekunde (")* gebräuchlicher:

$$60' = 1^\circ \quad ; \quad 60'' = 1' \quad (2.31)$$

Es sei angemerkt, dass diese Untereinheiten in keinerlei logischem Zusammenhang stehen mit den Untereinheiten der Zeiteinheit *Stunde (h)*, außer dass (zufällig?) die Umrechnungsfaktoren (Gl. 2.31) die selben sind. Für den Zusammenhang zwischen *rad* und *°* gilt die Umrechnungsbeziehung

$$\frac{\pi \cdot rad}{180^\circ} = 1 \quad (2.32)$$

2.7.2 Richtiges Publizieren und Patentieren (*)

Ziel des im primären Wissenschaftsbetrieb^{††}, also an Universitäten oder nicht-industriellen Forschungsinstituten tätigen Forschers ist es, die Ergebnisse seiner eigenen

Umrechnen von metrischen in englische Maßeinheiten, im Herbst 1999 während des Einschwenken in den Orbit verschollen und vermutlich auf dem Mars zerschellt.

^{††}Ich habe Zweifel, ob es überhaupt gerechtfertigt ist, diesen Teil der Wissenschaft als den *primären* Wissenschaftsbetrieb zu bezeichnen. Aber mir ist keine bessere Formulierung eingefallen.

wissenschaftlichen Arbeit durch deren Publikation in anerkannten wissenschaftlichen Zeitschriften der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zu präsentieren und dadurch zur Diskussion zu stellen. Die Anerkennung seiner Arbeit erfährt er, indem seine Artikel zur Publikation akzeptiert werden und durch die Beachtung, die diese Veröffentlichungen erfahren, z.B. indem sie von anderen Autoren zitiert werden oder indem Wissenschaftler durch persönliche Kontaktaufnahme zusätzliche Informationen anfragen. Im Gegensatz dazu ist das Ziel des in der industriellen Produktentwicklung tätigen Forschers, im Rahmen des ihm von der Firmenleitung zugestandenen Gestaltungsrahmens neue Produkte und/oder Produktionstechniken zu entwickeln oder bereits gefertigte Produkte und/oder bereits genutzte Produktionstechniken zu verbessern. Um die hierbei gefundenen neuen oder verbesserten Produkte oder Produktionstechniken auch kommerziell nutzen zu können, und um sich gegen eine vorzeitige Nutzung dieser Möglichkeiten durch andere Unternehmen zu schützen, wird er in jedem Fall seine Arbeitsergebnisse durch eine ausreichende Anzahl von Patentanmeldungen absichern. Für beide soeben skizzierten Gruppen von Forschern ist die jeweils angeführte spezifische publizistische Tätigkeit eine Selbstverständlichkeit. Dass es mir dennoch angebracht scheint, einige Worte über das Publizieren und Patentieren zu verlieren, hat insbesondere folgende Gründe:

- Der im Wissenschaftsbetrieb tätige Forscher denkt nur in Ausnahmefällen daran, Teilergebnisse seiner Arbeit als Patent anzumelden.
- Der in der Industrie tätige Produktentwickler schreibt nur selten Publikationen.
- Die große Zahl der in der Industrie im Dienstleistungsbereich tätigen Wissenschaftler schreibt meist - bis auf wenige Ausnahmefälle - weder Publikationen noch Patente.

Meine nun folgenden Ratschläge sind also primär für diejenigen angehenden Wissenschaftler gedacht, für die später das Schreiben von Publikationen und/oder Patenten nicht zur täglichen Arbeit gehören wird.

Nahezu jeder im Dienstleistungsbereich tätige Wissenschaftler macht den Fehler, dass er die Relevanz seiner Arbeitsergebnisse im Vergleich zu denen der im primären Wissenschaftsbetrieb tätigen Kollegen unterschätzt. Und da er nur selten die Musse hat, die mit seinem Aufgabengebiet verbundene Literatur in aller Sorgfalt und Ausführlichkeit zu verfolgen, neigt er zu der Einschätzung, dass seine Ergebnisse für das Funktionieren des Unternehmens, für das er arbeitet, sehr wohl wichtig sind, die wissenschaftliche Öffentlichkeit aber weniger interessieren. Diese Einschätzung ist aber sehr oft völlig unbegründet. Ich rate daher jedem Industriephysiker, zumindest alle 1 bis 2 Jahre über eine Publikation eines publikationswürdigen Detailergebnisses seiner Arbeit nachzudenken. M.a.W. ich gehe davon aus, dass es ein derartiges ausreichend relevantes und interessantes Ergebnis nahezu immer gibt! Die größte Schwierigkeit hierbei dürfte sein, die Veröffentlichungsgenehmigung der Unternehmensleitung zu erhalten. Den größten Nutzen erzielt das Unternehmen meiner

Einschätzung nach aus derartigen Publikationen dadurch, dass deren Autor auf diese Weise im Wissenschaftsbetrieb bekannt wird und dadurch erst in der Lage ist, auf Tagungen und durch persönliche Besuche Informationen aus dem Wissenschaftsbetrieb abzuschöpfen und für das Unternehmen nutzbar zu machen. Wissenschaftlicher Informationsaustausch ist kein Einbahnstraßenverkehr, sondern nur durch *wechselseitigen* Wissenstransfer möglich.

Allerdings steht der Publikationen für wissenschaftliche Zeitschriften schreibende Industriephysiker vor einer besonderen intellektuellen Herausforderung: Er darf diese Publikationen nämlich auf keinen Fall in dem Stil schreiben, der für seine internen Berichte, insbesondere für die an das Management gerichteten *Reports* seit einiger Zeit unverzichtbar ist. Die Rückkehr zu Formulierungen in wissenschaftlicher Strenge und die saubere Trennung von Fakten und Deutungshypothesen wird ihm aber vermutlich sogar Vergnügen bereiten und ihm auch bei seiner anschließenden täglichen Arbeit nützen. Generell möchte ich jedoch gegen eine überzogene Vorsicht in der Formulierung von Deutungsvorschlägen wissenschaftlicher Experimente oder neuer theoretischer Ansätze sprechen. Sich selbst relativierende Formulierungen sind oft primär versteckt angelegte Rückzugswege, um im Fall des Irrtums die eigene Aussage nachträglich relativieren zu können. Ich plädiere für eine klare Formulierung der eigenen Deutung in dem Bewusstsein, dass diese sich später durchaus als falsch herausstellen kann. Wissenschaftlicher Fortschritt bedeutet immer wissenschaftliche Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Deutungsansätzen. Und bei dieser Auseinandersetzung behalten nicht immer die Repräsentanten der aktuellen Lehrmeinung recht. Stellvertretend für viele verwandte Vorkommnisse in der Wissenschaftsgeschichte nenne ich 2 Beispiele aus der Theorie der Supraleitung:

Auf der *International Conference on Low Temperature Physics* in London 1962 hielt der englische Physiker Brian David Josephson (* 1940 in Cardiff/Wales(UK); z.Zt. Cavendish Laboratory in Cambridge(UK)), damals Research Student am Royal Society Mond Laboratory in Cambridge bei Prof. Brian Pippard, einen Vortrag über seine theoretischen Berechnungen des elektrischen Verhaltens eines Systems aus 2 schwach gekoppelten Supraleitern. Eine wichtige Vorhersage dieser Rechnungen war das Auftreten eines Wechselstroms zwischen diesen beiden Supraleitern, sobald an den Kontakt eine Gleichspannung angelegt wird. Der Ausdruck für die dabei auftretende Frequenz enthält außer dem Wert der angelegten Gleichspannung ausschließlich Naturkonstanten, s. Abschnitt 7.14.2. Dieser Vortrag wurde von den anwesenden wissenschaftlichen Supraleitungs-Kapazitäten verrissen, teilweise wurde die Tagungsleitung beschimpft, einen derartigen Unsinn überhaupt als Vortrag zugelassen zu haben. 3 Jahre später ([12]) wurden Josephsons Vorhersagen von Ivar Giaever (* 1929 in Bergen/Norwegen; z.Zt. Rensselaer Polytechnic Institut New York (USA)) erstmals experimentell bestätigt. Josephson erhielt für seine bahnbrechenden Arbeiten 1973 den Nobelpreis.

Der russische Physiker Aleksei Aleksejewitsch Abrikosov (* 1928 in Moskau; z.Zt. Argonne National Laboratory, Argonne/Il.(USA)) berechnete 1953 als *Junior*

Scientist auf Basis der sog. Ginzburg-Landau-Theorie der Supraleitung (Abschnitt 8.1.17) die später nach ihm benannte regelmäßige Struktur aus normalleitenden und supraleitenden Bereichen, die sich in sog. Typ-II-Supraleitern einstellt, sobald sie sich in einem ausreichend starken Magnetfeld befinden. Sein damaliger Institutsleiter und späterer (1962) Nobelpreisträger Lew Davidowitsch Landau (* 1908 in Baku; † 1968 in Moskau) hielt diese Berechnungen für Unsinn und zögerte deren Publikation bis 1957 hinaus. Glücklicherweise war bei dieser Fragestellung Abrikosov bis dahin noch niemand zuvorgekommen und er erhielt in Anerkennung dieser Arbeiten 2003 den Nobelpreis.

Ein Patent ist die Offenlegung einer Erfindung. Als Gegenleistung dafür, dass der Erfinder diese Information der Allgemeinheit zugänglich macht, erhält er das zeitlich begrenzte Monopol für die wirtschaftliche Nutzung seiner Erfindung. Damit eine Erfindung patentfähig ist, muss sie *neu* sein, auf einer *erfinderischen Tätigkeit* beruhen und *gewerblich anwendbar* sein. Wissenschaftliche Theorien und Erkenntnisse sind daher nicht patentfähig. Gegenstand von Erfindungen sind *Erzeugnisse, Vorrichtungen, Verfahren, Verwendungen* (z.B. die Verwendung eines Wirkstoffs für eine bisher nicht vorgesehene Indikation) und *Anordnungen* (von gewissen Bestandteilen zu einem Ganzen). Auch bei der Überlegung, ob eine eigene Entdeckung patentfähig ist oder nicht, ist übertriebene persönliche Bescheidenheit fehl am Platz. Auch ich habe mehrfach den Fehler begangen und eine erfinderische Tätigkeit für nicht ausreichend neu und erfinderisch eingeschätzt, musste dann aber nach einiger Zeit feststellen, dass einem Anderen zeitlich danach für dieselbe Idee ein Patent erteilt wurde. Die Entscheidung sollte man primär davon abhängig machen, ob einem der mit der Abfassung der Anmeldung verbundene Arbeitsaufwand den erhofften persönlichen Vorteil Wert ist. Wenn eine kommerzielle Nutzung im eigenen Unternehmen möglich erscheint, sollte man in jedem Fall anmelden. Aber selbst eine als denkbar angesehene Möglichkeit der Lizenzvergabe sollte bereits für eine positive Entscheidung ausreichen. Da bei einer Patentanmeldung das Anmeldedatum noch wichtiger ist als bei einer wissenschaftlichen Veröffentlichung, sollte man mit der Literatur- und Patentrecherche nicht mehr Zeit verlieren als unbedingt nötig ist. Es genügt völlig, wenn man in der Lage ist, in der Anmeldung den unverzichtbaren Abschnitt über den *Stand der Technik* zu schreiben. Die aus der Sicht des Patentamtes relevante Literatur wird dem Anmelder dann im Zuge des Prüfungsverfahrens mitgeteilt. Im Übrigen besteht die Kunst des Abfassens von Patent-Ansprüchen darin, den Hauptanspruch zunächst einmal so umfassend wie möglich zu formulieren, ihn aber mit einer Fülle von Unteransprüchen zu unterfüttern. Dann hat man genügend Rückzugsmöglichkeiten auf einige dieser Ansprüche, auf die man sich mit dem Prüfer einigen kann, falls dieser den Hauptanspruch nicht gelten lässt. Patentschriften haben eine ganz bestimmte Struktur und einen besonderen Formulierungsstil, der mit dem einer wissenschaftlichen Publikation absolut nichts gemein hat. Diese Vorgehensweise lässt sich am einfachsten dadurch erlernen, dass man sich von einem guten Patent-Anwalt einige von ihm als gut beurteilte Patentschriften nennen lässt. Den eigenen

Text entwirft man dann einfach derart, dass man diesen Vorlagentext Abschnitt für Abschnitt in die analoge Aussage des zu schreibenden Patentes *übersetzt*. Ich habe das Schreiben von Patenten auf genau diese Weise erlernt und zwar an Hand einer hervorragenden internen Broschüre der Bayer AG ([10]), die leider niemals veröffentlicht wurde. Für eine erste Orientierung schlage ich einen Blick in [11] vor. Bei der Abfassung des Patenttextes verwendet man vorzugsweise an den richtigen Stellen genau die bereits im deutschen Patentgesetz genannten Begriffe, damit der Prüfer zweifelsfrei weiß, wovon die Rede ist. Z.B. sollte der Hauptanspruch immer einen der o.a. Begriffe *Verfahren*, *Vorrichtung* etc. enthalten. Außerdem führe man jeweils explizit aus, in welchem Sinne die Erfindung *neu* ist, auf einer *erfinderischen Tätigkeit* beruht und *gewerblich anwendbar* ist.

Ich schließe diesen Abschnitt mit dem Hinweis auf einige typische Schwierigkeiten, die die Umsetzung von neuen Ideen in die gesellschaftliche Realität erschweren und oft auch unmöglich machen. Dabei sind im Wissenschaftsbetrieb durchaus ähnliche Mechanismen wirksam wie in der Welt der industriellen Produktion. Damit eine Idee Anerkennung und Anwendung findet, muss sie trivialerweise neu sein. Überraschenderweise darf sie aber auch nicht zu neu sein, nicht zu weit entfernt von den bisherigen eingetretenden Pfaden der Erkenntnis und der Vorgehensweise. Dann nämlich wird ihr nicht geglaubt, sie findet keine Fürsprecher und ihre Umsetzung verläuft im Sand. Denn ganz ohne institutionelle, finanzielle oder zumindest ideelle Unterstützung wird der Inhaber dieser Idee zum Außenseiter, zur Kuriosität, aber nicht zum erfolgreichen Wissenschaftler. Gelegentlich fehlen auch noch die technischen Hilfsmittel, um die Idee effektiv umzusetzen. Als Beispiel hierfür nenne ich die Erfindung des konfokalen Lichtmikroskops 1961 durch Marvin Lee Minsky (* 1927 in New York City/NY(USA); heute MIT Cambridge/Mass. (USA)), s. Abschnitt 11.11.4. Ohne eine ausreichend intensive Punktlichtquelle - der Laser war noch nicht erfunden - konnte er nur die prinzipielle Funktionsfähigkeit dieses Konzeptes demonstrieren, aber kein für eine reale Anwendung taugliches Gerät aufbauen.

Die Idee darf aber auch nicht zu spät kommen, selbst wenn sie dann immer noch neu ist. Denn die Umsetzung einer Idee zur **Ablösung** einer eingeführten und kommerziell erfolgreichen Technik ist extrem schwierig. Zum einen muss die neue Technik aus dem Stand heraus alle Qualitätsmerkmale erreichen und zumindest in Teilen sogar übertreffen, für deren Erreichen die eingeführte Technik oft Jahrzehnte Zeit hatte und auch benötigte. Und alles dies muss die neue Technik auch noch unter Herstellungskosten erfüllen, die nach Möglichkeit unter denen der bisherigen Technik liegen sollen. Ein typisches Beispiel für die Wirkung dieses Mechanismus ist das Schicksal des 1926 durch den Ingenieur Felix Wankel (* 1902 in Lahr; † 1988 in Lindau) erfundenen Wankel-Motors, also des Verbrennungsmotors, bei dem die bewegten mechanischen Teile keine Auf- und Ab-Bewegung ausführen sondern eine Rotation. Dieses ohne Zweifel wesentlich bessere Basiskonzept konnte sich kommerziell nicht durchsetzen, weil der Wankel-Motor trotz der von der Leitung der beteiligten Firmen zugebilligten mehr als 40 Jahren Entwicklungs- und Optimierungszeit (!) keine

entscheidenden Vorteile gegenüber den konventionellen Hubkolbenmotoren erreichen konnte. Dieses generelle Problem hat sich seitdem noch wesentlich verschärft. Denn bei der heute generell dominierenden Sichtweise in der Unternehmensführung wird keiner neuen Produktidee auch nur ein Bruchteil dieser 40 Jahre an Entwicklungs- und Optimierungszeit zugebilligt werden.

Schließlich muss jede Idee auch noch in der richtigen ihr wohlgesonnenen Umgebung artikuliert werden, sonst findet sie von vorn herein nicht genügend viele genügend einflussreiche Fürsprecher und kann sich gar nicht erst entfalten. Als Beispiel für diesen Mechanismus nenne ich einen persönlich beobachteten Vorgang in einem großen deutschen Chemie-Unternehmen. Mitte der 90-er Jahre berichtete ein junger Wissenschaftler auf einem internen Forschungskolloquium über seine Studie zum Konzept polymerer Datenspeicher extremer Speicherdichte der Größenordnung $\frac{1\text{-Bit}}{nm^2}$, nämlich dem Einschreiben und Lesen der Daten nach dem STM-Prinzip (s. Abschnitt 11.11.4). Sein Vortrag erlitt ein ähnliches Schicksal wie der Vortrag von Josephson 1962 auf der London-Konferenz, er wurde von den anwesenden Forschungs-Managern verrissen. Im Jahr 2002 berichteten nun Binnig et al. über Arbeiten, die das identische Konzept einsetzen und von IBM unterstützt werden ([9]). Inzwischen arbeiten mehrere Unternehmen an diesem Konzept, eine Markteinführung wird noch vor 2010 erwartet.

Trotz all dieser desillusionierenden Hinweise appelliere ich an meine Leser, sich nicht entmutigen zu lassen bei der Formulierung ihrer eigenen Ideen und fordere sie auf, diese hartnäckig zu verfolgen, auch und gerade **gegen** die vielschichtigen Widerstände aus ihrer Umgebung. Sie befinden sich dabei in bester Gesellschaft. Wir alle sollten jeden Einwand gegen unsere Arbeit und deren Ergebnisse Ernst nehmen und selbstkritisch bedenken. Selbstüberschätzung ist eine tödliche Gefährdung auch für jeden wissenschaftlich Arbeitenden. Einwände, die uns nicht überzeugen, sollten wir jedoch ertragen, bis zur nächsten Überprüfung zur Seite legen und während dessen mit unserer Arbeit fortfahren.

2.7.3 Die Arbeitsteilung von öffentlicher und industrieller Forschung (-)

Naturwissenschaftliche Forschung wird heute in den industrialisierten Nationen überwiegend in 3 organisatorisch unterschiedlichen Bereichen betrieben:

1. In den Forschungslabors der Universitäten und universitätsähnlichen Ausbildungs-Einrichtungen;
2. in den (überwiegend) öffentlich finanzierten Forschungszentren;
3. in den Forschungslabors der Industrie.

Die aktuelle Ausrichtung dieser innerhalb eines jeden Landes nebeneinander existierenden Forschungsaktivitäten ist primär ein Ergebnis der jeweiligen historischen Entwicklung. Andererseits ist unbestritten, dass die Innovationskraft eines