



intec.net
Netzwerk Internationale
Technologiekoooperation

LÄNDERINFORMATION TSCHECHIEN



Ein Service für kleine und mittlere Unternehmen
gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

**Neue Materialien
in der Tschechischen Republik**

Neue Materialien in der Tschechischen Republik

Gegenwärtiger Stand, Forschung und Entwicklung

August 2004

Jede Wirtschaft, die auf den Bereichen wie Hüttenwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik, elektronische Industrie und auf den damit verwandten Zweigen beruht, muss sich auch der Forschung und Anwendung neuer, moderner und innovativer Materialien widmen. Die Regierung der Tschechischen Republik hat im April 2003 ein Nationales Forschungsprogramm abgestimmt – ein strategisches Dokument zur weiteren Entwicklung von Forschung und Entwicklung. Dieses Dokument widmet sich auch der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der tschechischen Industrie und in diesem Zusammenhang auch den neuen Materialien.

In einer kurzen Übersicht werden die gegenwärtige Orientierung, Forschungsprioritäten und die Anwendung der Ergebnisse der Forschung auf diesem Gebiet in der Tschechischen Republik vorgestellt.

Diese Übersicht umfasst folgende Fachrichtungen:

1. Nanotechnologie und Nanomaterialien
2. Intelligente Materialien und Strukturen
3. Technische Polymere und ihre Komposite
4. Innovative Keramikmaterialien
5. Materialien für Humanmedizin
6. Materialien mit einem hohen Verhältnis Festigkeit/Dicke
7. Oberflächeningenieurwesen
8. Elektronische und photonische Materialien und Strukturen
9. Materialien für hohe Temperaturen und Drücke
10. Innovative Stähle und damit zusammenhängende Technologien
11. Anorganisches Glas und seine Technologien

1. Nanotechnologien und Nanomaterialien

Unter dem Begriff Nanotechnologien werden wissenschaftliche Fachrichtungen verstanden, die sich mit Materialien, Systemen, Prozessen und Effekten im Nanometer-Bereich beschäftigen. Eine intensive Forschung hat sich in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts entwickelt, als die Geräte erschienen, die die Beobachtung der Objekte in diesen Ausmaßen und auch die Manipulation mit den Objekten ermöglichen. In diesem Zeitraum wurde in den hoch entwickelten Ländern mit der Basisforschung auf dem Gebiet der Nanotechnologien und Nanomaterialien begonnen. Die Lösung von Problemen im Nanobereich sind interdisziplinär (sie betreffen Chemie, Physik, Biologie, Materialwissenschaften und mathematische Modellierung), deshalb werden neue Ausbildungsrichtungen für Fachkräfte eingeführt, d.h. ein interdisziplinäres Studium verfolgen. Neue Lehrpläne entstehen und auch neue Arbeitsplätze werden vor allem an den Universitäten und in den Forschungsinstituten geschaffen.

Gegenwärtige Orientierung

Die ersten 3 Förderzuwendungen für die Forschung der Nanotechnologien und Nanomaterialien haben im Jahre 1993 das Institut für Physik und das Institut für anorganische Chemie der

Akademie der Wissenschaften und die Technische Universität in Brünn bekommen. Im Jahre 2001 wurden bereits 14 Förderzuwendungen in der Basisforschung erteilt, und das Ministerium für Industrie und Handel hat die erste Förderbewilligung für die Erforschung der Nanokomposite Polymer-Lehm der Fatra Napajedla AG erteilt. Ein Forschungsvorhaben, das an der Technischen Universität in Brünn gelöst wird, ist auf Nanostrukturmaterialien und funktionelle Gradientmaterialien orientiert. Auf das Gebiet der Nanomaterialien sind in unterschiedlichem Maße mindestens 10 Institute der Akademie der Wissenschaften und 20 Einrichtungen an den Universitäten orientiert. Es werden Halbleiternanostrukturen, Heterostrukturmaterialien, Magnetismus in Nanostrukturen, die Erzeugung der dünnen Schichten, Boranverbindungen, Nanokompositen, Strukturen der Nanomaterialien, die durch starke plastische Deformation gewonnen werden, Plasmapolymere, superharte Nanoschichten, Herstellungstechnologien für Nanotonmaterialien usw. studiert. Die Forschung ist in viele kleinere Projekte ohne direkte Ausrichtung auf die praktische Anwendung zersplittert. Es gibt zwei Firmen - HVM Plazma Praha und SHM Novy Malin, die abriebfeste durch Plasma gebildeten Nanobeschichtungen von Kompositen anbieten.

Nanotechnologien und Nanomaterialien werden zurzeit außerordentlich gefördert. Man sollte in folgenden 20 Jahren in der Tschechischen Republik eine auf die praktische Anwendung orientierte Forschung entwickeln. Für die Durchführung solcher Forschung hat die Tschechische Republik die grundlegenden Voraussetzungen.

In Abstimmung mit dem vorbereiteten Neuen Rahmenprogramm der EU wurde die Orientierung auf folgende Prioritäten empfohlen:

- a) Langfristige Forschung der im Nanobereich laufenden Strukturen und Effekte
- b) Nanobiotechnologie
- c) Engineering zur Schaffung neuer Materialien im Nanobereich
- d) Entwicklung von Prüfungs- und Manipulationsanlagen und Geräten
- e) Anwendung in solchen Bereichen wie Gesundheitswesen, Chemie, Energie, Maschinenbau, Elektronik, Optik, Umweltschutz

Anwendung der Ergebnisse

Wie schon erwähnt, wenden mindestens 2 kleine Gesellschaften bereits Nanotechnologien in ihren Erzeugnissen an. Die eine fertigt für die Kunden Nanobeschichtungen von Kompositen, und die andere fertigt Polymerlehm-Nanokomposite. Kurzfristig ist es möglich, nanostrukturierte Schichten für verschiedene Zwecke zu nutzen und die Herstellung von Nanopulver für die Anwendung in der Optik, Kosmetik sowie bei der Herstellung von Farben und Lacken einzuführen. Mittelfristig können Kohlenstoff-Nanoröhren, Herstellung von magnetischen Materialien, Materialentwicklung für Brennelemente, Katalysatorentwicklung, Entwicklung eines Labors auf einem Chip, Zellenmarkierung usw. angewendet werden.

2. Intelligente Materialien

Intelligente Materialien (smart oder intelligent materials) sind Materialien, die eine natürliche Fähigkeit haben, aktiv auf äußeren Anlässe durch die Änderung ihrer Eigenschaften zu reagieren. Es handelt sich um:

Metalle (mit Formgedächtnis, supraleitend, magnetresistent usw.)

Polymere (leitend, halbleitend, mit Formgedächtnis, ferroelektrische, ferrokristallische, Ionengele)

Organische Materialien (organoelektrische, neue Kohleformen, lebende Zellen usw.)

Keramik, Glas (ferroelektrische, ferromagnetische, supraleitende, Elektrolyte, Wellenleiter)

Komposite (leitende, halbleitende, superkapazitiv) mit der Struktur von Fraktalen, Makromolekülen, Supramolekül- und Kolloidsystemen, Systemen der Surfactanten, Nanoröhren usw.

Gegenwärtige Orientierung

Eine systematische Forschung auf dem Gebiet der intelligenten Materialien wird nicht durchgeführt. Sporadisch beschäftigen sich mit ausgewählten Aspekten dieser Problematik einige Einrichtungen. An der Fakultät für Metallurgie und Materialengineering der Technischen Universität in Ostrava wird langfristig eine Forschung zu Legierungen mit Formgedächtnis für die Anwendung in der Medizin durchgeführt. An der Fakultät für Elektronik (die Abteilungen für Mikroelektronik und Mechanik) der Technischen Universität in Prag, an der technologischen Fakultät der T. Bata Universität und am Institut für Engineering der festen Stoffe werden intelligente Polymere untersucht und an der Fakultät für Mechatronik wird über piezoelektrische Resonatoren und intelligente Sensoren geforscht. Mit dem Studium der Eigenschaften der intelligenten Materialien beschäftigt sich auch das Physikalische Institut der Akademie der Wissenschaften. Über die Anwendungsforschung und die Anwendung in der Praxis sind leider keine Informationen verfügbar.

Intelligente Materialien und Strukturen sind eine gegenwärtig sich intensiv entwickelnde interdisziplinäre Richtung der Forschung und Entwicklung. Sie sind sehr perspektivreich für die Anwendung auf vielen Gebieten wie beispielsweise in der Elektromechanik, elektronischen Systemen, Medizin, Verkehr, Energetik, Verteidigungstechnik, Messtechnik, Bauwesen usw. Im Zusammenhang mit der Förderung dieser Richtung im neuen Rahmenprogramm der EU ist es nötig, gezielt orientierte Forschung zu entwickeln. Die Forschung auf den Prioritätsgebieten sollte in Konsortien unter Einbeziehung von Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros und potentieller Anwender durchgeführt werden. Mittelfristig werden folgende Prioritäten in der Erforschung der intelligenten Materialien vorgeschlagen.

- a) Forschung zu physikalisch-chemischen und biologischen Eigenschaften intelligenter Materialien
- b) Forschung und Anwendung von Materialien mit Formgedächtnis
- c) Forschung und Anwendung leitender Plaste
- d) Forschung und Entwicklung zu intelligenten Strukturen für die Nutzung im Bauwesen und im Maschinenbau
- e) Forschung und Entwicklung zu intelligenten Materialien und Strukturen in Sensoren

Anwendung der Ergebnisse

Die Anwendung der Lösungen in der Tschechischen Republik hängt vor allem von der Erhöhung der Innovationsaktivitäten bei der Entwicklung der High-Tech-Erzeugnisse ab. Dabei konnten auch die Pritoritätsprogramme des Nationalen Forschungsprogramms, die auf solche Erzeugnisse orientiert werden sollten, hilfreich sein. In der ersten Etappe könnten die

intelligenten Materialien und Strukturen in hoch beanspruchten Konstruktionen und bei der Herstellung verschiedener Sensoren appliziert werden.

3. Technische Polymere und ihre Komposite

Polymermaterialien und ihre Komposite gehören derzeit und auch langfristig zu den bedeutsamen technischen Materialien. Die bisherige geringe Nutzung kann man besonders durch die den Konstruktionsansprüchen nicht entsprechende Sortimentstruktur begründen.

Gegenwärtige Orientierung

In der Tschechischen Republik gibt es ein traditionell hoch qualifiziertes Forschungs- und Entwicklungspotenzial im Rahmen der Akademie der Wissenschaften, der Universitäten und auch der privaten Gesellschaften. Das hohe internationale Niveau der bestehenden Forschung, die Anzahl und die Ergebnisse der geförderten Projekte und der internationalen Kooperationen geben gute Voraussetzungen für das Erreichen effektiver Material- und Technologielösungen, die für die Tschechischen Republik gewinnbringend sind und auch im internationalen Rahmen nutzbar sind.

Die Basisforschung erfolgt insbesondere am Institut für Makromolekulare Chemie der Akademie der Wissenschaften, die Basis- und angewandte Forschung an Einrichtungen der Tschechischen Technischen Universität in Prag wie die Fakultät für Maschinenbau, Institut für Material-engineering, an der Technischen Universität in Brünn -Chemische Fakultät, -Institut für Material-chemie, an der T. Bata Universität in Zlin - Technologische Fakultät, an der Universität für Chemie und Technologie - Institut für Polymere, an der Technischen Universität in Liberec - Fakultät für Maschinenbau, Institut für Formung und Plaste, an der Universität Pardubice - Fakultät für Chemie und Technologie, Institut für Polymermaterialien, SVÚM (Staatliche Forschungsinstitut für Materialien Prag) u.a.

Aus den weltweiten Trends ergibt sich ein erhöhter Bedarf an neuen Arten von Materialien mit geringer Dichte und spezifischen Kombinationen der mechanischen, physikalischen, chemischen, biologischen Eigenschaften. Polymermaterialien haben große Bedeutung für moderne Erzeugnisse, ihre Anwendung hat auch einen positiven Einfluss in den Bereichen, die die Lebensqualität wie die Biomedizin oder Ökologie beeinflussen.

Die effektive Herstellung und rationelle Anwendung von Polymermaterialien und ihren Kompositen fördern die Bewältigung der theoretischen und technologischen Probleme, die man in folgenden Forschungsprioritäten zusammenfassen kann:

- a) Optimierung der Polymereigenschaften, der Polymermatritzen, Teilchen- und Faserfüllstoffe mit entsprechender Festigkeit und Oberflächeneigenschaften.
- b) Lösung der theoretischen und technologischen Probleme des Compoundierens (Polymer-Polymer, Polymer-Füllstoffe) und Verstärkung durch lange Fasern
- c) Schaffung der physikalisch-chemischen, physikalischen und ingenieurtechnische Lösungen bei der Verarbeitung von Polymeren und Kompositen in die entsprechende Form bei Minimierung von Defekten
- d) Entwicklung der konstruktiven Prinzipien, die auf durch Experiment festgelegten Materialcharakteristiken und theoretisch begründeten Modellberechnungen beruhen, die die Optimierung der Formlösungen, hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Erzeugnisse ermöglichen

- e) Erforschung der Eigenschaften von Recycling-Polymeren und die Verbesserung ihrer Eigenschaften
- f) Erforschung der Erzeugung von Strukturen und Eigenschaften von Polymermaterialien mit speziellen Eigenschaften (z.B. biokompatible Polymere, Materialien für tribologische Anwendung u.a.)
- g) Erforschung der Degradationsprozesse in Polymermaterialien einschließlich der Mechanismen der Initiierung und Ausdehnung von Rissen..

Anwendung der Ergebnisse

Die Anwendung der Ergebnisse ist ziemlich breit. Polymermaterialien greifen fast in alle Industriebranchen, in Medizin und Landwirtschaft ein. Die Ergebnisse der Lösungen tragen zu folgenden technisch-ökonomischen Effekten bei:

- Höhere Nutzung der heimischen Materialbasis, die auf die voraussehbar steigende Verarbeitung von Erdöl und Nutzung der heimischen Teilchen-Füllstoffe basiert.
- Verringerung des Arbeitsaufwandes durch Nutzung hochproduktiver Verarbeitungstechnologien mit einem hohen Grad der Automatisierung

Die aufgeführten Gesichtspunkte sind eine wichtige Motivation für die Materialhersteller, Materialverarbeiter und auch Anwender. Neue Materialien, Technologien und Know-how werden bisher überwiegend aus dem Ausland übernommen.

4. Innovative keramische Materialien

Innovative keramische Materialien haben Eigenschaften, die bei anderen Materialien schwer zu finden sind: Hohe Wärmebeständigkeit, chemische Beständigkeit, Festigkeit, Abrasionsfestigkeit, aber auch einzelne elektrische Eigenschaften (Supraleitfähigkeit, Hochtemperatur- und Superionenleitfähigkeit, Halbleitfähigkeit), piezoelektrische und dielektrische Eigenschaften, optische und magnetische Eigenschaften, chemische und katalytische Eigenschaften, biologische Kompatibilität.

Keramische Materialien finden in den letzten Jahren ihre Anwendung in allen Bereichen der Industrie, und ohne ihre Anwendung kommt keine fortgeschrittene Materialapplikation aus.

Aus der Sicht der Tschechischen Republik sind die Aktivitäten der EU in der Förderung der Forschungsprojekte der keramischen Materialien bedeutsam, die vor allem im 5. Rahmenprogramm und in den Programmen EUREKA und COST realisiert werden. Die Tschechische Republik ist Mitglied dieser Programme und tschechische Wissenschaftler nehmen aktiv an den Lösungen der europäischen Programme teil.

Gegenwärtige Orientierung

Die internationale Kooperation der tschechischen Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen und die Ergebnisse der Erforschung progressiver keramischer Materialien zeigen, dass unsere Forschungseinrichtungen fähig sind, in der Zusammenarbeit mit den ausländischen Partnern auf diesem Gebiet eine Forschung auf internationalem Niveau zu entwickeln. Die Anwendung in der Industrie ist vor allem auf die oxidkeramischen Materialien für Knochenbiokeramik (keramische Komponente des Hüft- und Kniegelenks und dentale Implantate), Maschinenbaukeramik (Form- und Schneidemaschinen) und technische Keramik (Laborkeramik, Zündkerze) begrenzt.

Wie man aus der weltweiten Entwicklung in den letzten 25 Jahren sehen kann, werden die modernen keramischen Materialien eine wichtige Rolle in anspruchsvollen Konstruktions-, energetischen, elektronischen, medizinischen und auch ökologischen Applikationen spielen. Deshalb sollte ein Ziel dieser Forschungsrichtung die Schaffung des Hinterlandes für den tschechischen Maschinenbau, die elektronische und chemische Industrie sein. Neue keramische Materialien sind eine neue Kategorie von Materialien, deren Erforschung für mindestens 10-jährigen Zeitraum geplant werden sollte.

Auf Grund gegenwärtiger Tendenzen werden folgende mittelfristigen Prioritäten empfohlen:

- a) elektrokeramische Materialien für die Informations- und Telekommunikationstechnologie
- b) Oxid- und Nichtoxid-Kompositkonstruktionsmaterialien
- c) Elektrochemische aktive keramische Materialien für energetische und chemische Applikationen
- d) Biokeramische Materialien und ihre Anwendung
- e) Keramische Beschichtungen für die Anwendung in Optik, Wärmetechnik, Konstruktion und Ökologie

Anwendung der Ergebnisse

Die Erforschung einiger innovativer keramischer Materialien läuft in der Tschechischen Republik bereits mehr als 10 Jahre. Die Ergebnisse der Forschung wurden in einigen Unternehmen (z.B. Saint Gobain Advanced Ceramics – Turnov, Brisk – Tabot) angewendet, die sich auch auf den ausländischen Märkten durchgesetzt haben. Der Einsatz dieser Materialien in der Tschechischen Republik steigt, vor allem in den ausländischen Gesellschaften, die in der Tschechischen Republik tätig sind. Der Bedarf wird häufig durch Import gedeckt. Man kann voraussetzen, dass der Verbrauch auch in den nächsten Jahren steigen wird und von den inländischen Firmen gedeckt wird. Innovative keramische Materialien sind heute wegen ihres technologischen Aufwandes nicht das Objekt des Interesses der tschechischen Firmen. Diese Situation könnte sich mit dem Zugang der ausländischen Investoren und Firmen, die die Forschungskapazitäten der tschechischen Forschungs- und wissenschaftlichen Einrichtungen nutzen werden, ändern.

5. Materialien für die Humanmedizin

In letzten Jahren wächst die Zusammenarbeit zwischen den Materialspezialisten, Biologen, Biotechnologen und Ärzten. Das Ergebnis ist eine steigende Bedeutung des multidisziplinären Gebiets der Materialien für medizinische Anwendung. Der Bereich der Biomaterialien und biokompatible Materialien hat sich vor allem hoch entwickelt.

Gegenwärtige Orientierung

Gegenwärtig wird an einigen tschechischen Forschungseinrichtungen sowohl Grundlagen- als auch angewandte Forschung der Biomaterialien durchgeführt. Einige Beispiele:

- Technische Universität in Prag, Projekt: Biomechanische Analyse der lokalen Wirkungen des Systems von Beckenendprothesen
- Karlsuniversität, Projekt: Modellierung der Interaktionen von Biomaterialien

- Institut für Makromolekularchemie der Akademie der Wissenschaften, Projekt: Hydrogelhaftgläser
- Technische Universität - Fakultät für Maschinenbau, Projekt: Spezifische biomechanische Probleme von Hüftendoprothesen und ihre Lösungen durch Modellierung
- ZVI, a.s., Projekt: Entwicklung von mechanischen Prothesen der Herzklappen und ihre Testung
- Norton Dias, s.r.o.(jetzt Saint-Gobain Advanced ceramics, s.r.o.), in der Zusammenarbeit mit Walter, a.s., Prag, Kunstimplantate des menschlichen Knochensystems aus biointernen und bioaktiven Materialien der neuen Generation
- ING Corporation, spol. s r.o., Frydlant/Ostrava, Projekt: Erforschung der Kohlekomponenten-Anwendung bei der Entwicklung von Teile für Schenkelendoprothesen

Mit der Erforschung von Biomaterialien beschäftigen sich auch andere Einrichtungen: Technische Universität – Fakultät für Maschinenbauingenieurwesen, Institut für Materialingenieurwesen,

Universität für Chemie und Technologie – Institut für Metallmaterialien und Korrosionsengineering (Korrosion der Materialien im menschlichen Organismus), Technische Universität - Fakultät für Maschinenbau - Institut für Materialien (Biokeramik).

Die Forschung wird nicht koordiniert.

Biomaterialien beziehungsweise Erzeugnisse daraus stellen in der Tschechischen Republik beispielsweise folgende Gesellschaften her: LASAK, spol. s r.o., Rubena, s.r.o., Saint-Gobain Advanced Ceramics s.r.o., Walter a.s., Beznoska s.r.o., MEDIN s.r.o.

Diese Forschung hat eine gut aufgebaute Forschungs- und Durchführungsbasis. In dieser Hinsicht wird vor allem die Orientierung auf folgende Prioritäten empfohlen:

- Entwicklung von Gelenk- und Knochenersatz der neuer Generation
- Forschung zur Kompatibilität des Systems Gewebe-Implantat
- Forschung zur Biomechanik des Bewegungsapparats
- Erforschung von Gewebeersatzstoffen und Organstrukturen (Gewebeengineering)
- Forschung und Entwicklung von Medikamententrägern (Targeting)
- Erforschung von Materialien und Systemen für implantierte Anlagen (z.B.: Kardiostimulatoren neuer Generation, Insulinpumpen u.a.)

Anwendung der Ergebnisse

Die Forschungsrichtung „Materialien für biomedizinische Anwendung“ ist auf die Realisierung der Forschungsergebnisse vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen orientiert. Zurzeit setzen sich einige Gesellschaften auf dem Markt der Biomaterialien durch. Für die Testung der Ergebnisse in der Praxis gibt es in der Tschechischen Republik gute Bedingungen.

6. Materialien mit einem hohen Verhältnis Festigkeit - Dichte

Diese Fachrichtung ist auf die Forschung und Entwicklung der Materialien orientiert, deren Nutzung geringes Gewicht der Teile bei der Erhaltung der bestehenden Festigkeit und Steifheit oder höhere Festigkeitseigenschaften bei geringer Deformation der Teile bei gleichem Gewicht sichert.

Die Ansprüche an diese Materialien steigen, vor allem im Verkehr (Automobile, Flugzeuge, Schiffe), Maschinenbau (Verringerung der Trägheit), Militär (leichtere und auch festere Montur), Bauwesen u.a. Leichtere und festere Materialien sparen Energie, erhöhen die Lebensdauer der Lager und anderer Maschinenkomponenten und erhöhen die technischen Parameter vor allem von Verkehrsmitteln.

Gegenwärtige Orientierung

Die Forschung ist aktiv auf dem Gebiet der Aluminiumlegierungen. In anderen Bereichen wird die Forschung in kleinerem Umfang durchgeführt.

Aluminium: Tschechische Technische Universität in Prag, Forschungsinstitut für Metalle Panenske Brezany, Technische Universität in Liberec, Universität für Chemie und Technologie, Technische Universität in Brünn, Westtschechische Universität - Fakultät für Maschinenbau

Magnesium: Technische Universität - Fakultät für Maschinenbauingenieurwesen, Universität für Chemie und Technologie, Karlsuniversität - Mathematisch-physikalische Fakultät

Liegierungen: TiAl – Physikalisches Institut der Akademie der Wissenschaften, Ni₃Al – Technische Fakultät der Universität in Ostrava, Fe₃Al – Technische Universität in Liberec, Fakultät für Maschinenbau, Mathematisch-Physikalische Fakultät der Karlsuniversität, SVÚM (Staatliches Forschungsinstitut für Metalle, Prag), Institut für Struktur und Mechanik der Erdstoffe. Obwohl die tschechische Forschung in diesem Gebiet eingeschränkte Kapazitäten und Mangel an halbautomatischen Anlagen hat, ist es nötig, sie zu fördern und durch das Nationale Forschungsprogramm eine größere Konzentration auf die Forschung zu schaffen. Hinsichtlich des zukünftigen Bedarfs kann man auf folgende Prioritäten orientieren:

- a) Legierungen Al mit größerem Verhältnis Festigkeit-Dichte
- b) Legierungen Mg mit größerem Verhältnis Festigkeit-Dichte
- c) Komposite mit Metallmatritzen durch Partikel oder Fasern gefestigt
- d) Komposite Kohle-Kohlefaser
- e) Fasern für die Befestigung der Komposite
- f) Intermetallverbindungen für hohe Betriebsbeanspruchung und schwierige Umgebung

Anwendung der Ergebnisse

Unter den Bedingungen einer auf den Bedarf der Unternehmen orientierten Forschung kann man die Ergebnisse in der tschechischen und ausländischen Automobil- und wahrscheinlich auch Flugzeugindustrie im Verkehrsmaschinenbau, bei der Fahrradherstellung und Herstellung anderer Verkehrsmittel oder Sportgeräte anwenden. Nach den verfügbaren Informationen werden nun die Legierungen von Al und Mg hergestellt, Die Herstellung der Intermetalllegierungen wurde bisher nur versuchsmäßig realisiert.

Al: Hutni zavody Bridlicna (Metallurgische betriebe Bridlicna), Kovohute Mnisek pod Brdy, Alusuisse Decin und einige Gießereien

Mg: CKD Motory

Intermetalllegierungen: VUK (Forschungsinstitut für Metall), Kovohute Hradek, CZ Strakonice, Kdynium Kdyne

7. Oberflächenengineering

Oberflächenengineering (Surface Engineering) ist eine Wissenschaft, die sich mit dem Studium der Eigenschaften und mit der Erhöhung des Nutzungswertes der Oberfläche des Produkts beschäftigt. Es handelt sich vor allem um:

- Beeinflussung der Nutzungseigenschaften der Oberflächenschichten
- Schaffung einer Beschichtung mit dekorativer und Barrierefunktion auf der Trägerschicht

Gegenwärtige Orientierung

Die Forschung in diesem Bereich wird in einigen Einrichtungen in der Tschechischen Republik, in Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften und sogar in einigen Spitzenfirmen, die sich mit der kommerziellen Nutzung dünner Schichten beschäftigen, durchgeführt.

Das Oberflächenengineering ist eine sich derzeit intensiv entwickelnde interdisziplinäre Richtung der Forschung und Entwicklung. Sie ist sehr perspektivreich für die Nutzung in vielen Bereichen wie elektromechanische und elektronische Systeme, Verkehr, Medizin, Bauwesen, Energie, Militärtechnik, Mess- und Steuertechnik. Im Zusammenhang mit dem neuen Rahmenprogramm der EU ist es nötig, die zielorientierte Forschung in der Tschechischen Republik zu entwickeln. Die Forschung in den Prioritätsgebieten sollte vor allem in Konsortien unter Einbeziehung von Forschungseinrichtungen, Projekt- und Ingenieurbüros und möglicher Anwender durchgeführt werden.

Unter Berücksichtigung des derzeitigen Niveaus der Forschung und Entwicklung werden mittelfristig folgende Prioritäten geplant:

- a) Forschung der elementaren physikalisch-chemischen und biologischen Eigenschaften dünner Schichten
- b) Forschung und Anwendung von Gradientenmultischichten
- c) Forschung und Entwicklung der Nanoschichten
- d) Forschung und Entwicklung von Schichten für die Nutzung im Maschinenbau und in der Elektrotechnik
- e) Forschung und Entwicklung von Beschichtungen für die Medizin

Anwendung der Ergebnisse

Die Anwendung der Ergebnisse wird nach den Anforderungen der Hersteller realisiert. Schnitt- und Formwerkzeuge mit erhöhter Lebensdauer werden schon im Maschinenbau genutzt. Dünne Schichten werden auch in der Mikroelektronik bei der Herstellung der Halbleiter, Messgeber und Sensoren appliziert. Plasmaaufspritzungen werden als chemisch beständige Schichten genutzt. Einige Typen der Bezüge a-C, DLC, ZrN usw. werden als bioinerte Barriere auf Implantate und auf chirurgische und dentale Werkzeuge aufgebracht.

8. Materialien für hohe Temperaturen und Drücke

Materialien für hohe Temperaturen und Drücke sind vor allem für Komponenten der energetischen und chemischen Anlagen bestimmt. Ihre Nutzung kann man auch in anderen Bereichen finden, z.B. Komponenten für den hoch entwickelten Verkehr und spezielle Technik.

Gegenwärtige Orientierung

Die Forschung und Entwicklung der „klassischen Materialien“, vor allem von feuerfestem Stahl, hat in der Tschechischen Republik eine langjährige Tradition. Auch trotz gegenwärtiger Einschränkung der Forschungsbasis stehen viele Einrichtungen der Grundlagen- und angewandten Forschung zur Verfügung, die fähig sind, eine Forschung auf dem gleichen Niveau mit dem Ausland machen zu können. Die Erforschung von Supraliegerungen wird vor allem in einer engen Zusammenarbeit mit dem Ausland im Rahmen internationaler Projekte (Institut für physikale Materialien der Akademie der Wissenschaften – UFM AV Praha, SVÚM Praha) oder im Rahmen der Programme des Ministeriums für Industrie und Handel durchgeführt (Skoda- UJP Prag, PBS V. Bites, ÚFM Prag). Die Tschechische Republik war und ist ein Exporteur von hochwertigen chemischen und Energieanlagen. Diese Industrieprodukte sollten sich in den Herstellungsprogrammen der großen und mittleren Unternehmen auch weiter behaupten. Die durch die Erforschung der Materialien für hohe Temperaturen und Drücke gesammelten Kenntnisse kann man auch in der Anwendungssphäre bei der rationellen und sicheren Exploitation von Hochtemperatur-Anlagen nutzen. Im Mittelpunkt des Interesses steht die Entwicklung von Gasturbinen, deren kritische Teile durch Ni-Supraliegerungen bestückt werden, und der Bedarf an kleinen Gasturbinen für Industrieprodukte in Kogenerationssystemen. In der Tschechischen Republik werden diese Trends boykottiert. Eine außerordentliche Aufmerksamkeit sollte der Erforschung von neuen feuerfesten Materialien auch mit Rücksicht auf den Mangel an Kenntnissen über ihre Erzeugung, Verarbeitung und Nutzungswerte gewidmet werden. Die Forschung dieser Materialien kann auch der Vorbereitung innovativer Technologien in mittelständischen Unternehmen dienen. Folgende Forschungsprioritäten werden vorgeschlagen:

- a) Forschung und Entwicklung von modifiziertem Ferrit-, Guss- und geformtem feuerfesten Stahl
- b) Forschung und Entwicklung hochlegierter feuerfester Liegerungen, einschließlich der nicht traditionellen Technologien zur Herstellung von Komponenten aus diesen Materialien
- c) Forschung und Entwicklung von Kompositmaterialien für hohe Temperaturen und Entwicklung der Technologien zu ihrer Herstellung
- d) Forschung und Entwicklung von intermetallischen Liegerungen und Technologieentwicklung ihrer Herstellung

Anwendung der Ergebnisse

Wie schon erwähnt, stellt eine Reihe von Unternehmen in der Tschechischen Republik Komponenten für chemische und energetische Einrichtungen aus klassischen Materialien her. Die Erweiterung der Applikation von innovativen Kompositmaterialien kann man vor allem im Bereich der Herstellung von Gasturbinen erwarten. In der Tschechischen Republik fertigen oder montieren einige Firmen Gasturbinen (PBS Velka Bites, Aero Vodochody, Alstom Brno, Walter Praha u.a.) Die Kompositmaterialien haben bisher keinen Hersteller in der Tschechischen Republik gefunden, aber die breite Variabilität und allgemeine Einsetzbarkeit der aus Kompositen hergestellten Teile ist die Gelegenheit für apriorische Anwendung der Forschung. Auf dem Gebiet der intermetallischen Liegerungen wurden bisher nur bestimmte Halbzeuge nach den erworbenen Kenntnissen hergestellt (Forschungsinstitut für Metalle Panenske Brezany, Kovohute s.r.o., kovohute Hradek u Rokycan – Ferra a.s., CZ Strakonice, Slevarny Kdynium). Die Herstellung dieser Materialien wird für die technischen Bedingungen anspruchsvoll sein, trotzdem könnten hier die KMU eine Chance haben sich durchzusetzen.

9. Elektronische und photonische Materialien und Strukturen

Elektronische und photonische Materialien und Strukturen beinhalten Leiter, Halbleiter, Supraleiter, Dielektrika, Isolanten, magnetische Materialien, Faser-, planare und komplizierte optische Wellenleiter, verschiedene elektro- und photoaktive Materialien, photosensible Materialien und Konstruktionsmaterialien mit der Anwendung in der Elektronik und Photonik.

Gegenwärtige Orientierung

Elektronische und photoelektronische Materialien finden ihre Anwendung besonders in der Computer-, Radio-, Fernseh-, Fernmelde-, Verteidigungs-, Kybernetik-, Mess-, Steuer-, Verkehrs-, Gesundheits- und Verbrauchselektronik und in der Starkstromenergie. In diesen Bereichen ist in den letzten Jahren der Anteil von Auslandskapital gestiegen. Diese Bereiche sind charakteristisch durch ihre hohen Ansprüche an Forschung und Entwicklung, die die supranationalen Gesellschaften bisher außerhalb der Tschechischen Republik organisiert haben. In den Jahren 1991-1993 wurde im Bereich der Elektronik ein Rückgang um 50% verzeichnet. Seit dem Jahre 1994 gibt es einen andauernden Anstieg des Verkaufs dieser Erzeugnisse. Man kann erwarten, dass diese Entwicklung auch die Entwicklung der betreffenden Forschung und Entwicklung begleiten wird. Das kann z.B. die folgenden Firmen betreffen:

- Polovodice a.s., die sich mit der Verarbeitung von Halbleitern für die Elektronik beschäftigt,
- TEROSIL in Roznov pod Radhostem, die Silizium-Monokristallplatten bis zu 10 Zoll herstellt
- SGAC Turnov, die sich der Forschung des Amorphsiliziums, der Legierungsleiter und der Monokristalle für Photonik widmet
- Institut für Radioelektronik der Akademie der Wissenschaften widmet sich der flüssigen Epitaxion der Legierungshalbleiter
- TESLA Blatna beschäftigt sich mit Resistoren, elektronischen Teilen
- TESLA Sezam Roznov pod Radhostem
- TEROSIL der Hersteller von Monokristallsilizium, auf TEROSIL ist die SOLARTEC angebunden, die die Solaranlagen herstellt
- AVX Czech Republic beschäftigt sich mit elektronischen Komponenten – Tantalchipkapazitoren
- Elektronische Kompositen Ostrava s.r.o. – Potenziometer, Resistoren, PET, PP und andere Kapazitoren
- TCT Roznov pod Radhostem a.s. fertigt die Vakuumtechnik und Farbbildröhren
- TESLA ECIMEX führt Material für die Elektronik ein
- TESLA Karlín fertigt Telekommunikationsanlagen
- TESLA Lanskroun a.s. fertigt passive elektronische Komponenten,

Der Grundlagen- und der angewandten Forschung der Materialien für die Elektronik widmet sich eine Reihe von Forschungsteams an den tschechischen Universitäten. Außer den Forschern an elektrotechnischen Fakultäten widmen sich der Forschung auch die Fakultät für Mathematik und Physik der Karlsuniversität (Institut für Physik – Prof. Hoeschl: Halbleiter, Optoelektronik, Magnetoptik, Institut für elektronische Strukturen – Dr. Kuzek, Institut für Elektronik und Vakuumphysik), die naturwissenschaftliche Fakultät der Masaryk Universität in Brünn (Institut für physikalische Elektronik – Prof. Janca: Nanoröhren, Institut für Physik der Kondensstoffe – Prof. Humlicek: ferroelektrische Schichten, Hochtemperatursupraleiter,

polymerphotonische Materialien) und chemisch und materialorientierte Fakultäten und Einrichtungen.

Das Physikalische Institut der Akademie der Wissenschaften widmet sich der Supraleitfähigkeit der Herstellungstechnologien der Monokristalle und dünner Schichten, der photonischen Materialien, Transports- und Optikeigenschaften der Halbleiter, der Supra- und Halbleiter. Das Institut für Radiotechnik und Elektronik widmet sich der Forschung auf dem Gebiet der Radioelektronik und Photonik, vor allem der Halbleiter der II-V Gruppe. Das Institut für makromolekulare Chemie widmet sich der molekularen Elektronik und den Elektroneffekten in den Polymeren (Prof. Nespurek).

Mit der Forschung und Entwicklung der photonischen Materialien befasst sich die Elektrotechnische Fakultät der Tschechischen Technischen Universität, Institut für Mikroelektronik. Das Institut für anorganische Chemie der Akademie der Wissenschaften und die Universität Pardubice werden auch in dieser Forschung aus den Programmen der Europäischen Kommission gefördert. Das multikomponente Glas, das entwickelt wird, ist ein perspektivreiches Material für die Herstellung der mit Erbium-dotierten Fasern und CO Laser mit der geplanten Nutzung in der medizinischen Praxis, beim Umweltmonitoring und bei der Fernbedienung in der Industrie. Sie sind perspektivreich für den Export der optoelektronischen Fasern und Lasern.

In der Tschechischen Republik gibt es eine Tradition in der Herstellung der Elektroden-Materialien (Biochemie Bohumin). Die Lithiumionen-Batterien sind sehr perspektivreich für die Akkumulatoren kleiner Leistung. Die Modifikation der dünnen Schichten der Batterien mit einem festen Elektrolyt, die direkt auf die integrierten Kreise appliziert werden, sind eine zuverlässige und ökonomische Stromquelle für diese Elemente und sind auch zukunftssträchtig für die Applikation in einem breiteren Spektrum der Erzeugnisse (z.B. Smart Cards).

Elektronische und photonische Materialien sind eine Basis für die wichtigsten Industriebereiche in der industriellen Geschichte. Die Tschechische Republik verfügt über ein starkes wissenschaftliches Potenzial und über eine sich dynamisch entwickelnde elektronische Industrie. Man kann einen baldigen Bedarf an angewandter Forschung für diese Industrie erwarten, die ihr Hinterland in der Forschung an den Universitäten und an der Akademie der Wissenschaften haben soll und muss.

Folgende Prioritäten werden empfohlen:

- a) Nanotechnologien und Nanokomposite für die Elektronik und Photonik
- b) Funktionelle Strukturen auf Kohlebasis
- c) Molekulare Elektronik und Photonik
- d) Supramolekulare Architektur für Elektronik und Photonik
- e) Elektroaktivpolymere
- f) Biomimetische Materialien in der Elektronik
- g) Mikro- und nanoelektromechanische Systeme

Anwendung der Ergebnisse

In einer Umgebung mit ständig wachsender elektronischer Industrie der Tschechischen Republik haben die Ergebnisse der Materialforschung im Bereich der elektronischen Materialien eine große Aussicht auf gute Anwendung. Die Voraussetzung ist die Forschung in den angeführten Richtungen unter Beachtung der Neuheit und der notwendigen Beziehungen zu

Chemie, Physik, physikalischere Chemie, Biologie und anderen Bereichen der Materialwissenschaften zu entwickeln.

10. Innovativer Stahl und damit zusammenhängende Technologien

Stahl ist nach dem Beton das meist benutzte Material. Im Jahre 2000 wurden in der Welt 752 Mio. Tonnen dieses Materials verbraucht. In der Tschechischen Republik wurden 6,2 Mio. Tonne von Rohstahl hergestellt. Ein Teil wurde auf dem heimischen Markt verbraucht, ein Teil wurde ausgeführt. Trotzdem ist der Anteil des importierten Stahls am tschechischen Verbrauch um 55% gestiegen. Die Eisenmetallurgie ist für die Tschechische Republik ein bedeutsamer Bereich. In den letzten Jahren gab es in der Eisenmetallurgie große Investitionen. Am wichtigsten waren: Aufbau der Einrichtung für fließendes Gießen von Stahl in Trinecke zelazarny a.s., Aufbau des Minihüttenwerkes in Nova Hut a.s., Rekonstruktion der Verbindungsdrahtstrecke in Trinecke zelazarny a.s., in Nova Hut a.s. und in Vitkovice a.s. Die erforderlichen Forschungsarbeiten sind durch das Forschungspersonal der einzelnen Unternehmen und von den Fachleuten aus der Technischen Universität in Ostrava gesichert.

Gegenwärtige Orientierung

Das tschechische Eisenhüttenwesen durchläuft schon zehn Jahre durch eine Umstrukturierung. Mit Ausnahme zweier großer Gesellschaften wurde der Bereich schon privatisiert. Die Belebung der Wirtschaft hat positiv auch den Verbrauch der Strahlerzeugnisse beeinflusst. Das ist auch durch die Erholung des Bauwesens und der Industrie verursacht. Die Lage im Stahlwesen verbessert sich. Die Regierung plant eine Investition im Hüttenwesen in Höhe von 800 Mio. CZK. Es wurde auch ein Forschungskonsorzium aus 3 Forschungseinrichtungen in Vitkovice a.s, Nova Hut a.s., Trinecke zelazarny a.s. und Z-Group, a.s. unter der Leitung der technischen Universität in Ostrava gebildet.

Im Juni 2001 hat das Ministerium für Industrie und Handel ein Forschungsprogramm „Stahl“, das auf die Förderung der Forschung neuer Technologien orientiert ist, angekündigt. Die Förderagentur der Tschechischen Republik fördert auch die Forschung in Hüttenwesen und Materialengineering.

Im Rahmen des Programms des Ministeriums für Handel und Industrie wurden folgende Projekte mit Stahlproblematik gestartet:

Forschung und Entwicklung neuer Technologien im Bereich der Liquidphase der Stahlindustrie, Trinecke zelazarny a.s.

Forschung und Entwicklung neuer Technologien für Stahlerzeugnisse, Nova Hut a.s.

Herstellungstechnologie und Verarbeitung innovativer Qualitäten von Werkzeugstahl, K.M.Trade, s.r.o.

Forschung und Entwicklung von metallurgischen Technologien, SKODA Kovarny Plzen, s.r.o.

Forschung und Entwicklung von hochfestem und hochlegiertem Stahl für moderne Konstruktionen, VSB-TU Ostava

Der Bedarf an zielgerichteter Grundlagen- und angewandter Stahlforschung und Technologieentwicklung beruht vor allem auf der Notwendigkeit, im Wettbewerb mit den

ausländischen Herstellern vor allem aus der Slowakei (gute Flachprodukte) und aus den Ländern Osteuropas (geringe Preise) zu bestehen.

Die Prioritäten der Forschung und Entwicklung in diesem Bereich sind:

- a) Forschung zu metallurgischen Verbundtechnologien
- b) Forschung zur Bearbeitung des metallurgischen Abfalls
- c) Erhöhung der Nutzungseigenschaften der Stahlerzeugnisse
- d) Modellierung und Steuerung der metallurgischen Prozesse

Anwendung der Ergebnisse

Die Forschungstätigkeit sollte in Forschungskonsorzen realisiert werden. Die Forschungsergebnisse werden dann in allen Eisenhüttenwerken anwendbar sein.

11. Anorganisches Glas und seine Technologien

Die Glasherstellung und Glaserzeugnisse gehören zu den tschechischen traditionellen Branchen. Auch die Glasindustrie ist das Objekt der Innovationen geworden. Das Nationale Forschungsprogramm ist auf die Entwicklung innovativer Technologien des Glasschmelzens, der Bearbeitung der Glasoberfläche, der Vorbereitung der Glasschichten und Nutzung der Vitrifikation für die Abfallbeseitigung orientiert.

Gegenwärtige Orientierung

In den vergangenen Jahren hat sich in der Tschechischen Republik die Basis der Glasindustrie reduziert. Das Institut für Glas- und keramische Materialien, das Staatliche Institut für Glas und das Forschungsinstitut für elektrotechnische Keramik existieren nicht mehr. Die Forschung wird an den Universitäten vor allem an der Universität für Chemie und Technologie im Institut für Keramik und Glas realisiert. In die Forschung der modernen Nutzung von Glas ist auch das Institut für anorganische Chemie der Akademie der Wissenschaften eingebunden.

Beispiele für Projekte:

Optimierung der Schmelzprozesse und der Eigenschaften von anorganischem Glas

Optisches Glas und Fasern für photonische Applikationen

Die Innovationsforschung wird in einigen Entwicklungsabteilungen der größeren Unternehmen durchgeführt (Sklarny Bohemia, a.s. Podebrady – Projekt: Herstellung von Nutzglas aus Bleikristall, Glaverbel Czech a.s., Avirunion Dubi Teplice, Crystalex a.s., u.a.)

Technologische Forschung kann man in VUSU (Forschungsinstitut für Glas AG) finden.

Das Glasinstitut in Hradec Kralove bietet eine eingeschränkte Kapazität der Forschung und Beratung auf dem Gebiet der Vitrifikation von Abfall, Optimierung der Schmelzprozesse und eine kleine Herstellung von speziellem Glas, von Pulverglas, Glaslötmaterial, von optischen Filtern und Röntgen-Absorptionglas.

Glass Service, a. s. orientiert sich auf die Forschung der mit der Glasherstellung verbundenen Probleme.

Die Glas- und Bijouterieindustrie braucht Innovationen sowohl in der Herstellung als auch in der Verarbeitung von Glas. Deshalb ist es nötig, die Forschung der Schmelztechnologien

durchzuführen und die ökologischen Bedingungen der Herstellung zu verbessern. Gleichzeitig ist es nötig, auch die Herstellung mit einem höheren Nutzwert (d.h. spezielles Glas) zu erhöhen. Die Chance der KMU ist die Nutzung der Forschung von progressivem Glas für Optik, Optoelektronik, Sensoren, Schaffung spezieller Schichten usw.

Folgende Forschungsprioritäten werden empfohlen:

- a) Intensivierung der Glasherstellung bei gleichzeitiger Verbesserung der Umweltbedingungen
- b) Forschung zur Vitrifikation des gefährlichen Abfalls
- c) Forschung zur Erhöhung der chemischen Beständigkeit und der mechanischen Eigenschaften von Nutzungs- und technischem Glas
- d) Forschung zur Oberflächenbearbeitung von Glas und Schaffung spezieller Glassichten auf Metall-, keramischen und anderen Substraten mit der Anwendung in der Medizin, Elektronik und Optoelektronik
- e) Forschung über intelligentes Glas
- f) Forschung zu Herstellungstechnologien und Materialeigenschaften von Glasfasern

Anwendung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Forschungsprioritäten a), c) und f) werden in der tschechischen Glasindustrie fortlaufend genutzt werden. Die Ergebnisse der Prioritäten b), d) und f) kann man mittelfristig applizieren, und das besonders in KMU.

Einrichtungen, die sich in der Tschechischen Republik mit der Forschung der Materialien beschäftigen:

Tschechische technische Universität in Prag (CVUT) <http://www.cvut.cz>

Fakultät für Bauwesen: Institute für Physik, Baumaterialien, Baumechanik, Betonkonstruktionen und Brücken, Stahlkonstruktionen, Straßenbau, Hochbau

Fakultät für Maschinenbau: Institut für Physik, Mechanik, Materialengineering, Maschinenbautechnologie,

Elektrotechnische Fakultät: Institut für Materialien und Mechanik, Elektrotechnologie

Fakultät für Kernkraftphysik: Institut für Ingenieurwesen der festen Stoffe, Materialien

Verkehrsfakultät: Institut für Verkehrstechnik, Mechanik und Materialien

Technische Universität in Brünn (VUT) <http://vutbr.cz>

Fakultät für Bauwesen, Fakultät für Maschinenbauengineering, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Chemische Fakultät, Technologische Fakultät in Zlin

VSB – Technische Universität in Ostrava <http://www.vsb.cz>

Fakultät für Metallurgie und Materialengineering, Maschinenbaufakultät, Fakultät für Bauwesen

Universität für Chemie und Technologie in Prag (VSHT) <http://www.vscht.cz>

Fakultät für chemische Technologie: Institut für anorganische Chemie, für anorganische Technologie, für Metallmaterialien und Korrosionsengineering, Institut für Glas und Keramik, Polymers, Ingenieurwesen der festen Stoffe, Labor für anorganische Materialien

Technische Universität in Liberec <http://www.vslib.cz>

Fakultät für Maschinenbau, Fakultät für Textil, Fakultät für Mechatronik und Ingenieurwesen

Westtschechische Universität in Pilsen <http://www.zcu.cz>

Fakultät der applizierten Wissenschaften, Elektrotechnische Fakultät, Fakultät für Maschinenbau

Universität in Pardubice <http://www.upce.cz>

Verkehrsfakultät, Fakultät für Chemie und Technologie

Karlsuniversität in Prag <http://www.cuni.cz>

Mathematisch-physikalische Fakultät

Masaryk Universität in Brünn <http://www.muni.cz>

Naturwissenschaftliche Fakultät

Militärsakademie in Brünn www.vabo.cz

Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik <http://www.cas.cz>

Physikalisches Institut der AV CR <http://www.fzu.cz>

Institut für Physik der Materialien <http://www.ipm.cz>

Institut für Plasmaphysik AV CR <http://www.ipp.cas.cz/tokamak>

Institut für Thermomechanik <http://www.cas.cz/czpdf/UT.PDF>

Institut für Struktur und Mechanik der Erdstoffe <http://www.irsm.cas.cz>

Institut für Makromolekulare Chemie <http://www.cas.cz/pdf/UMCH.PDF>

Institut für anorganische Chemie <http://www.iic.cas.cz>

Institut für theoretische und applizierte Mechanik <http://www.itam.cas.cz>

SKODA VYZKUM, Plzen, s.r.o. <http://www.skoda.cz/vyz>

SKODA-UJP, Prag, a.s. <http://www.skoda-ujp.cz>

SVUM a.s. Praha <http://www.svum.cz>

VUK Panenske Brezany <http://www.volny.cz/itcvukas>

VUHZ, a.s. Dobruška <http://www.vuhz.cz>

Forschungs- und Prüfungsliegerinstitut, a.s., Praha <http://www.vzlu.cz>

Forschungsinstitut für Kernkraft, a.s., Rez <http://www.nri.cz>

Militär- und verteidigungstechnisches Institut, Brno <http://www.vtuo.cz>

Glasinstitut, Hradec Kralove <http://www.techprofil.cz>

Vitkovice a.s. Ostrava <http://www.vitkovice.cz>

Nova Hut Ostrava

PRAMET, Sumpperk, Forschungsinstitut für Pulvermetallurgie <http://www.pramet.cz>

Die Informationen wurden vom Kontaktbüro Prag (Herr Prof. Kubicek) zusammengestellt.