Kapitel 1

Motivation

1.1 Zielsetzung und Projekthistorie

Moderne Münzautomaten messen präzise unterschiedliche Münzeigenschaften, von denen gegenwärtig die elektrischen und magnetischen am wichtigsten sind. Diese Messungen erfordern beständige und voraussagbare Eigenschaften der zu prüfenden Münzen einer Landeswährung.

Spätestens mit Inkrafttreten der dritten Stufe zur Verwirklichung der Europäischen Währungsunion am 1. Januar 1999 wurde deutlich, daß in den teilnehmenden Mitgliedstaaten unausweichlich in naher Zukunft eine neue gemeinsame Währung in Umlauf gebracht werden würde. Für die neuen Euro-Münzen legten die Münzdirektoren frühzeitig detaillierte Herstellungsstandards fest. Sie enthielten Referenzwerte und Toleranzschwellen und spezifizierten Merkmale für die zu verwendenden Fertigungsaggregate. So sollte eine grenzüberschreitende Kompatibilität der Euro-Münzen sichergestellt werden. Eine effiziente Qualitätskontrolle sollte einen hohen Standard bei der Münzherstellung gewährleisten und unter der Obhut der Europäischen Zentralbank durchgeführt werden.

Hersteller von Münzprüfern sahen sich nun mit einer vollkommen neuen Situation konfrontiert. Bisher mußten ihre Geräte nur lernen, die im Durchschnitt sechs bis acht Münzen der Währung eines einzelnen Landes zu erkennen und Fremdgeld oder Fälschungen abzuwehren. Nun plötzlich sollten dieselben Geräte mit acht Euro-Münzen unterschiedlichen Nennwertes, aber insgesamt 54 unterschiedlichen Prägebildmotiven (Vatikanstadt, das Fürstentum Monaco und San Marino werden hier nicht berücksichtigt) umgehen können, ohne wesentlich an Erkennungspräzision einzubüßen. Da das Material für die Münzlegierungen aus mehreren Quellen stammte und mehrere Lieferanten dieselben Legierungen für die Münzen herstellten, befürchteten sie zudem eine höhere Schwankung in den Materialeigenschaften. Dies könnte sich negativ auf die Prüfgenauigkeit auswirken. Auch die hohe Anzahl von 15 involvierten europäischen Münzprägestätten vergrößerte die Wahrscheinlichkeit für weitere Schwankungen der Münzeigenschaften bei der Euro-Herstellung.

Fazit: In der Automatenbranche befürchtete man im Vorfeld der Euro-Einführung, daß trotz der Qualitätskontrollmechanismen bei der Münzherstellung allein durch Erfassung der elektromagnetischen Münzeigenschaften der hohe Prüfstandard nicht gehalten werden könnte.

Eine Möglichkeit, in Münzprüfern die Annahme echter Euro-Münzen sicherzustellen, liegt in einer Aufweitung der zulässigen Bandbreite für die Meßwerte der Münzmerkmale. Mit dieser Aufweitung geht eine Verminderung der Prüfschärfe einher und als Folge daraus eine höhere Wahrscheinlichkeit für Falschgeld- und Fremdwährungsakzeptanz. Betrugsversuche mit Falschgeld mindern für Automatenbetreiber den Gewinn und schwächen sein Vertrauen in die Wirksamkeit der Münzprüfer. Führende Hersteller von Münzprüfern rechneten damit, als Folge daraus Marktanteile zu verlieren.

Aber auch die Beibehaltung der alten Intervallgrenzen für gemessene Münzeigenschaften wirkte sich negativ aus. Denn die Verärgerung eines Kunden über eine Annahmeverweigerung aus für ihn nicht ersichtlichen Gründen - er hat ja gültige Euro-Münzen in der Hand - könnte, so fürchtete man, zu weiter ansteigendem Vandalismus an den Verkaufsautomaten führen. Dies wiederum bedeutete für die Automatenbetreiber höhere Betriebskosten.

Viel schwerer als eine Erhöhung der Zurückweisungsrate für zulässiges Münzgeld wog aber das mögliche Szenario, daß sich bei dauerhaften Problemen bei der Zahlung mit Münzgeld an Automaten die Bezahlgewohnheiten in Richtung bargeldloser Abwicklung durch EC-, Kredit- oder Geldkarte verschieben könnten. Dies lag keineswegs im Interesse der Hersteller von Münzprüfgeräten.

Deutschland weist mit 2,4 Millionen aufgestellten Automaten Europas höchste Automatendichte auf. Allein die Tabakindustrie hat 830000 Automaten aufgestellt. Schätzungen über den allein in Deutschland in allen Automaten umgesetzten Gegenwert belaufen sich beispielsweise für das Jahr 2002 auf über 10 Milliarden Euro [1]. Der wirtschaftliche Schaden bei rückläufiger Bargeldbezahlung wäre für die Automatenbetreiber und die Hersteller von Münzprüfern europaweit immens.

Bereits vor seiner Einführung erwarteten die Mitgliedstaaten und die „Kommission der Europäischen Gemeinschaften“, daß sich der Euro zu einer der wichtigsten Währungen der Welt entwickeln und daher ein beliebtes Fälschungsobjekt werden würde, trotz seiner modernen Sicherheitsmerkmale [2]. Die EU-Institutionen und die Mitgliedstaaten haben angesichts dieser Gefahr umfangreiche Initiativen ergriffen, um die Fälschungssicherheit der Münzen und Banknoten zu verbessern. Ungeklärt blieb jedoch zunächst, ob die elektromagnetischen Münzmerkmale, die die Münzprüfer erfassen, aus oben diskutierten Gründen ausreichen würden, um auch weiterhin genügend hohe Sicherheit bei der Falsch- und Fremdgelddetektion zu bieten.

Im ersten Jahr nach Einführung des Euro-Bargeldes wurde dann klar, daß die umgerüsteten Prüfsysteme die neuartigen Euro-Münzen verlässlich erkennen und Fremdmünzen sicher abwehren konnten. Für Aussagen, wie zuverlässig Falschgeld identifiziert werden konnte, war es 2002 noch zu früh.

Die Tabelle faßt die Anzahl der bis Ende 2005 im deutschen Zahlungsverkehr offiziell registrierten falschen Euro-Münzen zusammen. Die Daten entsprechen den halbjährlich zu diesem Thema erscheinenden Pressenotizen der Deutschen Bundesbank. Die rechte Spalte vermerkt zusätzlich die europaweit von allen Nationalbanken im Zahlungsverkehr registrierten Gesamtstückzahlen an Euro-Fälschungen, die den Pressenotizen des European Anti-Fraud Office (OLAF) entnommen wurden. Die in Deutschland gefundenen Euro-Falschmünzen sind in diesen OLAF-Zahlen enthalten.

Jahr	Bundesbank					EU
	20 Cent	50 Cent	1 Euro	2 Euro	Gesamt	Gesamt
2002	0	0	11	1021	1032	2339
2003	0	0	410	16090	16500	26191
2004	24	102	3446	47302	50874	74564
2005	0	232	2367	43692	46291	96000

Nachdem im Jahr 2002 in Deutschland überwiegend unbedeutende Mengen amateurhafter Fälschungen festgestellt wurden, stieg die Anzahl gefälschter Euro-Münzen stetig an. Im Jahr 2004 wurde mit rund 51000 gefälschten Euro-Münzen erstmals das Falschgeldniveau zu DM-Zeiten überschritten (mit 27263 gefälschten Münzen im Jahr 2001, fast ausnahmslos 5-DM-Münzen). Europaweit wurden im Jahr 2004 mit insgesamt 74564 gefälschten Münzen (hauptsächlich 2-Euro-Stücke) fast dreimal so viele Fälschungen wie im Vorjahr 2003 aus dem Verkehr gezogen. Im Jahre 2005 war das Falschgeldaufkommen im deutschen Zahlungsverkehr erstmals seit der Euro-Bargeldeinführung leicht rückläufig, allerdings wurde im zweiten Halbjahr 2005 die bisher höchste Halbjahresgesamtzahl festgestellt. Im Gegensatz dazu setzte sich 2005 europaweit der Anstieg fort.

Die am häufigsten imitierte nationale Seite ist dem OLAF-Bericht zufolge die deutsche, gefolgt von der französischen und spanischen.

Zwar ist selbst die Summe aller offiziell erfaßter Münzfälschungen verglichen mit den bis Ende 2005 in Europa produzierten 56 Milliarden Euro-Münzen verschwindend gering und der dadurch entstandene wirtschaftliche Schaden unangenehm, aber nicht gravierend. Dennoch müssen folgende klar erkennbare Entwicklungstendenzen beachtet werden.

Zum einen ist auch in Zukunft mit einem weiteren Anstieg an Euro-Münzfälschungen zu rechnen. Da es aus praktischen Gründen unmöglich ist, alle in Europa umlaufenden Euro-Münzen regelmäßig vollständig zu prüfen, zudem die Bundesbank durch ihren weitgehenden Rückzug aus der Münzbearbeitung inzwischen nur noch stichprobenhaft Münzen auf Echtheit überprüft, gibt es über die tatsächliche Anzahl an Euro-Münzfälschungen nur sehr grobe Schätzungen. Die Dunkelziffer dürfte nach Einschätzung von Fachkreisen deutlich über den hier zitierten Stückzahlen liegen. Zu bedenken ist an dieser Stelle auch, daß einige Mitgliedstaaten der Währungsunion auf eine Münzechtheitprüfung ganz und gar verzichten.

Die Fälscherwerkstätten stammen nicht mehr ausschließlich aus Osteuropa (u.a. Litauen, Bulgarien), sondern werden immer häufiger auch innerhalb der Euro-Zone aufgespürt. Im Juni 2004 gelang es Ermittlungsbehörden, illegal eingerichtete und hochmodern ausgestattete Fälscherwerkstätten auszuheben (zwei in Italien und eine in Spanien). Über 80000 gefälschte Münzen wurden sichergestellt, bevor sie in den Umlauf gebracht werden konnten. Es wurden dort also mehr Falschmünzen gefunden als insgesamt im gleichen Jahr in Europa aus dem Umlauf gezogen wurden.

Außerdem warnt das European Anti-Fraud Office vor der immer besseren „Qualität“ der Münzfälschungen. Sie können inzwischen so professionell gefertigt werden, daß sie selbst in der Hand-zu-Hand-Weitergabe kaum noch auffallen. Beispielsweise konnten Anfang 2005 in München brillante 1-Euro-Fälschungen sichergestellt werden. Prüfsysteme in Münzautomaten hätten die Fälschungen in diesem Falle aber enttarnen können, da deren elektromagnetische Parameter von denen der Originale stark abwichen. Das muß aber nicht generell so sein. Immer häufiger können Fälschungen die maschinellen Kontrollen der Geschäftsbanken oder Geldtransportunternehmen unentdeckt passieren; sie werden erst durch aufwendigere Prüfmaschinen bei der Bundesbank (90% aller entdeckten Fälschungen) erfaßt.

Die Konsequenz dieser Entwicklungstendenzen ist eine gestiegene Anforderung an die Prüfsicherheit und Meßgenauigkeit von Münzprüfsystemen. Die elektromagnetischen Merkmale ergänzende und bisher von den Prüfgeräten nicht erfaßte Münzeigenschaften böten hier die Möglichkeit, Fälschungen und Fremdwährungen effektiver abzuwehren. Zugleich könnte die Erkennungssicherheit von Euro-Münzen deutlich erhöht werden.

Das Institut „Optische und Elektronische Materialien“ der Technischen Universität Hamburg-Harburg verfolgt seit 1999 zusammen mit einem Hersteller von Münzprüfgeräten das Ziel, solche Merkmale und eine dazu passende, für Münzprüfer geeignete Sensorik zu entwickeln.

Nach einer Literatur- und Patentrecherche und zahlreichen, auf unterschiedlichen physikalischen Meßprinzipien beruhenden Vorexperimenten wurde sehr schnell die Prägebildauswertung durch optische Flächensensoren mit angeschlossener Bildverarbeitung und -auswertung ins Auge gefaßt. Das Prägebild einer Münze ist ein markantes Charakteristikum, dessen strukturelle, optische Gesamterscheinung bislang nicht als Unterscheidungskriterium in Standardmünzprüfern verwendet wird.

Die Bildverarbeitung ist eine zeitgemäße Technologie, die sich seit den 90er Jahren sehr dynamisch entwickelt. Die Anzahl der Anwendungsgebiete und damit der Problemlösungen wachsen sehr schnell. Eine Studie der Technologiestiftung Schleswig-Holstein benennt als Hauptursachen dafür die gestiegene Leistungsfähigkeit der Prozessoren in Personal Computern, die gesunkenen Preise für Hardware, eine flexible Benutzeroberfläche und die leichte Verfügbarkeit mächtiger Bildverarbeitungsalgorithmen [3]. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) schätzte die Marktsituation im Jahr 2000 so ein, daß erst 15-20%

aller überhaupt möglichen Anwendungsgebiete für Bildverarbeitung erschlossen seien [4]. Im Jahre 2004 kam der VDMA zu dem Schluß, daß die Branche auch in Zukunft trotz eines enttäuschenden konjunkturellen Umfeldes mit zweistelligem jährlichen Wachstum rechnen könne. Die Vorteile des Einsatzes sogenannter Machine Vision-Technologien im Automatisierungsbereich liegen auf der Hand: eine schnelle, kontaktlose (da optische), kostengünstige und dennoch präzise 100%-Überprüfung ist 24 Stunden pro Tag zuverlässig bei gleichbleibend hoher Qualität möglich [5].

Für ein **automatengeeignetes, optisch basiertes Prägebilderkenntungsverfahren** sind folgende Anforderungen und Randbedingungen einzuhalten oder zu erfüllen:

1. Erkennung der Münzen, ohne sie in ihrem Lauf anzuhalten
2. Unterscheidung zwischen Münzoberflächen mit geprägten Strukturen und Photos dieser Oberflächen
3. Rotations- und translationsinvariante Klassifikation
4. Identifikation der drei Basis-Münzsorten 2-Euro, 1-Euro und 50-Cent
5. Aktive Erkennung der europäischen Seite oder des Herkunftslandes einer Euro-Münze innerhalb einer Sorte
6. Herstellervorgabe für die Erkennungsquote: nach Ersteinwurf einer gültigen Euro-Münze 95%, beim Zweiteinwurf einer zunächst abgewiesenen Münze 98% und beim Dritteinwurf einer zweimal zurückgewiesenen gültigen Euro-Münze besser als 99,5%
7. Akzeptanzquote für Falschgeld maximal 2%
8. Echtzeit-Erkennung von Münzen, gekennzeichnet dadurch, daß acht Münzen mit maximal 30 mm Durchmesser in einer Sekunde klassifiziert werden müssen
9. Low-Cost-Auslegung
10. Münzprüferintegriertes Verfahren

Im ersten realisierten Echtzeit-3D-Aufnahmeverfahren für die optische Prägebildererkennung tastete im sog. Lichtschnittverfahren eine dünne Laserlinie das Prägebildrelief einer Münze ab. Während sich die Münze unter der Laserlinien hindurch bewegte, nahm eine Hochgeschwindigkeitskamera fortlaufend einzelne Profillinien auf. Der Versatz einer Linie vom horizontalen, geraden Verlauf ist ein Maß für die entlang dieser Linie auf der Münze beleuchtete dreidimensionale Höhenstruktur, so daß aus einer Serie von aufeinander folgenden Linien ein vollständiges Höhenrelief der Münze aufgenommen und zu einem digitalen Bild der Prägung zusammengesetzt werden konnte.

Um parallel zu den Hardwareentwicklungen die Analyse der aufgenommenen Bilder bis hin zur Objektklassifikation rascher vorantreiben zu können, wurde der Autor dieser Arbeit zum Januar 2000 mit den Schwerpunkten Bildverarbeitung und Softwareentwicklung in das Team aufgenommen.

Im Frühjahr 2000 fiel die Entscheidung, das Aufnahmeprinzip des Lichtschnittverfahrens nicht weiter zu verfolgen. Es stellte sich heraus, daß ein münzprüfergeeignetes System auf dieser Basis nicht als low-cost-Auslegung zu realisieren war. Die zur Verbesserung der Höhenauflösung von $5\ \mu\text{m}$ notwendige anamorphotische Optik war zu groß und zu schwer. Zudem erforderten die für eine 1:1 Abbildung eingesetzten Grin-Arrays einen nicht-quadratischen, großflächigen CMOS-Bildsensor, der zum damaligen Zeitpunkt nicht kommerziell am Markt erhältlich war.

Daraufhin wurde am Institut die „**Selektive-Stereo-Gradienten-Methode**“ (SSGM) entwickelt, eine Aufnahme- und Auswertemethode, die nicht nur zur Klassifikation von Münzprofilen geeignet ist, sondern eine neue, allgemeine Analysemethode für metallische 3D-Topographien bietet. Dieses Verfahren, von dem drei konkrete Hardware-Ausprägungen mit unterschiedlichem Funktionsumfang aufgebaut wurden, bildet den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

Im ersten realisierten SSGM-Labor-Demonstrator wurden Leuchtdioden (LEDs) gleicher Farbe eingesetzt, die ringförmig äquidistant so angeordnet wurden, daß mit einer Kamera ein vollständiges Prägebildprofil einer sich in der Mitte des ausgeleuchteten Bereiches befindlichen, ruhenden Münze aufgenommen werden konnte. Unter entscheidender Mitwirkung des Autors in den Bildverarbeitungsbereichen Datenpräprozessierung, Segmentierung und Template-Matching konnte mit dem Mathematik-Entwicklungstool Matlab^{TM} zusammen mit der Matlab^{TM}-Bildverarbeitungsbibliothek zum ersten Mal ein Klassifikator aufgebaut werden, der anhand von Münzbildern zwischen einem 1-DM-Stück und Fremdmünzen unterscheiden konnte. Der Autor konzipierte zudem die Oberfläche zur Anzeige der vom Programm ermittelten Parameter und führte erste statistische Untersuchungen durch.

Mit der zweiten Ausbaustufe, dem sogenannten 3-Farb-SSGM, gelang es im Frühsommer 2002, auf einer Laufbahn abrollende 2-Euro-Münzen auf Basis von digitalen Grauwertbildern in 13 mögliche Klassen einzuteilen, die den zwölf Ländern der Europäischen Währungsunion entsprachen (die gemeinsame Seite ist eine eigenständige Klasse). Die Klassifikation basierte allein auf Prägebildinformationen des Reliefbildes. Im Unterschied zum SSGM der ersten Version bestand der Beleuchtungsring nun aus LEDs der Farben rot, grün und blau. Die unterschiedlichen Farben wurden benötigt, um in nur einem einzigen Bild der sich bewegenden Münze Informationen über die drei Beleuchtungsrichtungen hinterlegen zu können, ohne die Münze in ihrem Lauf anzuhalten. Extrahiert man später aus dem Münzbild die den Farben zugeordneten Teilbilder, lassen sich durch Differenzbildung Münzphotos von Münzen mit echtem 3D-Profil unterscheiden. Der Autor entwickelte für das 3-Farb-SSGM ein umfassendes, C/C++- und MFC-basiertes

zentrales Programmgerüst, das eine äußere Bedienung des Aufnahmesystems ermöglichte. Nicht nur die ebenfalls vom Autor entwickelte und zur Bildaufnahme notwendige automatisierte Aufnahmesteuerung und Triggerung von Kamera und Beleuchtung wurden darin integriert, auch die Softwaremodule zur Bilddatenverarbeitung und Klassifikation wurden dort verankert. Die Erkennungsalgorithmen wurden nun in C verfaßt und basierten jetzt auf der Bildverarbeitungsbibliothek der Firma „Euresys“.

Die Entwicklungsergebnisse dieser beiden Ausbaustufen mündeten 2002 in die Doktorarbeit von Markus Adameck. Diese im Schwerpunkt die Hardware betreffende Arbeit beschreibt im Detail die breit angelegten Voruntersuchungen zur Entwicklung einer neuen Aufnahmesensorik für Münzen, die Gründe zugunsten einer Entscheidung für die Verwendung von optischen Sensoren, die Entwicklung des Lichtschnittverfahrens und die Anfänge der SSGM. Sie endet mit der ländersensitiven Klassifikation ausschließlich von 2-Euro-Münzen in 13 mögliche Klassen. Die Fehlerquote von 14,5% an nicht korrekt klassifizierten 2-Euro-Münzen lag für praktische Belange noch sehr hoch.

In diese Dissertation sind viele oben beschriebene Eigenentwicklungen und Ergebnisse des Autors bereits mit eingeflossen, um dort die Funktionalität der SSGM-Systeme abgerundet und vollständig darstellen zu können. Diese eigenen Ergebnisse und Entwicklungen werden in der vorliegenden Arbeit erneut beschrieben, ergänzt vor allem um Hardwareaspekte aus obiger Dissertation, um auch hier den Gesamtzusammenhang deutlich darzustellen und das 3-Farb-SSGM-Erkennungssystem vollständig beschreiben zu können - ohne die oben erwähnte Doktorarbeit parallel lesen zu müssen.

Mit diesem Stand des experimentellen Aufbaus war es aus gerätespezifischen Gründen nicht möglich, das nur auf 2-Euro-Münzen ausgerichtete 3-Farb-SSGM auf weitere Münzsorten wie 1-Euro- und 50-Cent-Münzen durch einfache Adaption der Parameter zu übertragen. Erst recht war keine automatische Trennung in die drei Münzsorten 2 Euro, 1 Euro und 50 Cent möglich, was für praxistaugliche Münzprüfer essentiell wäre. Zudem stellte sich im Rahmen der Untersuchungen zu dieser Arbeit heraus, daß die Verifikation der Dreidimensionalität des Prägebildes nicht zuverlässig arbeitete und sogar einige Photos als Münzen klassifiziert wurden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, eine automatische, translations- und rotationsinvariante Klassifikation von Euro-Münzen in die drei Münzsorten 2 Euro, 1 Euro und 50 Cent mit ländersensitiver Klassifizierung innerhalb jeder der drei Sorten anhand von Prägebildaufnahmen als funktionsfähigen Labordemonstrator zu realisieren. Dazu werden die Leistungsgrenzen des 3-Farb-SSGM-Aufbaus auf dem Stand vom Frühsommer 2002 qualitativ und quantitativ analysiert und aufgezeigt. Diese Ergebnisse ermöglichen es, Weiterentwicklungen und Optimierungen in Hardware und Software zielgerichtet durchzuführen. Sie werden ebenfalls beschrieben. Wie eine umfangreiche statistische Evaluierung der mit dieser Arbeit realisierten dritten Ausbaustufe beweist, zu deren Zweck der Autor eine große Münzmenge aufgenommen und mit zum Teil selbst entwickelten Softwaretools analysiert hat, konnte das Endziel schließlich erfolgreich erreicht werden.

1.2 Aufbau der vorliegenden Arbeit

Den Einstieg in den Themenkreis der Erkennung von Euro-Münzen bildet mit Kapitel 2 ein kurzer historischer Abriss zur Entstehungsgeschichte dieser Währung. Es folgt eine Beschreibung der Arbeitsweise heutzutage eingesetzter Münzprüfer. Daran schließen sich zwei theoretische Abschnitte an: Zunächst gibt das Kapitel 3 einen Überblick darüber, wie Bildverarbeitungssysteme im allgemeinen aufgebaut sind. In dieser Arbeit verwendete Fachbegriffe, soweit sie die Inhalte der späteren Kapitel untermauern, werden hier definiert. Kapitel 4 legt das theoretische Fundament der entwickelten 3D-Profildetektionsmethode und leitet daraus das Kernprinzip der „Selektive-Stereo-Gradienten-Methode“ (SSGM) zur Profildetektion ab. Mit zwei funktionsfähigen Hardwareaufbauten unterschiedlichen Leistungsumfanges konnte bewiesen werden, daß mit dieser Methode Münzen anhand ihrer Prägebilder klassifiziert werden können. Während bei der ersten Realisierung der (einfachen) SSGM die Münze für die Aufnahme noch ruhte, entfiel diese Einschränkung beim darauf entwickelten Aufbau der 3-Farb-SSGM, bei dem die Münze während der Aufnahme im freien Lauf an einer Kamera vorbeirollen konnte. Beide Realisierungen werden in Kapitel 5 beschrieben, gefolgt von einer Darlegung der Arbeitsweise der Erkennungsalgorithmen für das SSGM und das 3-Farb-SSGM in Kapitel 6.2. Die Beschreibung beider Realisierungen ist nötig, um zu verstehen, worin die apparativen Leistungsgrenzen des Erkennungssystems und die Weiterentwicklungen bestehen, die in Kapitel 7 geschildert werden. Die Performance des Klassifikators für das Gesamtsystem ist im Evaluierungskapitel 8 zu finden. Schließlich faßt Kapitel 9 die wesentlichen Elemente dieser Arbeit zusammen. Der Anhang enthält das Literatur- und Abkürzungsverzeichnis, Ergänzungen zum Text, Tabellen und Parameter des 3-Farb-SSGM-Systems.

Kapitel 2

Thematische Einleitung

2.1 Der Weg zur Europäischen Währungsunion

2.1.1 Die Europäische Integration

Die Idee einer europäischen Integration, der Bemühung um eine gemeinsame, in sich verbundene wirtschaftliche, politische und soziale Struktur unter den europäischen Staaten, kann bis in das 19. Jahrhundert zurückverfolgt werden [6]. Sie konnte aber zunächst nicht umgesetzt werden, da in vielen Staaten die Angst vor dem Verlust ihrer Souveränität lange Zeit hemmend wirkte. Nach dem Ende der Katastrophe des Ersten Weltkrieges wurde der Europagedanke erstmals zur Triebkraft einer politischen Bewegung, doch erst die für Europa verheerenden Folgen des Zweiten Weltkrieges verstärkten den konkreten politischen Willen zu einem allmählichen europäischen Einigungsprozeß. Er war während des Ost-West-Konfliktes noch vom politischen Blockdenken geprägt und blieb daher institutionell zunächst auf Westeuropa beschränkt. Erst der Zusammenbruch der kommunistischen Ordnung in Osteuropa 1989-1992 eröffnete die Chance auf eine gesamteuropäische Einigung.

Unter Initiative des französischen Außenministers R. Schuman („Schuman-Plan“) wurde durch den „Pariser Vertrag“ vom 18.4.1951 die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS, auch „Montanunion“ genannt) beschlossen und 1952 zwischen den Ländern Belgien, Niederlande, Luxemburg, Italien, Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland für die Dauer von 50 Jahren in Kraft gesetzt. Gedanken über eine weiterreichende Zusammenarbeit, vor allem als Gegenpart zum Wirtschaftsgewicht der USA, dem sich kein einzelner europäischer Staat allein gewachsen sah, führten 1957 durch die „Römischen Verträge“ zur Gründung der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG). Der zeitlich unbefristete EWG-Vertrag trat zum 1.1.1958 in Kraft. Bis 1969 wurden hauptsächlich die Binnenzölle für gewerbliche Güter nach und nach abgeschafft. Die europäische Zollunion entstand, die Agrarmärkte wuchsen zusammen und man betrieb eine gemeinsame Handelspolitik. Ferner wurde 1957 die Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) gegründet.