

Errichtung einer dachkeramischen Produktionsstätte als
Demonstrationsobjekt im Kreis Bautzen mit dem Ziel,
unter Einsatz neuartiger Technik eine Energie- und CO₂-
Reduzierung zu erreichen.

- Abschlußbericht -

Projekt-Kenndaten

Projekt-Nr. (AZ)	=	01561
Zuwendungsgeber	=	Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück
Zuwendungsnehmer	=	Ströher GmbH, Dillenburg
Maßgeblicher Antrag	=	Fassung vom 16.8.1993
Bewilligung	=	6.10.1993
Projektlaufzeit (incl. Verlängerung)	=	1.1.1994 bis 31.12.1996
Förderfähige Gesamtkosten	=	2.961.096,00 DM
Fördersumme	=	996.282,00 DM
Abgerechnete Gesamtkosten	=	3.071.814,00 DM
Wissenschaftliche Begleitung	=	Herr Dr. Ing. Manfred Röhrs Institut für Bau- und Grobkeramik, Weimar

Inhaltsverzeichnis (Gliederung)

	<u>Seite</u>
1. <u>Ausgangs-Situation</u>	5
1.1 Allgemeines zur Projektthematik	5
1.2 Anteil der Ziegelindustrie am Energieverbrauch	7
1.3 Bisherige Erfolge bei der Energie- und CO ₂ -Reduzierung	8
1.4 Bezug des Vorhabens zur Klimavorsorge-Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft	9
2. <u>Allgemeiner Stand der Technik in der Dachziegel-Industrie zum Zeitpunkt des Projektantrages</u>	10
2.1 Rohstoffeinsatz, Konditionierung und Aufbereitung	10
2.2 Formgebung	11
2.3 Trocknen und Brennen	12
2.4 Sortieren, Verpacken	14
3. <u>Vorschläge der (Dach)/Ziegelindustrie für weitere Energie- und CO₂-Reduzierung</u>	15
4. <u>Die Dachziegelarten und ihre spezifischen Einsparpotentiale</u>	16
5. <u>Ansatzpunkte der neuen Verfahrenstechnologie des Demonstrationsprojektes</u>	18
5.1 Höhere Gewichtung der Rohstoffe	18
5.2 Trocken-Feinmahlung der Tone	18
5.3 Steifverpressung	19
5.4 Strangdachziegel nach der Spaltplatten-Technologie	19
5.5 Fertigungstechnische Ansatzpunkte	20
5.6 Ökologischer Ansatzpunkt	21
6. <u>Durchführung, benutzte Methoden</u>	21
7. <u>Ergebnisse des Projektes</u>	26
7.1 Ergebnisauswertung vertikal extrudierter Strangdachziegel	26
7.2 Ergebnisse der Produkt-Optimierung	27
7.3 Ergebnisse des horizontalen Alternativ-Extrusionsverfahrens	27
8. <u>Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des Projektvorhabens</u>	30
9. <u>Ausblick</u>	31

Anlagen-Verzeichnis

1. Dachziegelproduktion in Deutschland von 1987 - 1995
2. Energieverbrauch wichtiger Wirtschaftszweige in der BRD (1977)
3. Energieverbrauch im Wirtschaftszweig Steine + Erden (1977)
4. Layout eines konventionellen Dachziegel-Werkes
5. Schnittzeichnung eines Doppelfalzziegels
6. Schnittzeichnung einer einfach gefalzten Flachdachpfanne
7. Schnittzeichnung eines Biberschwanzziegels
8. Schnittzeichnung einer Hohlpfanne
9. Schnittzeichnung eines Strangfalzziegels
10. Layout Demonstrationsprojekt Guttau I
11. Meßprotokoll IBK für ITO-Anlage vom 12.5.1995
12. Soll-Ist-Vergleich ausgewählter Meßwerte des Demonstrationsvorhabens Guttau
13. Abbildungen von Verfahrens-Details flachextrudierter S- bzw. Hohlpfannen
14. Energetische Bewertung des Projektes (Teil 2) durch IBK
15. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung Teil I (Biber)
16. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung Teil II (S-Pfanne)
17. Presse-Mitteilung über umweltrelevantes Ergebnis des Demonstrationsvorhabens Guttau

1. Ausgangs-Situation

1.1 Allgemeines zur Projektthematik

Die zurückliegenden Jahre waren für die deutsche Dachziegelbranche von einer sehr positiven Entwicklung gekennzeichnet.

Das zunehmende ökologische Bewußtsein des Endverbrauchers, verbunden mit dem Wunsch nach natürlichen Baustoffen, führte nicht nur zu permanent steigenden Produktionszahlen, sondern schließlich auch zu einer Rückgewinnung verlorener Anteile an den Eindeckungsmaterialien des steilen Daches.

Mit den neu hinzugekommenen östlichen Bundesländern ergab sich ein beträchtliches zusätzliches Marktpotential, welches traditionell und historisch bedingt, dem Tondachziegel weitere Chancen eröffnete.

Die deutschen Dachziegelwerke trugen dieser Entwicklung Rechnung, indem sie nicht nur ihre Kapazitäten ausbauten, sondern auch das Produktangebot um viele unterschiedliche Modellvarianten, Abmessungen, Zubehörartikel sowie ein breites und farblich anspruchsvolles Oberflächen-Design erweiterten. Der Produktionszuwachs der Jahre 1987 bis 1995 wird aus *Anlage 1* ersichtlich.

Unumgänglich wurde der Aufbau einer leistungsfähigen Dachziegelproduktion in den neuen Bundesländern, da die hier ansässigen früheren Betriebe im Rahmen wirtschaftsstrategischer Entscheidungen der ehemaligen DDR zu nahezu 100 % stillgelegt und durch Betondachsteinwerke ersetzt wurden.

Nicht zuletzt die mit diesem Substitutionsprodukt gemachten Erfahrungen waren Anlaß, neben dem Wunsch nach umweltfreundlichen Materialien eine deutlich verbesserte und auf lange uningeschränkte Gebrauchsdauer ausgerichtete Keramikqualität des Tondachziegels zu fordern.

Eine nachhaltige Optimierung von qualitätsrelevanten keramischen Werkstoffeigenschaften läßt sich u. a. über eine gesteuerte Versinterung des Scherbengefüges erreichen.

Durch den Sinterprozeß werden z. B. Tragfähigkeit, Biegezugfestigkeit, Wasseraufnahme, Frostbeständigkeit und vor allem die Resistenz gegen Veralgung und Bemoosung positiv beeinflusst.

Für das Haus STRÖHER lag es deshalb nahe, im Rahmen der Konzeption einer dachkeramischen Produktionsstätte in Guttau/Kreis Bautzen sowohl Rohstoffe als auch Fertigungstechnologien einzusetzen, die eine dichte Scherbenstruktur mit geringer Wasseraufnahme ermöglichen.

Hierbei konnte auf eine langjährige Erfahrung als Marktführer bei keramischen Spaltplatten nach DIN EN 186 zurückgegriffen werden.

Ein rohstoffoptimierter und gesinterter Tondachziegel weist ökonomisch-ökologisch bewertet zwar signifikante Vorteile, aber bei einer ersten oberflächlichen Betrachtung auch wärmeenergetische Nachteile auf.

Die aus der Versinterung resultierende höhere Scherbenfestigkeit kann genutzt werden, um das Produkt bei gleichen Eigenschaften deutlich dünner herzustellen.

Dies führt über die Verminderung der Einsatzgewichte zu einer merklichen Absenkung des Energiebedarfes sowie der CO₂-Emission bei der Herstellung - bezogen auf die Dachflächen-Einheit.

Verstärkt wird dieser Positiveffekt durch die längere Gebrauchsdauer eines Sinterproduktes und die hieraus abzuleitenden Einsparungen an Prozeßenergie über einen Langfrist-Zeitraum.

Beide Merkmale, nämlich die hohe Lebensdauer als auch das geringere Eindeckungsgewicht eines Sinter-Dachziegels bewirken außerdem eine durchaus beachtliche Ressourcenschonung der meist oberflächennahen Rohstoffe mit positiven Auswirkungen bei der Lagerstättenschließung.

Allerdings erfordert ein Sinterprozeß in der Regel einen Mehreinsatz von Primärenergie für die chemisch-keramischen Reaktionen, die zu einem Dichtbrand des Scherbens führen.

Mit dem am 16.08.1993 beantragten und am 06.10.1993 von der DEUTSCHEN BUNDESSTIFTUNG UMWELT bewilligten Projekt soll anhand einer Demonstrations-Produktionslinie für Tondachziegel in Guttau/Kreis Bautzen nachgewiesen werden, daß es durchaus verfahrenstechnisch interessante ökologische Potentiale gibt, welche wärmeenergetische Nachteile eines Sinterbrandes voll kompensieren.

Darüber hinaus will das Projekt jedoch generell und unabhängig von einem etwaigen Sinterprozeß einen Beitrag zur Energie- und CO₂-Reduzierung leisten, einer Daueraufgabe, zu der die Ziegelindustrie trotz beachtlicher Fortschritte insbesondere in den beiden letzten Jahrzehnten als energieintensiver Wirtschaftszweig permanent aufgerufen ist.

1.2 Anteil der Ziegelindustrie am Energieverbrauch

Um die Bedeutung der Ziegelindustrie am Energieverbrauch der produzierenden Unternehmen bewerten zu können, ist ein entsprechender Vergleich mit anderen Sparten erforderlich.

Die bereits erreichten und anschließend beschriebenen Einsparpotentiale aus zurückliegender FuE-Tätigkeit werden dadurch transparent, daß man den Ist-Stand der Branche vor der Umsetzung hieraus resultierender Einzelmaßnahmen darstellt. Hierfür eignen sich die Tabellen der *Anlagen 1 und 2* des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden (1977).

Die Warengruppe Ziegel gehört hiernach zum Wirtschaftszweig Steine und Erden, der noch vor zwei Jahrzehnten mit ca. 8 % am wirtschaftlichen Energieverbrauch beteiligt war und damit die vierte Stelle in einer Branchen-Rangliste einnimmt.

Innerhalb der Gruppe Steine und Erden wiederum nehmen die Ziegelwerke mit 11 - 12 % Verbrauchsanteil den dritten Rang ein.

Hieraus wird deutlich, daß energieintensive Technologien und Herstellungsverfahren mit entsprechender CO₂-Freisetzung besonders dort auftreten, wo thermische Verfahrensschritte zur Herstellung von Produkten erforderlich sind.

Das BMFT hat bereits 1982 in einer Studie durch das Battelle-Institut e.V., Frankfurt, anhand ausgewählter Referenz-Sparten der keramischen Industrie Ansatzpunkte zur Energie-Einsparung untersuchen lassen.

Die Ergebnisse und Vorschläge wurden in dem Forschungsbericht T 82 - 027 veröffentlicht und in den folgenden Jahren von der Industrie durch weiterführende Fragestellung ergänzt.

1.3 Bisherige Erfolge bei der Energie- und CO₂-Reduzierung

Ebenfalls Anfang der 80er Jahre hat der Bundesverband Steine und Erden getrennt für seine Mitglieds-Sparten im Rahmen der Erarbeitung energiepolitischer Zielvorstellungen einen Katalog bereits erprobter sowie noch anhängiger Energie-Einsparmaßnahmen erstellt und zu quantifizieren versucht.

Für die (Dach)Ziegelindustrie konnten hierbei aufgrund von gezielten Schwachstellen-Analysen folgende kurz- und mittelfristige Ansatzpunkte aufgelistet werden:

- elektronische, prozeßgeregelte Betriebsweise von Brenn- und Trockenaggregaten;
- Erstellung produktspezifischer, betrieblicher Energie-Bilanzen;
- Minderung von Wärmeverlusten, insbesondere bei Brennöfen, die in den Energiebilanzen rund 60 - 80 % der Wärmeausgaben ausmachen (Wand, Decke, Ausfahrverluste, Rauchgase, Abluft);
- Ofenwagen-Leichtkonstruktionen in Verbindung mit Schnellbrand-Technik;
- Abgas- bzw. Abluft-Nutzung auch bei geringem Temperaturniveau;
- Ausnutzung verschiedener Möglichkeiten zur Verringerung der thermischen Reaktionswärme;
- Kraft-Wärme-Koppelung durch Blockheizkraftwerks-Module.

Die vorstehenden und sonstigen ergänzenden Maßnahmen führten nach Einschätzung des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie in den beiden letzten Jahrzehnten zu einer Reduzierung des spezifischen Energieverbrauches für die Verfahrensstufen Trocknen und Brennen um ca. 40 % (Fachzeitschrift ZI 9/96).

Diese erfolgreiche Anstrengung trug ganz entschieden zu der ebenfalls meßbaren Verringerung des CO₂-Ausstoßes im gleichen Zeitraum bei, da Energieverbrauch und CO₂-Emission weitgehend miteinander korrelieren.

So betrug die spezifische CO₂-Emission (kg CO₂/kg gebrannte Ziegel) 1990 nur ca. 25 % des Wertes von 1975.

An dieser drastischen Absenkung war in hohem Maße die Umstellung der Brennaggregate von Kohle- und Schwerölbeheizung auf umweltfreundliches Erdgas beteiligt.

1.4 Bezug des Vorhabens zur Klimavorsorge-Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft

Obwohl in den letzten 40 Jahren der Anteil der Industrie am Gesamtenergieverbrauch von über 50 % auf weniger als 27 % gesunken ist, hat sich bekanntlich die deutsche Wirtschaft am 27.03.1996 in einer Selbstverpflichtung gegenüber der Bundesregierung bereit erklärt, auf freiwilliger Grundlage alle Anstrengungen zu unternehmen, um den spezifischen CO₂-Ausstoß bis zum Jahre 2005 auf der Basis des Jahres 1990 um weitere 20 % zu verringern.

Diese Erklärung fußt auf dem Ergebnis der Klimakonferenz von Rio, auf welcher bereits 1993 von den Teilnehmerstaaten entsprechende Vorsorgemaßnahmen beschlossen wurden. Durch Ausrichtung an diesen Beschlüssen wurde deshalb in Ziffer 3.2. des Projektantrages eine Korrespondenz des Vorhabens zu den Zielvorstellungen hergestellt und bereits zu diesem Zeitpunkt konkret überlegt, durch welche Lösungsansätze beim Einsatz neuer Technologien eine ökologisch optimierte Fertigungsvariante gefunden werden kann.

Hierbei sollte von Anfang an nicht nur eine Modifizierung der eigentlichen Dachziegel-Produktionslinie vorgenommen werden, sondern in ganzheitlichem Sinne auch die Produktgestaltung sowie deren Anwendung einbezogen werden.

Für die Darstellung der Ausgangssituation ist die nachfolgende Beschreibung des Standes der Dachziegel-Technologie hilfreich.

Hierbei sind alle bekannt gewordenen technischen Neuerungen bis zum Zeitpunkt der Antragstellung 1993 berücksichtigt.

2. Allgemeiner Stand der Technik in der Dachziegel-Industrie (1993)

2.1 Rohstoffeinsatz, Konditionierung und Aufbereitung

Ausgangspunkt für die Dachziegelherstellung sind allgemein Ziegel- oder Schiefertone aus werksnahen Lagerstätten, welche ggf. durch externe Qualitätstone ergänzt werden.

Zur Verbesserung geforderter Eigenschaften oder auch zur Erzielung günstigerer Produktionsbedingungen kann der Einbau von stabilisierenden Hartstoffen in die Rezepturen der Betriebsmassen, wie Mahlschamotte, Gesteinsmehl oder sonstige Additive notwendig werden.

Für die Gewährleistung einer seither üblichen Lieferqualität wird die sogenannte klassische Naßaufbereitung als ausreichend angesehen.

Hierbei werden häufig unterschiedlich vorkommende Ziegeltone selektiv gewonnen und erdfeucht nach Qualitäten getrennt in einem offenen Freilager zwischenbevorratet.

Es folgt dann eine Vordosierung der einzelnen Sorten über austragsgesteuerte Kastenbeschicker, welche die Rohstoffe mittels Förderbänder einem Naßkollergang zuführen.

Alternativ kann auch in einer separaten Arbeitsstufe zuvor eine Homogenisierung der unterschiedlichen Ton- und Lehmsorten vorgenommen werden, bei der ein standardisiertes Ausgangsprodukt in Form einer definierten Rohstoffmischung hergestellt und dem Kollergang zugeführt wird.

Die Plastifizierung der Tonmischung erfolgt über eine elektronisch gesteuerte Feuchte-Regelung, welche dem Kollergang zugeordnet ist.

Nach dem Grobaufschluß der Tonsubstanz im Naß-Kollergang erfolgt die weitere Feinzerkleinerung über ein, zwei oder drei hintereinander geschaltete Walzwerke mit abgestuft eingestelltem Walzenspalt.

Da in der Praxis eine Walzenspaltbreite von 0,3 mm nicht unterschritten werden kann, sind einem optimalen Feinaufschluß beim konventionellen Naßaufbereitungsverfahren Grenzen gesetzt.

Die Einlagerung der aufbereiteten Masse erfolgt üblicherweise in einem Sumpfhaus oder auch Maukturm. Diese Stufe dient neben der Bevorratung dem Feuchtigkeitsausgleich; der Maukeffekt wirkt sich positiv auf die Bildsamkeit aus.

Nachteilig bei der beschriebenen herkömmlichen Aufbereitung - zu deren Darstellung auf *Anlage 2.1* des Projektantrages „Verfahrensstammbaum für Ziegelfertigung“ verwiesen wird - ist der eingeschränkte Feinheitsgrad des plastischen Zerkleinerungsprozesses.

So ist nachgewiesen, daß für einen energiesparenden Schnellbrand eine hohe Feinheit der Rohstoffe vorteilhaft ist. Insbesondere dann, wenn im Rohstoff Calciumkarbonat und Pyrit enthalten sind, erfordert ein Schnellbrandeinsatz die Feinstaufbereitung auf unter 100 µm.

Ganz generell gilt, daß ein Masse-Kornspektrum mit einem hohen Feinanteil Voraussetzung für die Optimierung vieler Produkteigenschaften mit signifikant ökonomisch-ökologischer Relevanz ist.

Hierauf wird nachfolgend hingewiesen.

2.2 Formgebung

Ab der Formgebungsstufe muß beim Herstellungsprozeß zwischen den verschiedenen Dachziegelarten unterschieden werden.

Während für den querverfalzten Preßdachziegel sowohl Vakuum-Extruder für die Batzenproduktion als auch nachgeschaltete Revolverpressen mit Gipsformbestückung eingesetzt werden, erfolgt die Herstellung von Biberschwanzziegeln, Strangfalzziegeln sowie S- bzw. Hohlpannen nur durch Extrudieren und entsprechendes Ablängen des plastischen Endlos-Stranges.

Für den querverfalteten Dachziegel ergeben sich hierdurch kostenträchtige Ausfallzeiten durch häufigen Wechsel der kurzlebigen Gipsformen sowie Mehrbelastungen durch das Vorhalten einer Gipswerkstatt.

Negativ schlägt weiter der gipsformabhängige hohe Wassergehalt der Masse sowie ganz generell die zusätzliche Formgebungsstufe der Revolver-Nachpresse zu Buche.

Vorstehende Feststellungen sind zentraler Ausgangspunkt für die Konzeption einer optimierten Dachziegeltechnologie und deren Realisierung in einem Demonstrationsvorhaben in Guttau/Sachsen.

Es wird deutlich, daß hierbei auch der Versuch unternommen werden muß, über einen ökonomisch-ökologischen Vorteilsnachweis den Marktanteil der ausschließlich strangextrudierten Dachziegelprodukte zu erweitern.

2.3 *Trocknen und Brennen*

Im Gegensatz zur Formgebung ist der konventionelle Verfahrensablauf der Stufen Trocknen und Brennen für die verschiedenen dachkeramischen Erzeugnisse weitgehend identisch.

Die weichplastischen Formlinge werden auf Trockenrahmen abgelegt, die so profiliert sind, daß sie etwaigen Beeinträchtigungen des Oberflächen-Designs entgegenwirken.

Der Trockenprozeß erfolgt entweder periodisch in Kammertrocknern oder kontinuierlich in Durchlauftrocknern, wobei parallel zur Austreibung des Anmachewassers eine Volumensverringerng (Schwindung) von 3 - 6 % eintritt.

Als Trockenmedium wird Heißluft verwendet, welche größtenteils der Kühlzone des Brennagregates entnommen wird.

Sowohl die zulässige Geschwindigkeit des Wasserentzuges als auch des Schwindungsverlaufes werden material- und produktspezifisch ermittelt und über elektronische Prozeßregelung angesteuert.

Wärmeenergetisch von Nachteil und damit Ansatzpunkt einer Prozeß-Innovation sind bei vorbeschriebenem Verfahren der hohe, weichplastisch bedingte Anmachwassergehalt von > 20 % sowie der separate Trockenrahmen-Umlauf (Ballastgewicht).

Die auf ca. 1 % Restfeuchte getrockneten Dachziegel werden anschließend separiert und - falls erforderlich - zur Erzielung einer trendgerechten Lieferfarbe in bekannten und bewährten Einrichtungen engobiert und glasiert.

Um einen transport- und brenntechnisch beherrschbaren Ofenwagenbesatz zu erreichen, werden die engobierten Dachziegel anschließend zu mehreren Exemplaren auf der Schmalseite stehend in feuerfeste U-Kassetten eingebracht oder als Einzelexemplar auf H-Kassetten abgelegt.

Beide Varianten erfordern das Vorhalten eines umfangreichen und kapitalintensiven Kassettenbestandes, die Installierung einer Be- und Entladeeinrichtung sowie die Montage eines Kassettenspeichers.

Das Verhältnis des in einen Dachziegel-Tunnelofen eingebrachten Brenngut-Gewichtes zu dem Ballastgewicht der Brennhilfsmittel (Kassetten) kann im ungünstigen Fall 1 : 2 erreichen und damit die Energiebilanz negativ belasten.

Hinsichtlich der den Stand der Technik (Zeitpunkt der Antragstellung) kennzeichnenden Daten eines U-Kassetten- bzw. H-Kassetten-Tunnelofens sei auf *Anlage 3.1.2.* des Projektantrages verwiesen.

Um den vorstehend beschriebenen separaten Rahmen-Kreislauf beim Trocknungsvorgang zu vermeiden und die Nachteile eines zusätzlichen Umsetzens zu minimieren, wurden in jüngster Zeit Produktionslinien konzipiert, bei denen die plastischen Formlinge unmittelbar nach der Formgebung direkt auf feuerfeste H-Kassetten einzeln abgelegt werden.

Anschließend wird ein Ofenwagen-Besatzschema aus relativ niedrigen Kassetten-Stapeln gebildet.

Die Trocknung erfolgt in einem Kanal, dessen Baugometrie dem Ofen angepaßt und der diesem unmittelbar vorgeschaltet ist.

Mit dieser Technologie, die antragsgemäß ebenfalls als bekannt vorausgesetzt wird, läßt sich die Brenngeschwindigkeit deutlich verbessern und auf ca. 10 Std. reduzieren.

Den wärmeenergetischen Vorteilen stehen bei diesem Verfahren jedoch Nachteile beim Engobieren gegenüber.

2.4 Sortieren, Verpacken

Nach der Entkassettierung werden die Dachziegel vereinzelt und über Bänder der Sortierung zugeführt.

Eine automatische Fehlererkennung gehört zur Standardausrüstung einer Sortierung.

Aus einem Soll/Ist-Vergleich der Klangfrequenz des Scherbens werden Rückschlüsse auf Gefügestörungen bzw. Aufheiz- oder Kühlrisse gezogen.

Mit einem Planimetrie-Meßgerät werden zuverlässig etwaige Abweichungen der Ebenheit des Ziegels erkannt.

Zusätzliche Ansatzpunkte zur Fehler-Eingrenzung ergeben sich aus noch im Stadium der Entwicklung befindlichen elektronischen Farberkennungs-Techniken.

Aufgrund der besseren Entsorgungsmöglichkeit wird allgemein die Stretch-Folie bei der Palettenverpackung gegenüber der Schrumpffolie favorisiert.

Zum Stand der Technik gehört der umweltfreundliche Versand der Produkte mit Hilfe des Europaletten-Tauschsystems.

In *Anlage 4* ist das Layout eines konventionellen Dachziegelwerkes ohne plastische Naßaufbereitung dargestellt. Die in den Verfahrensablauf integrierten Transportsysteme für Trocknungs-Formlingsträger sowie Brennhilfsmittel (Kassetten) beeinflussen die Energiebilanz der Produktionsanlage negativ.

3. Vorschläge der Dachziegel-Industrie für weitere Energie- und CO₂-Reduzierung

Unter Ziffer 1.3 wurde anhand von Beispielen auf den schon realisierten Beitrag der Ziegelindustrie zur Energieeinsparung und Klimavorsorge hingewiesen.

Da sich die Ziegelindustrie jedoch schon sehr frühzeitig der Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft angeschlossen hat, müssen weitere Einsparpotentiale gefunden und umgesetzt werden, um im Rahmen des CO₂-Monitorings positive Ergebnisse vorlegen zu können.

Für die in Ziffer 2. beschriebenen konventionellen Produktionslinien werden seitens der Industrie bzw. forschender Institute u. a. folgende weitere Ansatzpunkte vorgeschlagen:

- Erstellung von Energiebilanzen durchgängig über alle Verfahrensstufen
- Gleichmäßige und möglichst hohe Kapazitätsauslastung zwecks Relativierung der Wärmeverluste
- Flexibilisierung der Arbeitszeit im Sinne eines kontinuierlichen Energieverbrauches über 7 Tage x 24 Stunden
- Entwicklung von Niedrigbrandmassen- und engoben
- Maßnahmen zur Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit (Verkürzung der Brenndauer, Schnellbrand)

Im Rahmen des Vorhabens „Errichtung einer dachkeramischen Produktionsstätte als Demonstrationsprojekt“ sollen darüber hinaus zusätzliche Lösungswege aufgezeigt und realisiert werden, die sich keineswegs nur an der Umsetzungsfähigkeit in konventionell ausgerichteten Werksanlagen orientieren, sondern vielmehr neue, innovative Technologien voraussetzen.

Insbesondere sollen auch das Produkt selbst und dessen anwendungstechnische Optimierung in eine ganzheitliche ökonomisch-ökologische Betrachtung einbezogen werden.

4. Die Dachziegelarten und ihre spezifischen Einsparpotentiale

Entsprechend *Anlage 1* wird bei der Produktion von Dachziegeln nach zwei Herstellungsarten, nämlich längs- und querverfalzte Preßdachziegel sowie Strangdachziegel unterschieden, welche fertigungsbedingt keine oder allenfalls nur Längsfalze aufweisen.

Als Beispiele für die Gruppe der Preßdachziegel ist in *Anlage 5* ein Doppelfalzziegel und in der *Anlage 6* eine einfache längs- und querverfalzte Flachdachpfanne dargestellt.

Zur Gruppe der Strangdachziegel gehören u. a. der Biberschwanzziegel (*Anlage 7*), die Hohl-(S)-Pfanne (*Anlage 8*) sowie der Strangfalzziegel (*Anlage 9*).

Beim Dachziegel-Zubehör gelten für beide Arten im wesentlichen einheitliche Produktionsbedingungen. Wenngleich auch die Herstellung eines Preßdachziegel-Ortganges aufwendiger ist als die eines Biberschwanz-Ortganges, muß das Zubehör der Strangdachziegel-Gruppe genau wie das der Preßdachziegel durch Nachpressen von vorextrudierten Batzen gefertigt werden.

Bei der konzeptionellen Bearbeitung einer energie- und CO₂-minimierten Produktionsstätte für Dachziegel (Thematik des Projektes) kristallisierte sich schon sehr bald heraus, daß durchgreifende und wirksame Realisierungsschritte sehr viel erfolgreicher bei Strangdachziegel als bei Preßdachziegel zu erreichen sein würden.

Dies gilt insbesondere für den Versuch, Dachziegel brennhilfsmittel- und formlingsträgerfrei herzustellen und damit den energieverbrauchenden Einsatz von U- oder H-Kassetten zu vermeiden.

Die Ansatzpunkte für die innovativen Verfahrensschritte werden detailliert nachfolgend unter Ziffer 5 beschrieben.

Eine Konzentration der Prozeßoptimierung auf die Gruppe der Strangdachziegel-Erzeugnisse setzt voraus, daß diese Produkte auch mit einem bedeutenden Anteil am Bedarfsaufkommen vertreten sind. Hierüber gibt *Anlage 1* „Dachziegelproduktion in Deutschland“ Aufschluß. Danach sind die Strangdachziegel in den Jahren 1987 - 1995 mit mehr als 30 % an der Produktion beteiligt gewesen, wobei insbesondere bei Biberschwanzziegeln in den beiden letzten Jahren zweistellige Zuwachsraten auffallen.

Das Produktionsvolumen von ca. 300 Mio. Strangdachziegeln p. a. rechtfertigt es, das Demonstrationsprojekt in Guttau/Kreis Bautzen zunächst mit dieser Produktgruppe zu starten,

zumal eine Vielzahl von Synergien auch für die Modifizierung von Preßdachziegel-Techniken einsetzbar sind.

Darüber hinaus lassen die ökonomisch-ökologischen Vorteile - wie nachfolgend die Darstellung der Projektergebnisse unter Ziffer 7 und Ziffer 8 zeigt - den Schluß zu, daß allein hierdurch eine weitere Stärkung der Marktanteile durchsetzbar ist und der Anteil am gesamten Tondachziegel-Bedarf vergrößert werden kann.

Mit einem Bedarf von ca 36 Stck./m² Dach und dadurch bedingt höheren Verlegekosten hat hierbei der Biberschwanzziegel größere Hürden zu überwinden.

Andererseits bietet gerade dieses Produkt die größten Einsparpotentiale bei der Modifizierung der seither üblichen Fertigungsmethode, so daß im Sinn der Erfolgsabschätzung hier vorrangig anzusetzen ist.

Da für Biberschwanzziegel als auch für S- bzw. Hohlpfannen gleiche oder ähnliche Technologien zur Energie- und CO₂-Reduzierung eingesetzt werden können, kommen praktisch alle an einem innovativen Verfahren bei Biberschwänzen ausgetesteten Ergebnisse auch der S-Pfanne zugute.

Bei extrudierten Pfannen muß aus fertigungstechnischen Gründen - wie bereits erwähnt - auf eine Querverfälschung verzichtet werden, was in Verbindung mit den keramischen Maß- und Ebenheitstoleranzen zu einer Gebrauchseinschränkung bei flacheren Dachneigungen führt.

Dieser Nachteil soll vorhabensgemäß dadurch kompensiert werden, daß die einzelnen Schritte der neuen Prozeßtechnologie nicht nur zur Energieeinsparung, sondern auch zu einer signifikanten Qualitätsverbesserung mit größerer Anwendungssicherheit führen.

Unter dieser Voraussetzung werden der Strangdachpfanne zukünftig gute Marktchancen vorausgesagt, zumal die Verlegekosten pro m² Dachfläche denen von Preßdachziegel ebenbürtig sind.

5 Ansatzpunkte der neuen Verfahrenstechnologie des Demonstrationsprojektes

5.1 Höhere Gewichtung der Rohstoffe

Die dem Demonstrationsvorhaben Guttau zugrunde gelegte Konzeption geht von dem Grundsatz aus, daß die eingesetzte Technologie sich nicht vorrangig an einem regional verfügbaren Tonrohstoff ausrichten soll, sondern ausgewählte, ggf. auch transportintensivere Rohstoffkomponenten den Einsatz innovativer Technologien ermöglichen sollen.

Deshalb wurden Versätze mit stabilisierenden Hartstoffanteilen entwickelt und flußmittelreiche Tone mit Sintereffekt für den Scherben eingesetzt.

Hierdurch soll eine Minderung der Scherbendicke sowie eine deutliche Gewichtsreduzierung erreicht werden. Der daraus resultierende geringere Massebedarf kompensiert ggf. den Transportkostennachteil einer entfernteren Rohstoffkomponente.

Bei der Rohstoffauswahl war ferner darauf zu achten, daß ein möglichst geringerer Anteil von Erdalkali-Karbonaten vorhanden ist, um eine CO₂-Freisetzung durch thermische Dissoziation dieser Bestandteile in Grenzen zu halten.

5.2 Trocken-Feinmahlung der Tone

Wie bereits unter Ziffer 2.1 festgestellt, kann das Spektrum der anwendungstechnisch- und qualitätsrelevanten Produkteigenschaften durch den Einsatz einer Trocken-Feinmahlung deutlich verbessert werden. Dies gilt z. B. für eine geringere Wasseraufnahme des Scherbens, Erhöhung der Frostbeständigkeit, Resistenz gegen Algen und Vermoosung, Verbesserung der Schnellbrandtauglichkeit sowie eine entsprechende Optik der Oberfläche.

Die signifikante Erhöhung der in DIN 456 - Dachziegel - geforderten Tragfähigkeit bei feinstaufbereiteten Dachziegelmassen kann ebenso wie die Rohstoffauswahl zu einer Reduzierung der Ziegeldicke genutzt werden. Darüber hinaus begünstigt die Feinaufbereitung das Extrusionsverhalten einer steifverpreßten Ziegelmasse, indem die Bildsamkeit verbessert wird.

Investitions- und Betriebskosten einer Trockenfeinmahlung sind zumindest dann nicht höher wie bei einer plastischen Naßaufbereitung, wenn schwierige Materialien einen hohen Ausstattungsgrad dieser Verfahrensstufe erfordern.

5.3 Steifverpressung

Wie bereits im Projektantrag, Ziffer 3.1. erwähnt, soll durch eine deutlich steifere Verpressung mit einem verminderten Anmachewassergehalt erreicht werden, daß die Primärenergie beim Trockenprozeß nachhaltig verringert wird.

Die theoretischen Rechenmodelle der Antrags-Anlagen 3.1.1. und 3.1.3. besagen, daß bei einer Reduzierung der Preßfeuchte von 22 % auf angenommene 15 % eine Einsparung an Trocknungsenergie von 38 % eintritt. (Anmerkung: Hier muß ggf. ein Mehrverbrauch an elektrischer Energie beim Kraftbedarf des Extruders gegengerechnet werden.)

Die Steifverpressung ist darüber hinaus Voraussetzung für erfolgsversprechende weitere Maßnahmen zur Energieeinsparung. Nur dann nämlich, wenn der Steifheitsgrad eine hohe Eigenstabilität der extrudierten Formlinge bewirkt, läßt sich die formlingsträgerfreie Direkttrocknung auf dem Ofenwagen als Verfahrensinnovation realisieren, welche beim Demonstrationsverfahren Guttau/Kreis Bautzen Kernpunkt des Konzeptes ist.

Schließlich soll eine höhere Preßsteife auch zu einer exakter ausgeprägten Körperbeschaffenheit der Strangdachziegel führen und dadurch zu einem Ausgleich etwaiger Nachteile durch fehlende Querverfaltung beitragen.

5.4 Strangdachziegel nach der Spaltplatten-Technologie

Durch die STRÖHER-Marktführerschaft bei keramischen Spaltplatten nach DIN-EN 186 bietet das dort in permanenter Prozeßoptimierung gewonnene Know How gute Voraussetzungen für eine gezielte Anwendung bei der Dachkeramik.

Insbesondere die Spaltplatten-Großformate 1600, 1610 und 3610 sowie deren produktionstechnische Details sind für eine Übertragbarkeit auf Strangdachprodukte geeignet.

So erfordern die paarig und rückseitig mit Sollbruchstegen extrudierten Spaltplatten-Großformate zwingend bestimmte Mindestvoraussetzungen bei der Rohstoffauswahl, der Veratzgestaltung, der Feinstaubbereitung und auch der Steifverpressung.

Die hier bereits vorliegenden Grundkenntnisse führten zu einer Überschaubarkeit des Entwicklungsaufwandes und zu einer konkreten Einschätzung des Projektrisikos.

Die aus der Spaltplatten-Herstellung abgeleitete Schneidetechnik für steifverpreßte, formlingsträgerfreie Biberschwanzziegel mit Übertragbarkeit auch auf S- bzw. Hohlpfannen wurde im Vorfeld des Projektes bereits schutzrechtlich angemeldet und führte während der Projektlaufzeit zur Erteilung des deutschen Patentes Nr. P 4302 621.4.

5.5 Fertigungstechnische Ansatzpunkte

Die vorstehend in den Ziffern 5.1 bis 5.4 beschriebenen Modifizierungen von vorgeschalteten Verfahrensstufen sollen vorhabensgemäß eine Fertigungsvariante ermöglichen, die durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:

- Vertikales Extrudieren eines Spaltbiber- bzw. Strangpfannen-Doppelstranges unter Verwendung eines für Steifverpressung geeigneten Vakuumaggregates.
- Ablängen des Doppelkasten-Formlings durch Anwendung einer Kombination aus seitlichem Stanzen der Rundschnitte und Schneidens mit Draht.
- Elektronisch-pneumatisches Durchschneiden der Verbindungsstege an den Rückseiten der Strangdachziegel entsprechend der Steglänge (quer), wobei die Stegeinkerbungen im Bereich der Nasen nicht wirksam werden.
- Aufreihen der Formlingskästen und direktes, brennhilfsmittelfreies zweilagiges Besetzen der Tunnelofenwagen unter Anwendung der Schränktechnik („Fischgrätbesatz“).
- Integrierte Zubehörfertigung mittels Stahlformen bei ebenfalls Verzicht auf jegliche Formlingsträger und Brennhilfsmittel.
- Verwendung eines zweietagigen Verbundaggregates für Trocknen (ebenerdig) und Brennen.

Die Kompaktbauweise soll Reabsorption der getrockneten Formlinge sowie Abstrahlverluste minimieren und kürzeste Heißluftverbindungen zwischen Trocken- und Brennkanal ermöglichen.

- Deutliche Verringerung der maschinellen Installationen, hierdurch Senkung des elektrischen Energiebedarfes, der Investitionskosten sowie des Flächenbedarfes für die Fabrikanlage.

5.6 Ökologischer Ansatzpunkt

Gemäß der Selbstverpflichtung der Deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge soll der spezifische CO₂-Ausstoß bis zum Jahre 2005 um weitere 20 % gesenkt werden. Zugrunde gelegt wird hierbei für die Ziegelindustrie die Kennziffer kg CO₂ pro kg Ziegel.

Das Institut für Bau- und Grobkeramik GmbH, Weimar, verweist zu Recht darauf, daß nicht die Masse der (Dach)-Ziegelprodukte, sondern die mit einer bestimmten Masse Dachziegel belegbare Dachfläche volkswirtschaftlich relevant ist. Beim Demonstrationsverfahren Guttau soll deshalb von vornherein ein extrem leichter, jedoch adäquater Dachziegel mit anwendungstechnischen Vorteilen entwickelt und hergestellt werden.

Konzeptionsgemäß war deshalb die aussagefähigere Kennziffer „kg CO₂ pro m² Dachfläche“ in den Vordergrund zu stellen.

6 Durchführung, benutzte Methoden

Auf der Basis des Arbeitsplanes (Ziffer 5.1 des Projektantrages) wurden die konkreten Aufgabenstellungen für die Konzeption des Demonstrationsvorhabens im Detail definiert und entweder Projektteams oder einzelnen kompetenten Mitarbeitern zur Bearbeitung zugeordnet.

Hierbei wurden umfangreiche zeichnerische und rechnerische Planungsunterlagen für herkömmliche Dachziegelanlagen herangezogen und ausgewertet.

Viele Betriebsbesichtigungen wurden intensiv dazu genutzt, den technisch aktuellen Stand aller energie- und CO₂-reduzierenden Möglichkeiten zu erfassen.

Im Rahmen der Überarbeitung der konventionellen Layouts wurden alle Verfahrensschritte auf ihre Modifizierungsfähigkeit im Sinne der Aufgabenstellung überprüft.

Die vorstehend in den Ziffern 5.1 bis 5.6 aufgeführten Ansatzpunkte wurden hierbei konkretisiert und entweder nur einem einzigen oder aber mehreren Arbeitsschritten zugeordnet.

Um die geplanten energiesparenden Innovationen risikoärmer zu gestalten, wurden die vorhandenen Spaltplatten-Produktionslinien der STRÖHER-Werksanlagen Dillenburg und Frohnhausen soweit wie möglich für die verfahrenstechnische Bestätigung der Ansatzpunkte genutzt.

Es konnten hierbei allerdings nur eingeschränkte Erkenntnisse gewonnen werden, weil zwar auf eine formlingsträgerfreie, nicht aber brennhilfsmittelfreie Versuchsanordnung zurückgegriffen werden mußte.

Wichtigste Ergänzung des im Projektantrag niedergelegten Arbeitsplanes waren Basis-Entwicklungen bei den Produktionsvorstufen Massegestaltung und Aufbereitung. Um hier insbesondere der ökologischen Komponente, d. h. der Kennziffer „kg CO₂/m² Dachfläche“ Rechnung zu tragen, wurden zusätzliche Arbeiten bei der Rohstoffauswahl- und Erprobung sowie der Trocken-Feinstaufbereitung notwendig.

Nach dieser Phase erfolgte die erste Kontaktaufnahme mit leistungsfähigen Ausrüsterfirmen der Ziegelbranche, um deren Bereitschaft zur Integration von modifizierten Verfahrensschritten in einen herkömmlichen Fertigungsablauf von Strangdachziegeln zu erkunden. Bei der Auswahl der Anbieterfirmen war neben einer vollständigen Berücksichtigung der vorgegebenen innovativen Verfahrensänderungen vor allem eine überzeugende Lösung für alle Schnittstellen zwischen gängigen und neuartigen Installationen maßgebend.

Den Zuschlag erhielt schließlich die Fa. Vogel + Noot Industrieanlagenbau GmbH, Graz, auf der Basis eines kostengünstigen und technisch ansprechenden Angebotes. Hervorzuheben ist die Bereitschaft der Fa. VNI, während der Realisierung des Projektes allen notwendig werden den konzeptionellen Änderungen Rechnung zu tragen und aktiv bei der Suche nach optimalen Lösungswegen mitzuwirken.

Die Basisplanung sowie die Koordinierung aller Detailplanungen des Demonstrationsvorhabens oblag der Planungsabteilung der Fa. Ströher. Damit war gewährleistet, daß alle erforderlichen Grundkenntnisse aus der Spaltplattentechnologie sowie den Projekt-Vorlaufarbeiten, so z. B. der Schneidetechnik für einen Spaltbiber-Kasten (siehe auch Ziffer 5.4) berücksichtigt wurden.

Anlage 10 zeigt das zur Ausführung bestimmte Layout der verfahrenstechnisch-neuartigen Produktionslinie für Strangdachziegel mit der Beschreibung der einzelnen Fertigungsstationen. Die Grundrißdarstellung enthält zusätzlich eine Zusammenstellung aller Emissionsströme der Anlage mit Angabe der Reingas- bzw. Abgasvolumen und der vorgegebenen Schadstoff-Grenzwerte.

Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, daß technische Änderungen, die sich aus der Integration und Erprobung neuartiger Detailverfahren ergeben können, jederzeit umsetzungsfähig sind.

Die in Anspruch genommenen Drittleistungen von VNI wurden entsprechend den Arbeits- und Kostenplänen des Antrags in die Einzelschritte:

- Modifizierung der Setzanlage
- Modifizierung der Trocknungsanlage
- Modifizierung der Ofenanlage sowie
- Technische und wissenschaftliche Datenerfassung

aufgegliedert. Auf Wunsch des Zuwendungsgebers DBU (Schreiben vom 24.3.1994) erfolge eine Präzisierung und Untersetzung ausgewählter Positionen des Fremdleistungsangebotes sowie die Ausweisung von Mehraufwendungen des innovativen Anteils gegenüber der vergleichbaren Standardausrüstung.

Mit der Bestellung von Herrn Dipl.-Ing. (FH) J. Schwarz zum Projektleiter wurde einem in der Abwicklung von F+E-Vorhaben erfahrenem Keramik-Ingenieur die Gesamtkoordination übertragen. Die Erfahrungen bei bereits abgewickelten Projekten (siehe *Anlage 4* des Pro-

jektantrages) konnten insoweit vorteilhaft eingebracht werden, als es sich hierbei ebenfalls vorrangig um Themen der Energie- und CO₂-Einsparung gehandelt hat.

Im ersten Teil der Realisierungsphase wurden am Standort Guttau die erforderlichen infrastrukturellen Arbeiten sowie die Errichtung des baulichen und herkömmlichen Teils der Produktionsanlage durchgeführt. Hierbei konnten bereits Kostenvorteile dadurch erreicht werden, daß der gestraffte und vereinfachte Werksgrundriß einen geringeren Geländebedarf erforderte.

Mit der örtlichen Bauleitung wurde Herr Dipl.-Ing. (FH) W. D. Dannehl beauftragt. Zu seinen Aufgaben gehörte sowohl die Errichtung des konventionellen Teils der Anlage als auch die Überwachung der Integrierung aller modifizierten Verfahrensschritte. Der kontrollierte Einbau der neuartigen Technik erfolgte auf Basis von technischen Spezifikationen und Dokumentationen, Leistungsbüchern und Layouts, welche zwischen der Planungsabteilung Ströher und VNI abgestimmt wurden.

Eigenleistungen von Ströher wurden durch eine versierte Montagekolonne bestehend aus Fachhandwerkern des Standortes Dillenburg in Guttau umgesetzt.

Bei der Terminplanung, die in Korrespondenz mit der Projektlaufzeit erstellt wurde, ergaben sich anfängliche Verzögerungen bei der Fertigstellung der Grundausrüstung (siehe Zwischenbericht vom 17.1.1995).

Für das Anfahren der Produktionslinie wurden Spaltplattengroßformate, Spaltbiber sowie zusätzlich Ballastmaterialien benutzt. Die Fertigprodukte wurden während der Korrekturphase stärkeren Schwankungen durch Einstell- und Regulierungsmaßnahmen unterworfen und deshalb als Mindersortierung absortiert.

Die anschließenden längeren und im Block gefahrenen Versuchsraten erstreckten sich über die gesamte Projektlaufzeit. Die Ergebnisse des Austestens sind nachfolgend unter Ziffer 7 beschrieben; ergänzend wird auf die Darstellung der Zwischenresultate in den jeweiligen Berichten zum Projektfortschritt hingewiesen.

Die anfänglichen Zeitverzögerungen konnten nicht durch eine Straffung der Modifizierungsarbeiten bzw. Verkürzung der Versuchsabläufe ausgeglichen werden, so daß am 7.11.1995 eine Projektverlängerung von 12 Monaten beantragt wurde. Diesem Antrag wurde seitens des Zuwendungsgebers entsprochen.

Wie im Zwischenbericht vom 25.7.1995 erwähnt, wurde Herrn Dannehl neben seiner Funktion als örtlicher Bauleiter ab 1.7.1995 die Projektleitung in Nachfolge von Herrn Schwarz übertragen.

Die Durchführung des Demonstrationsprojektes wurde intensiv vom Institut für Bau- und Grobkeramik GmbH, Weimar, wissenschaftlich begleitet.

Alle erfolgsversprechenden Methoden zur Erzielung meßbarer Energieeinsparungen wurden in fortlaufenden Projektbesprechungen vor Ort mit dem IBK-Geschäftsführer, Herrn Dr. Röhrs und seinen Mitarbeitern diskutiert und, wenn notwendig, neu konzipiert. Von den Besprechungsergebnissen wurden der DBU gesonderte Protokolle zur Verfügung gestellt. Die in Abschnitten vorgenommenen wärmeenergetischen Messungen am Demonstrationsprojekt wurden von Herrn Dipl.-Ing. Ferber (IBK) durchgeführt und ausgewertet. Sie dienen der Optimierung der innovativen Prozeßstufen sowie der vergleichenden Bewertung des Vorhabens mit herkömmlichen Technologien.

Die ökologisch-ökonomische Gesamtbilanzierung des Vorhabens wurde von Herrn Dr. Ing. Hohmann (IBK) erstellt. Im Rahmen dieser Bilanz wird das Projekt in eine Gesamtbetrachtung gestellt, die sich sowohl an der Dachziegelproduktion als auch an anwendungstechnischen Kriterien orientiert. Zur ökologisch ökonomischen Bilanzierung wird auf nachstehende Ziffer 8 des Berichtes verwiesen.

Die bei der Durchführung des Projektes aufgewendeten Kosten lagen nur geringfügig über der Vorkalkulation. Von der Verstärkung einzelner Positionen nach Ziffer IX (3) der „Vorläufigen Verfahrensbestimmungen - Teil B“ wurde Gebrauch gemacht. Soweit hierbei Mehrausgaben von über 20 % erforderlich wurden - dies betrifft die Position Fremdaufträge an Dritte - wurde

mit Befürwortung durch die wissenschaftliche Begleitung (IBK) der Zuwendungsgeber um Zustimmung ersucht.

7. Ergebnisse des Projektes

7.1 Ergebnisauswertung vertikal extrudierter Strangdachziegel

In der Startphase des Projektes wurde versucht, die beiden Hauptprodukte der Strangdachziegel-Gruppe, nämlich S- bzw. Hohlpfanne als auch Biberschwanzziegel vertikal nach Vorbild der Spaltplatte als Doppelkasten zu extrudieren. Mit Hilfe einer gezielten Rohstoffauswahl, einer modifizierten Aufbereitung und der Steifverpressung sollte ein völlig formlingsträger- und brennhilfsmittelfreies Herstellungsverfahren mit beachtlichem Energieeinsparungseffekt erreicht werden.

Während sich bei der Hohlpfanne ausformungstechnische Probleme ergaben - deren Ursache in den Zwischenberichten zum Projektfortschritt erläutert wurden - konnte bei Biberschwanzziegel ein den Erwartungen entsprechendes Ergebnis erreicht werden.

Die Bewertung des Ergebnisses orientiert an der Anlage 3.1.2 des Projektantrages, in welcher die Ziel-Vorstellungen des Demonstrationsvorhabens zwei verschiedenen herkömmlichen Produktionsanlagen für Dachziegel gegenübergestellt wurden.

Vor weiterführenden Versuchen mit horizontal extrudierten Strangdachpfannen wurde deshalb für das Produkt Biberschwanzdachziegel am 12.5.1995 durch das Institut für Bau- und Grobkeramik, Weimar, eine erste energetische Messung durchgeführt (*Anlage 11*).

Die Ergebnisse dieser Messung wurden in einem Soll-Ist-Vergleich den Zielvorstellungen aus dem Projektantrag gegenübergestellt (*Anlage 12*).

Hierbei finden sich die erwarteten Wärmeverbrauchsdaten unbeschadet der baugemmetrisch veränderten Abmessungen des Trocken- und Brennaggregates nahezu bestätigt.

Gegenüber dem Stand der Technik kann somit eine signifikante Reduzierung des spezifischen Energiebedarfs und damit korrelierend auch der CO₂-Emission festgestellt werden.

7.2 Ergebnisse der Produkt-Optimierung

Durch die in den vorstehenden Ziffern 5 + 6 beschriebenen Maßnahmen (u. a. gezielter Rohstoffeinsatz, Versatzgestaltung, Feinstaufbereitung, Steifverpressung etc.) konnten folgende Produkteigenschaften und -Merkmale erreicht bzw. verbessert werden:

- Gesinterter Scherben mit reduzierter Wasseraufnahme von 3 % mit positiven Folgewirkungen wie:
 - Resistenz gegen Ansatz von Moos und Algen
 - höhere Resistenz gegen Luftschadstoffe
 - Verbesserung der Frostbeständigkeit
 - extrem gute Tragfähigkeit von 1,48 KN (Norm-Soll = 0,5 KN)
 - Verringerung der Scherbendicke um ca. 25 % auf nur noch 12 mm (Biber)
 - stark vermindertes Eindeckungsgewicht pro m² Dachfläche
 - Verbesserung der Wasserundurchlässigkeit
 - Geringere Toleranzen bei Formhaltigkeit und Maßen durch Steifverpressung. Es werden die Werte der strengeren DIN EN 186 für Spaltplatten eingehalten und gewährleistet.
 - exaktere Oberflächenbeschaffenheit durch Feinstaufbereitung
 - größerer Transportradius durch geringes spezifisches Ladegewicht
 - geringere Fluor-Austreibung beim Brennprozeß durch Scherbenversinterung
 - Schonung von Ressourcen und Landschaft durch geringeren Rohstoffbedarf pro m² Dachfläche
 - Erleichterung der Verlegearbeit durch geringeres Produktgewicht

Die Ergebnisse der Produktoptimierung bilden zusammen mit den Ergebnissen der Verfahrensoptimierung die Grundlage der positiv zu bewertenden ökologisch-ökonomischen Gesamtbilanzierung (Ziffer 8).

7.3 Ergebnisse des horizontalen Alternativ-Extrusionsverfahrens

Im Gegensatz zum Strangdachziegelprodukt Biber ergaben sich beim Vertikal-Extrudieren von S- bzw. Hohlpfannen größere Schwierigkeiten als erwartet. Die geschwungene Oberfläche führte bei dem paarig angeordneten Doppel-Spaltkasten zu einer komplizierten Ausbildung des

Formwerkzeuges (Mundstück). Auch speziell konstruierte Brems-, Kernbügel- und Einstellsysteme konnten keinen gleichmäßigen Strangvortrieb bewirken. Die Installierung eines neuartigen Doppelschnecken-Extruders (Fa. Händle, Mühlacker) als Versuchsaggregat wurde am Standort Dillenburg dazu genutzt, rheologische Modelle zum gleichmäßigeren Fließverhalten der Massen auszutesten. Ein durchschlagender Erfolg konnte im Hinblick auf die erforderliche höchste Präzision des Strangvortriebes für die nachfolgende Stanz- und Schneidetechnik jedoch nicht erreicht werden. Es wurde deshalb versucht, über horizontales Extrudieren eines Flachstranges nach bekanntem Verfahren Strangpfannen auszuformen und abzulängen, diese dann aber ebenso wie der Biberdachziegel formlingsträgerfrei zu trocknen und kassettenfrei zu brennen. Die Umsetzung dieses Konzeptes erfordert ein steifplastisches Ablegen der S-Pfannen einlagig auf dem Besatz-Unterbau des TOW-Plateaus. Das gleichmäßige Beaufschlagen der trocknungstechnisch ungünstigen großen Plateaufläche mit Warmluft war in dem baugemeinisch niedrig ausgeführten Trockenkanal jedoch nur unvollkommen zu erreichen, was durch die nur einseitig anströmbare Trockenoberfläche der positionierten Formlinge noch verstärkt wurde. Die trotz großer Plateaufläche bei einer Flachlage anzahlmäßig wenigen Pfannen pro TOW erforderten darüber hinaus eine prozeßtechnisch nicht beherrschbare kurze Durchlauf- und Trockenzeit. Für die Verfahrensstufe Trocknen mußte deshalb ein separater Transportträger-Umlauf beibehalten werden.

Realisiert werden konnte dagegen das einlagige Brennen von Strangpfannen auf einem SIC-Filigranunterbau bei völliger Entbehrlichkeit eines energetisch ungünstigen Kassetten-Kreislaufes.

Anlage 13 zeigt im Bild Details der Horizontal-Variante wie Spezialextruder, Auspressen, Schneiden, Ablegen auf Trockenrahmen, einlagiger TOW-Besatz.

Ab Quartal IV/96 stand mit Werk Guttau II ein weiterer Flachdeckofen (Fa. Keller) zur Verfügung, der für die Optimierung des einlagigen Brennverfahrens genutzt werden konnte. Das Keller-Brennaggregat wurde zwar für querverfaltzte Preßdachziegel konzipiert und soll nicht die für Strangdachziegel als Demonstrationsvorhaben errichtete VNI-Anlage Guttau I ersetzen.

Die erheblich größeren Plateaus mit entsprechender Mehrkapazität des Einlagen-Besatzes ermöglichen jedoch das Testen einer mit Vorteilen verbundenen längeren Ofendurchlaufzeit. Aufgrund von Versuchsergebnissen wird deshalb vorgeschlagen, bei der Realisierung von Nachfolgeprojekten für den Einlagenbrand von flachextrudierten S- bzw. Hohlpfannen konzeptionell ein dem Keller-Ofen adäquates Aggregat vorzusehen.

Das Institut für Bau- und Grobkeramik, Weimar, wurde ersucht, im Rahmen einer wärmeenergetischen Bewertung analog zur bereits am 12.5.1995 durchgeführten Untersuchung der ITO-Anlage (Biber) zusätzlich das Demonstrationsergebnis für das Produkt Strangpfanne festzustellen. Hierfür wurden die Daten der Keller-Anlage aufbereitet und rechnerisch übernommen.

Die entsprechende Auswertung ist aus *Anlage 14* ersichtlich. Im Hinblick auf die volkswirtschaftlich gesehen wichtige Kennziffer des Energieverbrauchs „pro m² Dachfläche“ vergleicht IBK die Eindeck-Gewichte (m²) und bestätigt in einer Gegenüberstellung die Einsparpotentiale des Produktes Strangdachpfanne.

Während die Erstmessung (5/95) die durch Scherbenoptimierung und Verfahrensinnovation erreichte Energiereduzierung des Demonstrationsvorhabens nachweist, erfaßt die Wiederholungsmessung zusätzliche energetische und ökologische Vorteile für die S- bzw. Hohlpfanne innerhalb der Produktgruppe Strangdachziegel.

Insoweit sind alle Anstrengungen gerechtfertigt, die in Ziffer 4 dargelegten Marktanteile stranggepreßter Dachkeramik zu verstärken.

Hierzu ist es notwendig, in weiterführenden Fragestellungen die noch nicht befriedigenden preß- und trockentechnischen Ergebnisse bei der Strangdachpfanne zu untersuchen und Lösungsansätze aufzuzeigen.

Nach Einschätzung der am Projekt mitwirkenden Ingenieure wird bei gezielter Fortführung der Verfahrensoptimierung jedoch der gleiche Innovationsgehalt wie beim Biberschwanz-Strangdachziegel erreichbar sein.

8. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des Projektvorhabens

Die CO₂-Reduzierung bei thermischen Prozessen hat generell eine absolute und eine zur Ökonomie relative Dimension. Die globale Klimagegestaltung wird durch die absolute Dimension beeinflusst, zu deren Erfassung in sich geschlossene Bilanzen erforderlich sind.

Von volkswirtschaftlicher Bedeutung ist für die Dachziegelindustrie, z. B. nicht die Masse aller hergestellten Dachziegelprodukte, sondern die mit einer bestimmten Masse belegbare Dachfläche. Die aussagefähigere ökologische Kennziffer ist somit „kg CO₂ pro m² Dachfläche“ und nicht etwa „kg CO₂ pro kg Dachziegel“.

Herstellungstechnischer Ansatzpunkt ist somit u. a. ein leichter, keramisch hochwertiger Dachziegel mit ausgefeilter Verlegetechnik.

Auf Wunsch der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wurde deshalb die Verfahrenstechnologie des Demonstrationsvorhabens sowie die Produktgestaltung in eine erweiterte Ökobilanzierung hineingestellt und mit deren Erarbeitung das Institut für Bau- und Grobkeramik, Weimar, beauftragt.

Die Bilanzierung erfolgte auf der Basis einer von IBK definierten Aufgabenstellung vom 21.3.1995 sowie eines ergänzenden Vorschlages vom 27.6.1995. Aufgrund der zentralen Bedeutung im Rahmen der Projektthematik wurden sowohl die Bilanzen für das Strangdachprodukt Biberschwanzziegel (Vertikalversion Guttau I) als auch für die horizontal extrudierte und im Einlagenbrand gefertigte S-Pfanne ungekürzt in den Abschlußbericht als *Anlage 15* bzw. *Anlage 16* übernommen. Als Ergebnis findet sich bestätigt, daß aus gesamtgesellschaftlicher Sicht Optimierungen nicht nur in technologischer, sondern auch in bautechnischer Richtung zu betreiben sind. IBK schlägt vor, ökologische Bewertungen zukünftig an einem CO₂-Koeffizienten zu orientieren, der sowohl die spezifische Kennziffer des CO₂-Äquivalents aus der Produktion, als auch des CO₂-Äquivalents aus der Anwendung berücksichtigt. Hierzu wurde folgende Zahlenwertgleichung entwickelt:

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg Brenngut}} \times \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{ Dachfläche}} = \text{KCO}_2$$

Die Optimierungsaufgabe besteht dann in einer Minimierung des Koeffizienten

$$KCO_2 \rightarrow \text{Null}$$

IBK errechnet beim Demonstrationsvorhaben Guttau CO₂-Koeffizienten, mit einem sowohl beim Biberschwanddachziegel als auch bei der S-Pfanne deutlich niedrigen Wert wie bei herkömmlich hergestellten Dachziegeln.

Beide Ökobilanzen (Anlage) schließen mit der positiven Aussage ab, daß das Demonstrationsobjekt den Anspruch auf Vorbild erfüllt.

9. Ausblick

Für die Dachziegelbranche wird in den nächsten Jahren eine beachtliche Investitionstätigkeit vorausgesagt, wobei es sich sowohl um Erneuerungs- und Rationalisierungsmaßnahmen als auch um Kapazitätsausbau handeln wird.

Antriebskräfte sind hierbei u. a.

- verschärfter Wettbewerbsdruck mit restriktiver Preisentwicklung
- Zwang zur Verbesserung der Kostenstruktur
- Kampf um Marktanteile der Tondachziegel beim steilen Dach
- Umweltauflagen und ausgeprägteres Umweltbewußtsein
- etwaige Negativ-Ergebnisse der jährlichen Monitorings des RWI mit alternativer Energiesteuer
- Verbesserung der Produktqualität und -Palette

Für die potentiellen Investoren ist es wichtig und hilfreich, innovative Technologien mit ökologisch-ökonomischen Vorteilen einsetzen zu können, die dem seitherigen technischen Stand voraus sind.

Der vorliegende Abschlußbericht hat aufgezeigt, daß das Demonstrationsvorhaben in Guttau/Kreis Bautzen hier richtungsweisende Lösungen aufzeigen kann.

Eine besondere Bedeutung kommt nunmehr einer gezielten Information der Branche sowie Veröffentlichung der erreichten Ergebnisse in Fachpublikationen zu.

Folgende PR-Maßnahmen wurden inzwischen durchgeführt:

- mehrseitige detaillierte und bebilderte Abhandlung in der Fachzeitschrift ZI-Ziegelindustrie International
- umfangreiche Berichterstattung in den Fachorganen „Keramische Zeitschrift“ sowie „Cfi - Ceramic forum International“
- Detailinformation in den anwendungstechnischen Fachzeitschriften „DDH - Dachdeckerhandwerk“, „DDM - Dachdeckermeister“ und „DZ - Dachdeckerzeitung“
- Zusammen mit der Fa. VNI wurde das Demonstrationsvorhaben als Bestandteil eines Messeauftrittes allen Interessenten im Rahmen eines „Tages der offenen Tür“ zugänglich gemacht.

Im Sinne eines umfassenden Know-How-Transfers wurde darüber hinaus mit VNI ein Nutzungsvertrag abgeschlossen, der es gestattet, unter Anwendung der neuen Technologie kundenspezifische Versuche durchzuführen und alle Verfahrensstufen detailliert zu erläutern.

Von multiplizierender Wirkung sind ferner die Vereinbarungen zur Nutzung des Deutschen Patentes 43 02 621 mit VNI bzw. einem weiteren renommierten deutschen Anlagenbauer. Bei den Firmen wird damit kostenfrei gestattet, die für STRÖHER geschützten und dem Demonstrationsvorhaben zugrunde liegenden Verfahrensschritte bei weiteren Projekten anzuwenden.

Mit besonderer Aufmerksamkeit und Interesse dürften bei zukünftigen Investitionen die Ergebnisse der ökologisch-ökonomischen Bilanzierungen (s. Ziffer 8) aufgenommen werden.

Der Vorschlag des Institutes für Bau- und Grobkeramik, Weimar, zukünftige Anstrengungen und Optimierungserfolge mit Hilfe eines aussagefähigen CO₂-Koeffizienten zu bewerten, der sowohl Produktion als auch Anwendung berücksichtigt, ist richtungsweisend.

Da das Demonstrationsvorhaben Guttau für beide Strangdachziegelprodukte, nämlich Biber und S-Pfannen hier Maßstäbe setzt, wurden in einer gesonderten Presse-Aktion alle namhaften Fachorgane auf die ökologische Vorbild-Funktion gezielt aufmerksam gemacht (A n l a g e 17).

Im Hinblick auf die zunehmend schwieriger werdenden Genehmigungsverfahren gerade bei schadstoff-emittierenden Fabrikanlagen ist der Ausblick positiv zu bewerten, daß offensichtlich die Genehmigungsbehörden (BImSchG) vergleichsweise gute CO₂-Koeffizienten zum Ausgleich von Öko-Punkten bei Standort-Eingriffen zulassen. Dieser Vorteil konnte vom Zuwendungsnehmer bei der Erweiterung der Produktion Guttau (Fertigungslinie II) voll in Anspruch genommen werden.

Ausblickend ist schließlich festzustellen, daß die im Projekt realisierten Maßnahmen zur Energie- und CO₂-Reduzierung bei Strangdachziegeln in modifizierter Form auch bei der Optimierung der Verfahrensabläufe für Preßfalzziegel eingesetzt werden können.

Entsprechende FuE-Tätigkeiten des Zuwendungsnehmers außerhalb des DBU-Projektes profitieren hierbei von den Synergien des Demonstrationsvorhabens.

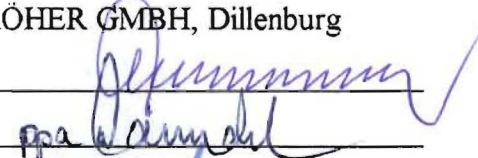
Insoweit setzt das abgeschlossene Projekt Maßstäbe auch für weiterführende künftige Entwicklungen.

Dillenburg,
im März 1997

Zuwendungsnehmer:

STRÖHER GMBH, Dillenburg

Projektleiter:




(W. D. Dannehl)

Weimar,
im März 1997

Wissenschaftliche
Begleitung:

Institut für Bau- und Grobkeramik



(Dr.-Ing. Röhrs)

Quellen-Verzeichnis

1. Erhebungen des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden (verschiedene Daten)
2. Forschungsbericht T 82-027; BMFT März 1982
3. Dr. W. Müller, BV der deutschen Ziegelindustrie; Fachzeitschrift ZI 9/96
4. DIN 456 Dachziegel: Anforderung, Prüfung, Überwachung (Ziegel-Bauberatung der Ziegel-Industrie-Fachverbände)

Dachziegel-Produktion in Deutschland *

	Einheit	1987	1988	Abw. Vj.	1989	Abw. Vj.	1990	Abw. Vj.	1991	Abw. Vj.	1992	Abw. Vj.	1993	Abw. Vj.	1994	Abw. Vj.	1995	Abw. Vj.
Preßdachziegel	1.000 Stck.	249.118	286.562	15,03%	293.233	2,33%	312.067	6,42%	338.191	8,37%	380.068	12,38%	451.168	18,71%	484.768	7,45%	490.768	1,24%
	1.000 DM	294.332	347.429	18,04%	359.989	3,62%	394.156	9,49%	458.471	16,32%	537.814	17,31%	638.424	18,71%	685.969	7,45%	694.460	1,24%
	DM/Stck.	1,18	1,21	2,62%	1,23	1,26%	1,26	2,88%	1,36	7,33%	1,42	4,38%	1,42	0,00%	1,42	0,00%	1,42	0,00%
Strangdachziegel																		
Biberschwänze	1.000 Stck.	127.858	134.943	5,54%	136.438	1,11%	139.706	2,40%	170.213	21,84%	195.017	14,57%	201.017	3,08%	225.017	11,94%	255.017	13,33%
	1.000 DM	86.216	89.333	3,62%	62.210	3,22%	98.150	6,44%	126.233	28,61%	157.905	25,09%	162.763	3,08%	182.196	11,94%	206.487	13,33%
	DM/Stck.	0,67	0,66	-1,82%	0,68	2,09%	0,7	3,95%	0,74	5,56%	0,81	9,18%	0,81	0,00%	0,81	0,00%	0,81	0,00%
Andere **	1.000 Stck.	18.719	20.400	8,98%	19.699	-3,44%	10.697		11.140	4,14%	18.062	62,14%	20.484	13,41%	22.293	8,83%	23.423	5,07%
	1.000 DM	62.015	72.668	17,18%	73.888	1,68%	14.026		12.807	-8,69%	17.797	38,96%	20.183	13,41%	21.966	8,83%	23.080	5,07%
	DM/Stck.	3,31	3,56	7,52%	3,75	5,30%	1,31		1,15	-12,32%	0,99	-14,29%	0,99	0,00%	0,99	0,00%	0,99	0,00%
Sonst. Dachziegel und Zubehör **	1.000 Stck.	11.645	14.081	20,92%	15.208	8,00%	30.235		33.986	12,41%	38.439	13,10%	43.592	13,41%	47.442	8,83%	48.849	5,07%
	1.000 DM	50.712	61.024	20,33%	65.213	6,86%	138.052		160.112	15,98%	178.865	11,71%	202.845	13,41%	220.760	8,83%	231.957	5,07%
	DM/Stck.	4,35	4,33	-0,48%	4,29	-1,05%	4,57		4,71	3,18%	4,65	-1,23%	4,65	0,00%	4,65	0,00%	4,65	0,00%
Gesamt	1.000 Stck.	407.340	455.986	11,94%	464.578	1,88%	492.705	6,05%	553.530	12,35%	631.586	14,10%	716.261	13,41%	779.520	8,83%	819.057	5,07%
	1.000 DM	493.340	570.454	15,65%	591.300	3,65%	644.384	8,98%	757.623	17,57%	892.381	17,79%	1.024.215	14,77%	1.110.891	8,46%	1.155.983	4,06%
	DM/Stck.	1,21	1,25	3,31%	1,27	1,74%	1,31	2,76%	1,37	4,65%	1,41	3,23%	1,43	1,21%	1,43	-0,34%	1,41	-0,96%

* Quelle: Statistisches Bundesamt; für Ost-Deutschland sind bis einschl. 1992 keine Produktionswerte gemeldet

** Aufteilung wurde 1990 geändert. Bis 1989 wurden statt "Andere" Strangdachziegel First- und Gratziegel ausgewiesen.

Folgende Werke wurden bei Kapazitätserweiterungen ab 1993 berücksichtigt:***

Firma:	Ort:	Produkt:	Kapazität/Datum:
Rupp	Narsdorf bei Leipzig	Preßdach- und Biberschwanzziegel	Gesamt 20 Mio. Stck. ab 1993 (15 Mio. Preßdach., 5 Mio. Biber)
Boral	Forberge bei Riesa	Biberschwanzziegel	21 Mio Stck. ab 1995, 10 Mio Stck. ab 1994
F. v. Müller	Görlitz	Preßdachziegel	16 Mio. Stck. ab 1994, 8 Mio Stck. ab 1993
Pfleiderer	Höngeda bei Mühlhausen	Preßdachziegel	16 Mio Stck. ab 1993
Creaton	Großengottern b. Mühlhausen	Preßdachziegel	19 Mio. Stck. ab 1994
Ströher	Guttau	Biberschwanzziegel	16 Mio. Stck. ab 1995
Jacobi	Bilshausen bei Göttingen	Preßdachziegel	11 Mio. Stck. ab 1993
Walther	Langenzenn bei Nürnberg	Preßdachziegel	11,25 Mio. Stck. ab 1994
Walther	Langenzenn bei Nürnberg	Biberschwanzziegel	11 Mio. Stck. ab 1994

*** Aus Sicherheitsgründen wurden zu den hier aufgelisteten Kapazitätserweiterungen in obiger Tabelle der DZ-Produktion jeweils 20 % aufgeschlagen.

Anlage 2: Energieverbrauch wichtiger Wirtschaftszweige in der Bundesrepublik Deutschland - 1997

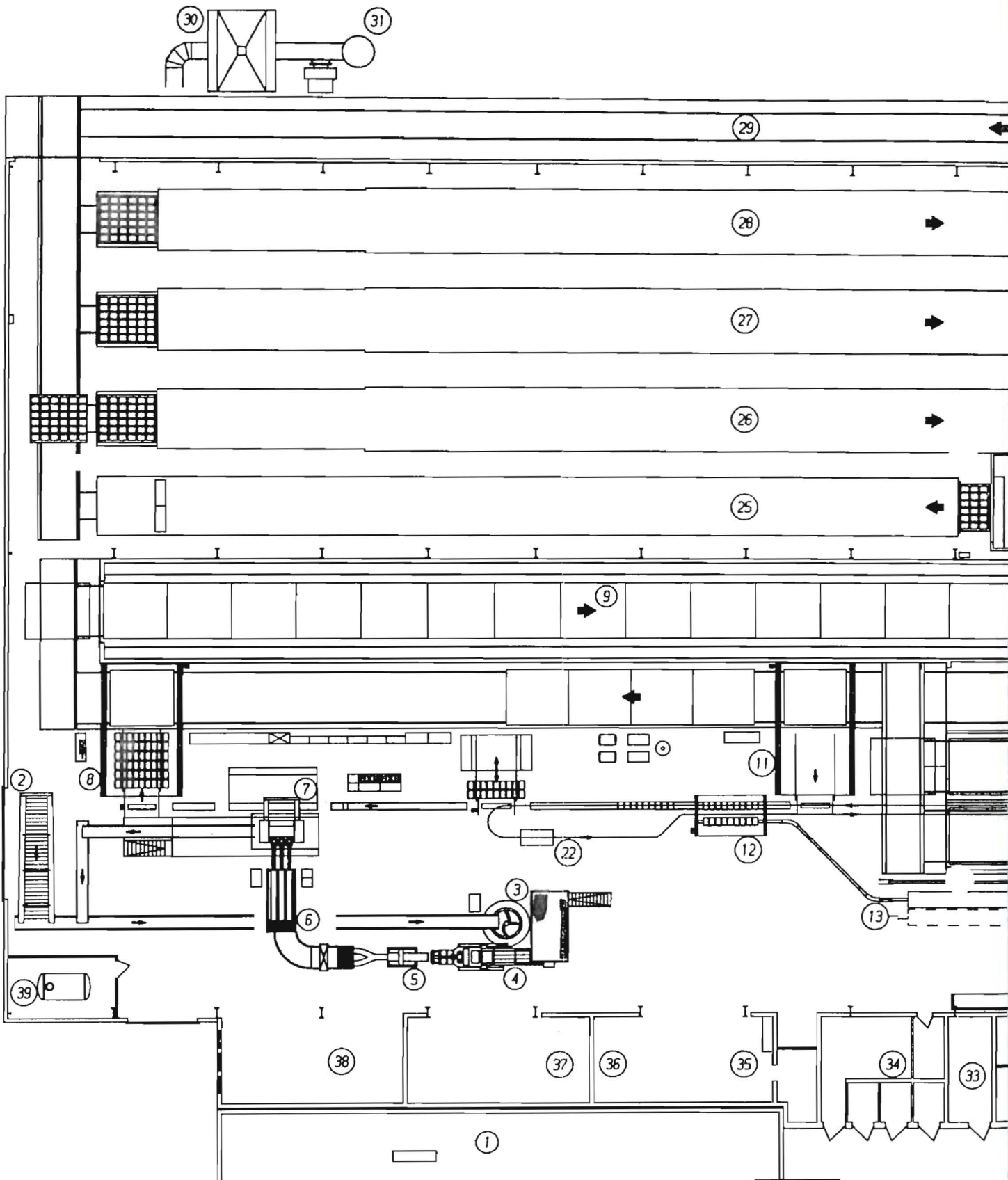
Rang	Wirtschaftszweig (Warengruppe)	Energieverbrauch in TJ = 10 ¹² J	Anteil am Gesamt- Energieverbrauch der BRD
1	Eisenschaffende Industrie	914.960	24,72 %
2	Chemische Industrie	718.305	19,40 %
3	Bergbau	462.563	12,50 %
4	Steine/Erden einschließlich Feinkeramik	281.581	7,61 %
5	Mineralölverarbeitung	197.449	5,33 %
6	Ernährungsgewerbe	177.692	4,80 %
7	Zellstoff, Papiererzeugung	141.755	3,83 %
8	NE-Metallindustrie	123.851	3,35 %
9	Straßenfahrzeugbau	103.037	2,78 %
Summe der Wirtschaftszweige 1 bis 9 mit Energieverbrauch > 100.000 TJ		3.121.193	84,32 %
übrige Wirtschaftszweige gesamt		580.689	15,68 %
Summe aller Wirtschaftszweige		3.701.882	100,00 %

Quelle: Statistik „Produzierendes Gewerbe“, Fachserie 4, Reihe 4.1 - 1977 -,
Statistisches Bundesamt Wiesbaden

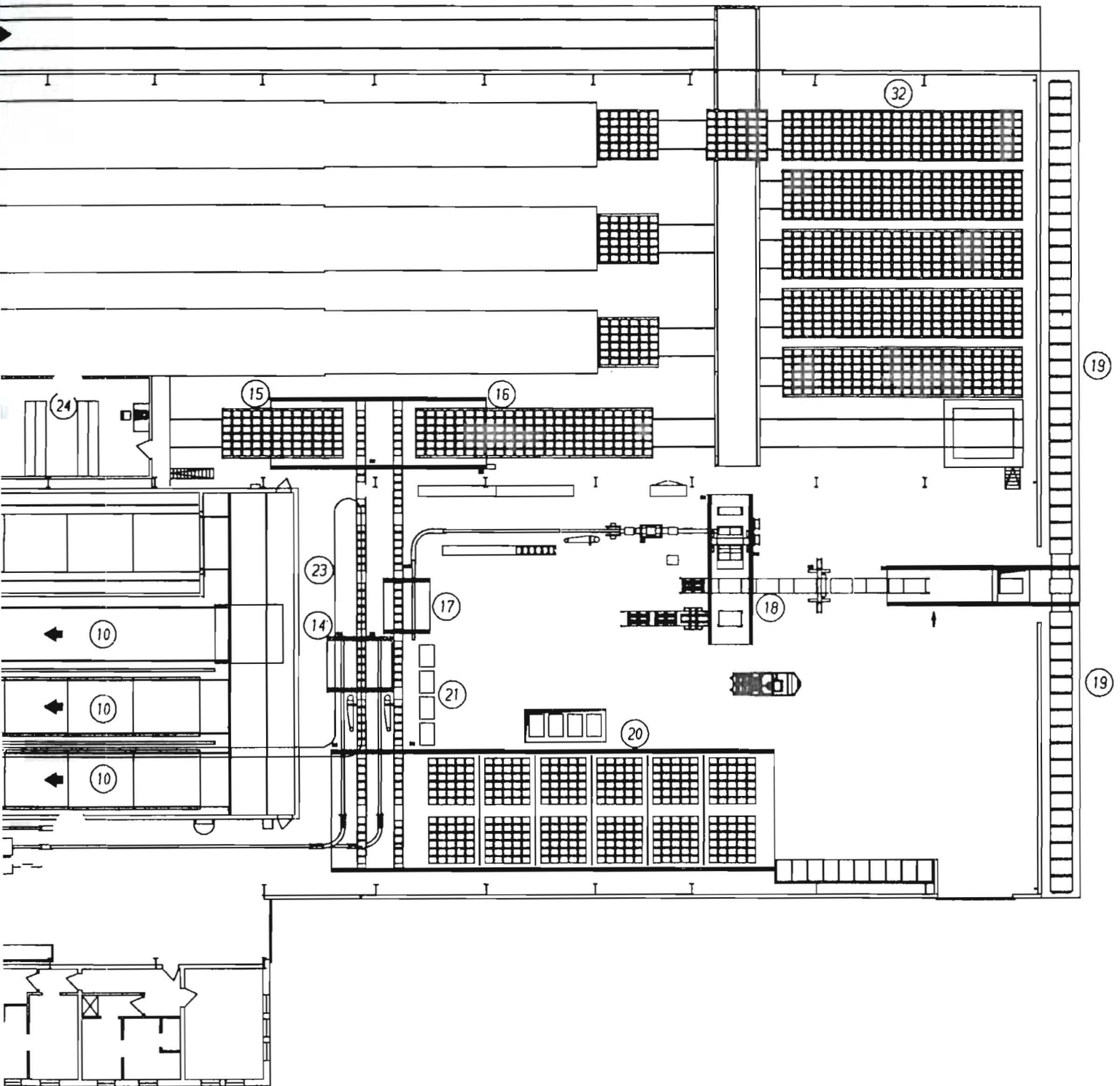
Anlage 3: Energieverbrauch im Wirtschaftszweig Steine + Erden (1977)

Rang	Warengruppe		Energieverbrauch in 10 ¹² J	Anteil	Anteil in der BRD
	SYPRO-Nr.	Bezeichnung			
1	2531	Zement	127.302	45,21 %	3,44 %
2	2535	Kalk, Mörtel	35.680	12,67 %	0,96 %
3	2541	Ziegelei	32.827	11,66 %	0,89 %
4	5110-5170	Feinkeramik	24.364	8,65 %	0,66 %
5	2543	Feuerfeste Grobkeramik	11.977	4,25 %	0,32 %
Summe der Warengruppen 1 bis 5			232.150	82,44 %	6,27 %
Summe Steine + Erden einschließlich Feinkeramik insgesamt			281.581	100,00 %	7,61 %
Gesamtindustrie BRD			3.701.882		100,00 %

Quelle: Statistik „Produzierendes Gewerbe“, Fachserie 4, Reihe 4.1 - 1977 -, Statistisches Bundesamt Wiesbaden



- | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------|
| 1 vorh. Aufbereitung | 11 TTW-Entladung | 21 Formziegel-Entladung | 31 Ka |
| 2 Kastenbeschicker | 12 Übersetzer | 22 Formziegel-Engobierung | 32 Sp |
| 3 Siebrundbeschicker | 13 Engobierung | 23 Formziegel-Beladung | 33 G |
| 4 Vakuumaggregat | 14 Setzanlage | 24 Schaltwarte TT u. TO | 34 Tr |
| 5 Abschneider | 15 TOW-Beladung | 25 Vorwärmer | 35 Er |
| 6 Kuchenmagazin | 16 TOW-Entladung | 26 Tunnelofen I | 36 G |
| 7 hydr. Dachziegelpresse | 17 Übersetzer gebr. Dachziegel | 27 Tunnelofen II | 37 W |
| 8 TTW-Beladung | 18 Verpackung | 28 Tunnelofen III | 38 Be |
| 9 Tunneltrockner | 19 Speicherbahn | 29 Reserve-Gleis | 39 Da |
| 10 Speichergleise | 20 Kassettenspeicher | 30 Fluor-Sorp.-Anlage | |



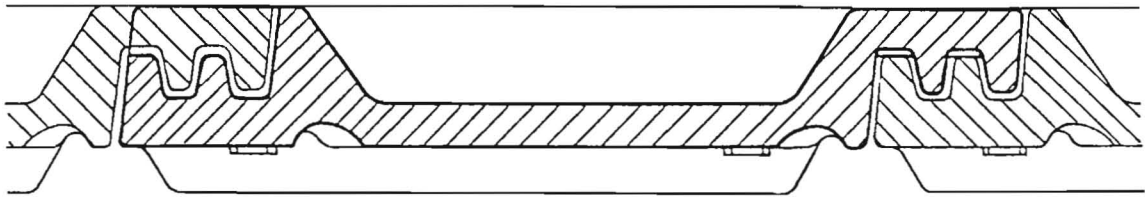
- 10 min
- 11 reichergleise TOW
- 12 asregel-Station
- 13 afo- u. Schaltanlage
- 14 robe-Herstellung
- 15 oserei
- 16 erkstatt
- 17 triebsteuer
- 18 mpfkessel

Layout

Konventionelles Dachziegel-Werk
mit separatem Trockner- und
Kassettenumlauf

Bild 1
Doppelfalzziegel
(Beispiel)

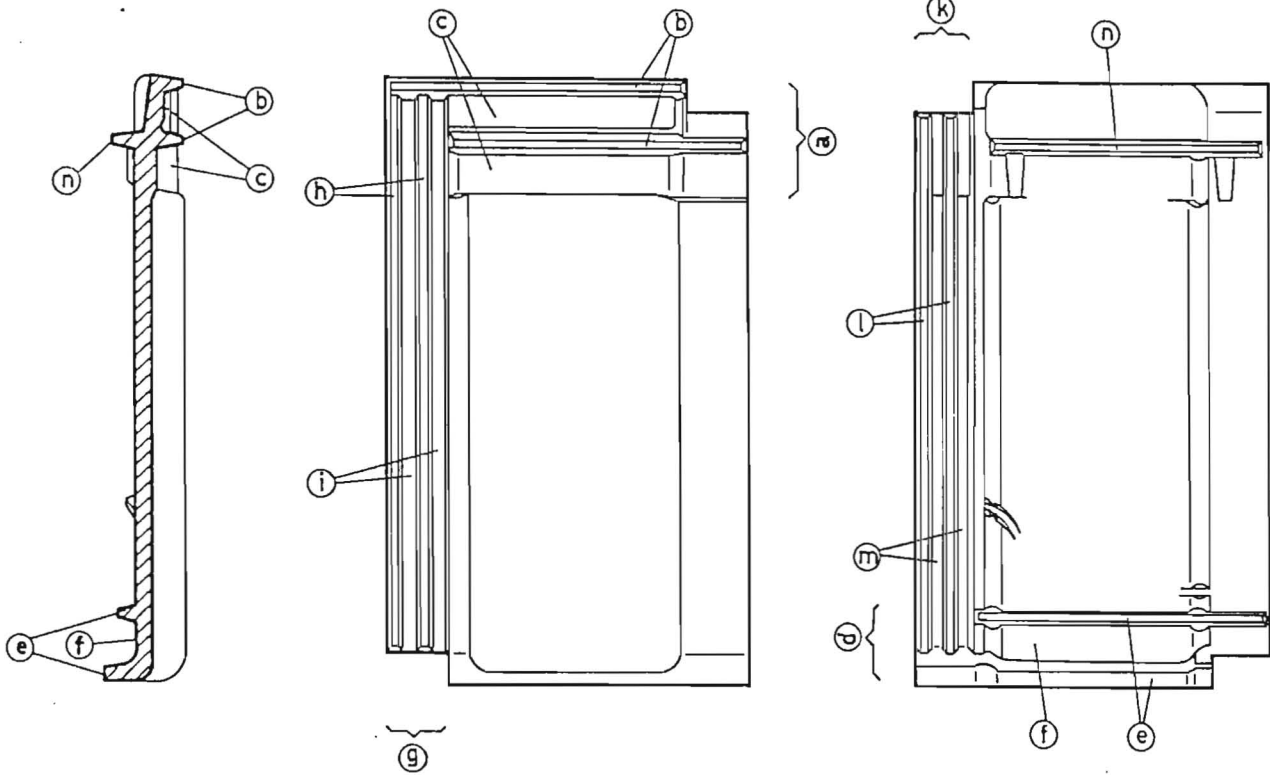
Querschnitt M 1:2



Längsschnitt: M 1:5

Ansicht von oben

Ansicht von unten



- a) Kopffalzteil
- b) Kopffalzrippen
- c) Kopffalznuten
- d) Fußfalzteil
- e) Fußfalzrippen
- f) Fußfalznut
- g) Seitenfalzteil

- h) Seitenfalzrippen
- i) Seitenfalznuten
- k) Deckfalzteil
- l) Deckfalzrippen
- m) Deckfalznuten
- n) Aufhängenase

DIN 456 · Dachziegel
Anforderungen, Prüfung, Überwachung

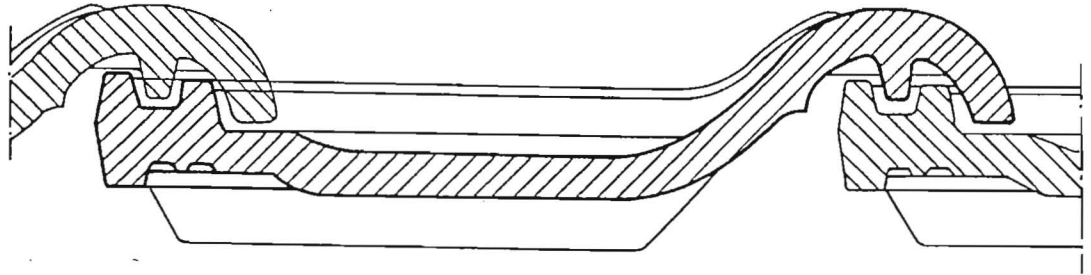
3

6·1

Blatt 3

Bild 2
Flachdachpfanne, einfach gefalzt
(Beispiel)

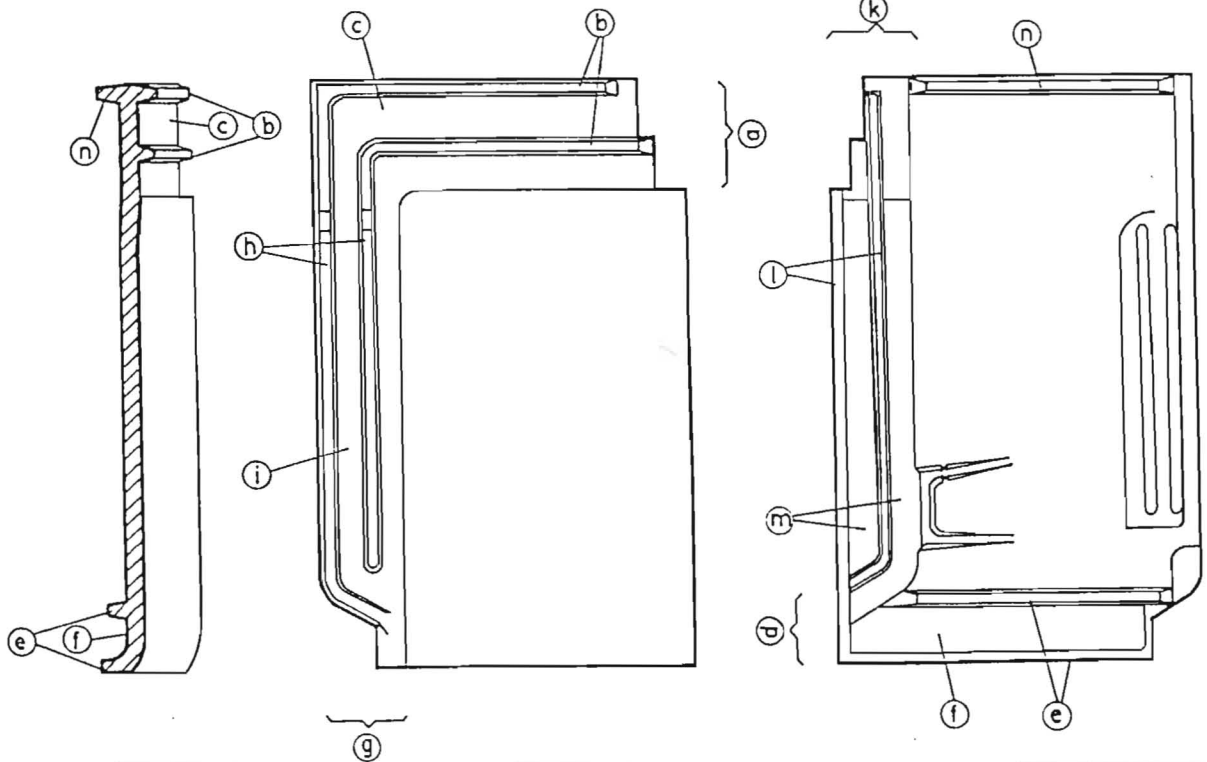
Querschnitt M 1 : 2



Längsschnitt M 1 : 5

Ansicht von oben

Ansicht von unten



- a) Kopffalzteil
- b) Kopffalzrippen
- c) Kopffalznuten
- d) Fußfalzteil
- e) Fußfalzrippen
- f) Fußfalznut
- g) Seitenfalzteil

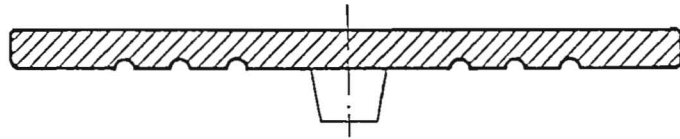
- h) Seitenfalzrippen
- i) Seitenfalznuten
- k) Deckfalzteil
- l) Deckfalzrippen
- m) Deckfalznuten
- n) Aufhängenase

DIN 456 · Dachziegel
Anforderungen, Prüfung, Überwachung

3	6·1
---	-----

Bild 4
Biberschwanzziegel mit Segmentschnitt
(Beispiel)

Querschnitt M 1:2



Längsschnitt M 1:5

Ansicht von oben

Ansicht von unten

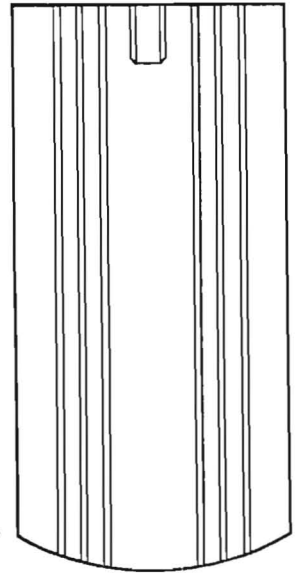
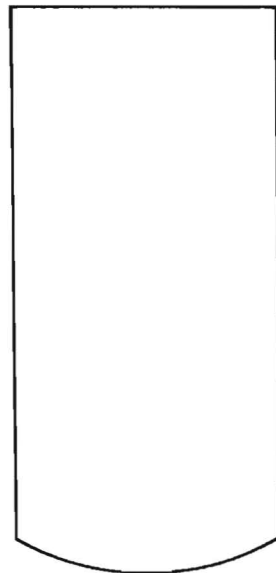
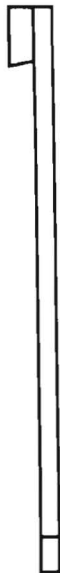
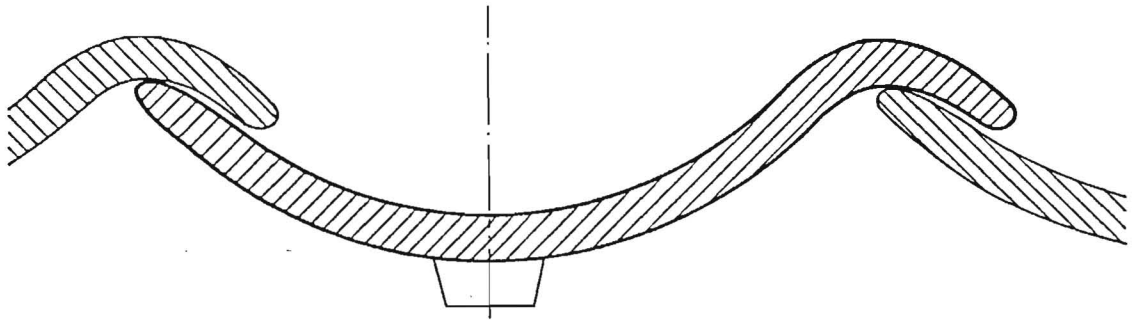


Bild 5
Hohlpfannen
(Beispiel)

Querschnitt M 1 : 2

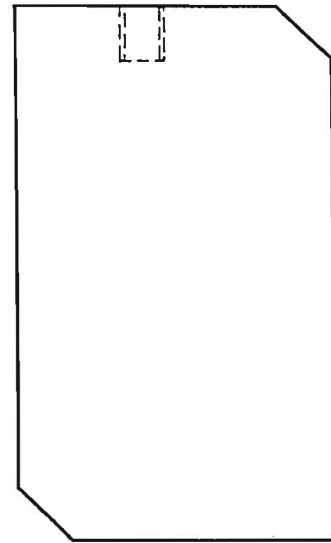
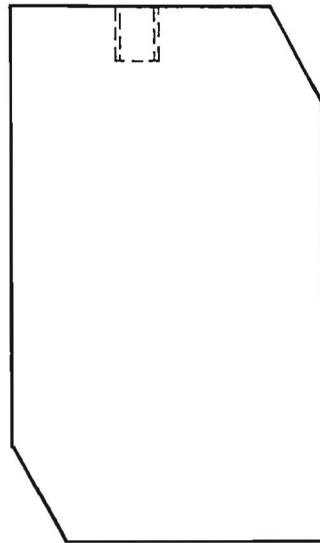
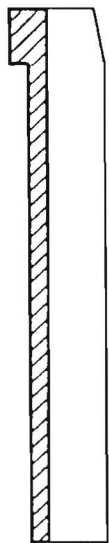
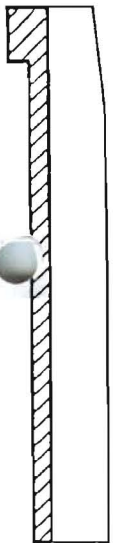


Längsschnitt M 1 : 5
Langschnittpfanne

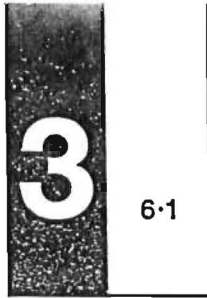
Kurzschnittpfanne

Ansicht von oben
Langschnittpfanne

Ansicht von oben
Kurzschnittpfanne



DIN 456 · Dachziegel Anforderungen, Prüfung, Überwachung

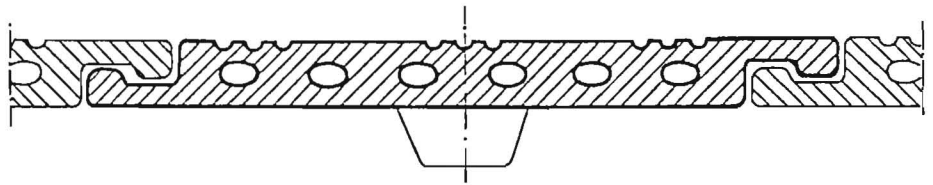


6-1

Blatt 5

Bild 6
Strangfalzziegel
(Beispiel)

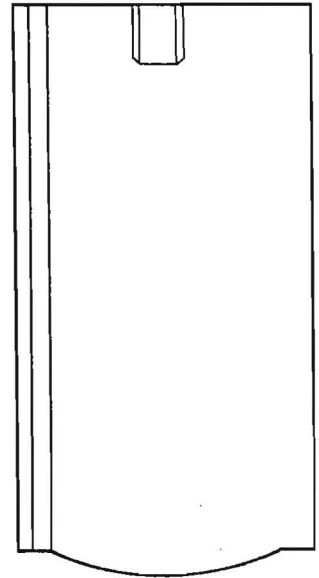
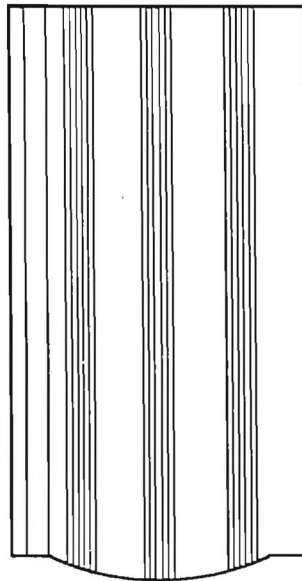
Querschnitt M 1 : 2



Längsschnitt M 1 : 5

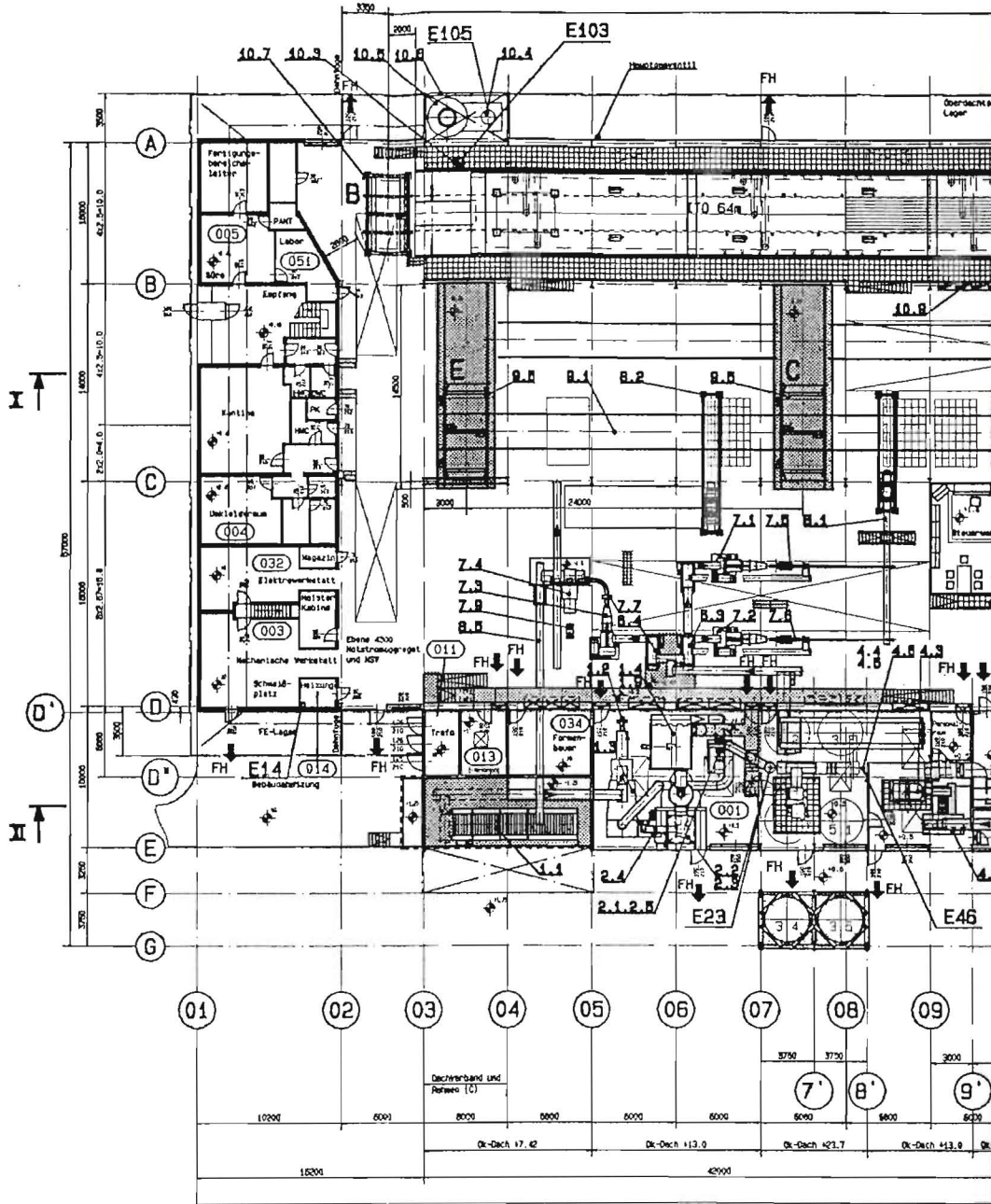
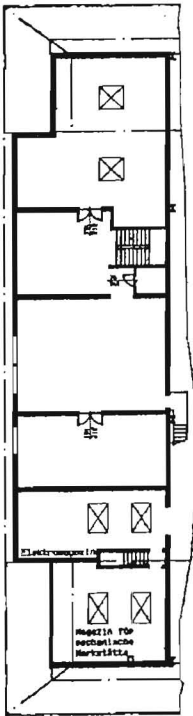
Ansicht von oben

Ansicht von unten



Anlage 10

Ebene +3600



E014: Heizung
80 °C
H = 3.0 m über Dach = +10.5 m
= 157.1 mNN

E094: Nass-Luft
26000 m³/h
40 °C
70 - 90 % Feuchte
H = 3.0 m über Dach = +9.6 m
= 156.2 mNN

E023: Reingas-Tonmahlung
14600 m³/h
110 °C
Staub 20 mg/Nm³
Fluor
NOx
SO₂
H = 3.0 m über Dach = +26.2
= 172.8 mNN

E046: Reinluft-Schamotte
6000 m³/h
20-30 °C
Staub 20 mg/Nm³
H = 3.0 m über Dach = +15.5m
= 162.1 mNN

E103: Für Notfall
Heissluft
30000 m³/h
150 °C
H = 3.0 m über Dach = +9.6m
= 156.2 mNN

E105: Reingas
12000 m³/h
150 °C
Staub 20 mg/Nm³
Fluor 3 mg/Nm³
NOx 9 mg/Nm³
CO 120 mg/Nm³
SO₂ 0 mg/Nm³
H = 17.0 m über Flur
= 163.6 mNN

Übersicht Bauvorhaben Guttau:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 001 - Aufbereitungsturm | 011 - Notstromaggregat |
| 002 - Produktionshalle | 012 - Kompressor |
| 003 - Werkstätten | 013 - E-Versorgung |
| 004 - Sozialtrakt | 014 - Gebäudeheizung E014 |
| 005 - Verwaltung | 031 - Schlosser |
| 006 - Versand | 032 - Elektro |
| 007 - Überdachtes Lager | 033 - KFZ-Schlosser |
| 008 - Tonlager | 034 - Formenbauer |
| 009 - Waschplatz | 051 - Labor |
| 010 - Dieseltank | |

1. Trocknung

- 1.1 Kastenbeschicker
- 1.2 Trockner
- 1.3 THG
- 1.4 Zw.-Silo
- 1.9 Ladegerät

2. Ton-Mahlung

- 2.1 Mühle
- 2.2 Filter
- 2.3 Abluft-Kamin E023
- 2.4 Ventilator
- 2.5 Förderer

3. Silo-Ton

- 3.1 Silo 1
- 3.2 Silo 2
- 3.3 Silo 3
- 3.4 Außen-Silo 1
- 3.5 Außen-Silo 2

4. Scham.-Mahlung

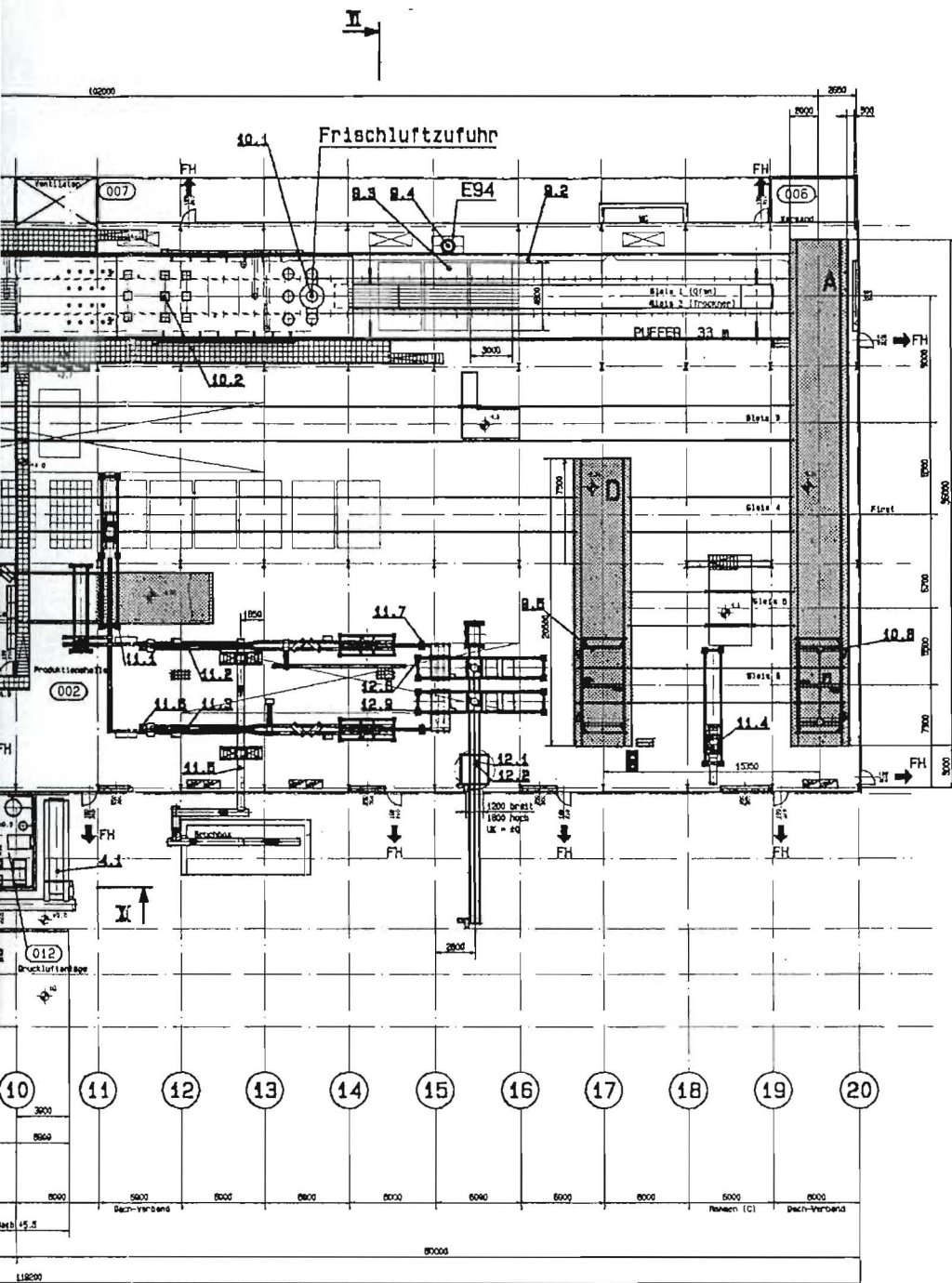
- 4.1 Beschicker
- 4.2 Brecher
- 4.3 Mühle
- 4.4 Sieb
- 4.5 Staubfilter
- 4.6 Reingas-Kamin E046

5. Scham.-Silo

- 5.1 Scham.-Silo

6. Verwieg/Misc

- 6.3 Zuteller 1
- 6.4 Zuteller 2



II ↑

7. Formgebung

- 7.1 Presse 1
- 7.2 Presse 2
- 7.3 Presse 3
- 7.4 Dub.-Presse
- 7.5 Abschneider 1
- 7.6 Abschneider 2
- 7.7 Abschneider 3
- 7.9 Hydraulikpumpe

10. Brennen

- 10.1 Frischluft
- 10.2 Heißluft
- 10.3 Abluft E103
- 10.4 Abgasrein 1
- 10.5 Heißgas E105
- 10.6 Kalkspalt
- 10.7 Fuhrb.-Ofen
- 10.8 Hubb.-Trockner
- 10.09 Steuerwarte

13. Prod.-Lager

8. Setzen

- 8.1 Setzanl. 1
- 8.2 Setzanl. 2
- 8.5 Grünbruch

11. Sortieren

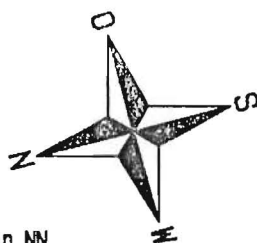
- 11.1 Entladen
- 11.2 Sort. 1
- 11.3 Sort. 2
- 11.4 Form-Sort.
- 11.5 Rotbruch
- 11.6 Trenner
- 11.7 Bündelmasch.

9. Trocknung

- 9.1 Ofenw.-Transp.
- 9.2 Trockenkanal
- 9.3 Ofenwagen
- 9.4 Feuchtl.-K. E094
- 9.6 Schiebebühne

12. Palettieren

- 12.1 Palettierer
- 12.2 Stretcher
- 12.8 Stapler 1
- 12.9 Stapler 2



Flur = ±0 = 146.6 m in NN



**Demonstrationsprojekt
Guttau I**

Ordnung	Heute	Kilometer	Überflurabmeldung
Beschreibung		1:500	
Geprüft		Projektion	Gezeichnet
Name			
Benennung		Layout	
Projektion: DIN 758 Skala: DIN 800 Schnittlinie: DIN 800			
Auftrags-Nr.	Layout-Pos.	Zeichnung-Nr.	Umrisszeichnung
T557		905/4X00-071.000h10	
Ströher Funktione.			



Meßprotokoll

Untersuchung der ITO-Anlage

der

Firma Ströher GmbH
Werk Guttau

Weimar, den 12. Mai 1995


Ferber
Abteilungsleiter


Hanke
Bearbeiter

BASISDATEN

Bezugstemperatur : 0 °C
 Luftdruck : 101,3 kPa
 Brenngutdurchsatz (netto) : 4116,60 kg/h

Ofendaten

Ofentyp : ITO-Trockner-Ofen Vogel & Noot
 Baujahr : 1993/94

TOW - Aufbau

TOW-Massen *)	kg/TOW	kg/h	t _e [°C]	t _a [°C]
Masse BUROSIL	: 1296,45			
Masse BUROMUL	: 951,60			
Masse BURCOTOP	: 1073,50			
Masse BURCORIT	: 531,40			
Masse BURTON	: 470,80			
Masse TOW-Plateau gesamt	: 4323,75			
Masse TOW-Plateau gesamt	:	6827,00	170	220
Masse Besatz (Einfahrt)	: 3568,50	5650,12	35	-
Masse Besatz (Ausfahrt)	: 2606,79	4127,42	-	35

Besatzkenndaten

Erzeugnis/Format : Dachziegel (Biber, doppelt als Kasten)
 Masse Biber gepresst : 5,2171 kg/Kasten
 Masse Biber gebrannt : 3,8111 kg/Kasten
 Besatz unterste Schicht : 6 x 58 Kästen
 Besatz obere Schicht : 6 x 56 Kästen
 Besatz/TOW : 684 Kästen
 Masse gepreßt (Einfahrt) : 3568,50 kg/TOW = 5650,12 kg/h
 Feuchte (ca 18,6%) : 663,74 kg/TOW = 1048,15 kg/h
 Masse gebrannt (Ausfahrt) : 2606,79 kg/TOW = 4127,42 kg/h
 Reaktionswärme **) : 0,18 MJ/kg = 742,93 MJ/h
 spezifische Wärme **) : 1,2 kJ/kg*K
 Schubzeit : 6 x 6,3 = 37,8 min/TOW; 38 TOW/d
 Durchlaufzeit : 14,3 h

Garbrandtemperatur : 1085 °C

*) gem. TOW-Zeichnung, Stückliste
 **) entsprechend vergleichbarer Tone

Brennstoff

Brennstoffart	:	Import-Erdgas (H)	
Heizwert (H_u)	:	8574	kcal/m ³ = 35,89 MJ/m _N ³ *)
Heizwert (H_u)	:	8525	kcal/m ³ = 35,72 MJ/m _N ³ **)
CO ₂ max trocken	:	11,80	%
L_{min}	:	9,52	m ³ /m _N ³
V_{Rmin}	:	10,53	m ³ /m _N ³
Dichte Brennstoff	:	0,731	kg/m ³
spezifische Wärme	:	n.b.	kJ/kg*K

Brennstoffmenge

mittlerer Gasverbrauch 15.3-3.4.95 für das gesamte Werk (Ablesung Reglerstation)	:	8367,45	Nm ³ /d
mittlerer Gasverbrauch 27.04-3.4.95 für ITO-Trockner-Ofen (Angaben PC, Meßwarte)	:	5159,13	Nm ³ /d
Zählerablesung für ITO-Trockner-Ofen 6.4.95	:	6809,69	Nm ³ /d

Die Erfassung und Mengenumbewertung des Gasverbrauches der ITO-Anlage durch die betriebliche Meßtechnik (Anzeige Meßwarte, PC) konnte nicht überprüft und nachvollzogen werden.

In den folgenden Rechnungen wird für den ITO-Trockner-Ofen der Gasverbrauch von 6809,69 Nm³/h verwendet.

Die Differenz zwischen dem Gasverbrauch des gesamten Werkes und der ITO-Anlage ergibt den Verbrauch der Aufbereitung (Sozialverbrauch enthalten).

Gasverbrauch Trockner-Ofen	:	6809,69	Nm ³ /d = 283,74 Nm ³ /h
Wärmestrom	:	10183,32	MJ/h

spezifischer Energieverbrauch

spezifischer Energieverbrauch für Trocknen und Brennen bez. auf Primärenergie	:	2467,24	kJ/kg _{BG}
--	---	---------	---------------------

spezifischer Energieverbrauch für Trocknen und Brennen Angaben PC, Meßwarte	:	1842,04	kJ/kg _{BG}
--	---	---------	---------------------

Die Differenz zwischen den beiden spezifischen Energieverbräuchen resultiert aus der unterschiedlichen Erfassung der Gasverbräuche und Brenngutdurchsätze.

Gasanalyse**vor der Abgasreinigung:**

CO ₂ -Gehalt (gemessen)	:	2,62..3,32	(3,03) %
CO- Gehalt (gemessen)	:	0,13..0,39	(0,17) %
O ₂ - Gehalt (gemessen)	:	15,8..16,5	(16,1) %
λ	:	4,20	
Abgas (Verbr.-rechnung)	:	11635,17	m _N ³ /h
Massestrom (Verbr.-rechnung)	:	15009,38	kg/h
Massestrom (Staurohrmessung)	:	12111,91	kg/h
Temperatur Abgas	:	217,7	°C
Wärmestrom	:	4218,82	MJ/h

*) Werksangabe

**) Standardwert

Auswertung der Messungen

Die Messungen der Masse- und Wärmeströme wurde im Zeitraum vom 03.04. bis 06.04.95 durchgeführt. Die Meßergebnisse wurden gemittelt und sind wie folgt aufgeführt:

Meßstelle	Benennung	Meßort	Meßgröße	Meßwert	Maßeinheit
Import-Erdgas (Trockner und Ofen)					
	Volumenstrom	i.B.	:	171,7	m ³ /h
	Volumenstrom	i.N.	:	283,73	m ³ /h
	Temperatur		:	-0,56	°C
	Massenstrom		:	207,41	kg/h
	Heizwert		:	35,89	MJ/m ³
	Wärmestrom		:	10183,32	MJ/h
Abgas vor Reinigung					
	CO ₂ -Gehalt	(gemessen)	:	2,62..3,32 (3,03)	%
	CO- Gehalt	(gemessen)	:	0,13..0,39 (0,17)	%
	O ₂ - Gehalt	(gemessen)	:	15,8..16,5 (16,1)	%
	λ		:	4,20	
	Abgas	(Verbr.-rechn.)	:	11635,17	m _N ³ /h
	Massestrom	(Verbr.-rechn.)	:	15009,38	kg/h
Staurohrmessung:					
	Strömungsgeschwindigkeit		:	6,0	m/s
	Volumenstrom	i.B.	:	16680,23	m ³ /h
	Volumenstrom	i.N.	:	9389,08	m ³ /h
	Temperatur		:	217,7	°C
	Massestrom	(Staurohrm.)	:	12111,91	kg/h
	spezifische Wärme		:	1,6	kJ/kg*K
	Wärmestrom		:	4218,82	MJ/h
Verbrennungsluft					
	Strömungsgeschwindigkeit		:	5,0	m/s
	Volumenstrom	i.B.	:	5654,70	m ³ /h
	Volumenstrom	i.N.	:	4932,05	m ³ /h
	Temperatur		:	40	°C
	Massestrom		:	6377,14	kg/h
	spezifische Wärme		:	1,008	kJ/kg*K
	Wärmestrom		:	257,13	MJ/h
Frischlufte zur Ofenkühlflufte					
	Strömungsgeschwindigkeit		:	17	m/s
	Volumenstrom	i.B.	:	7900	m ³ /h
	Volumenstrom	i.N.	:	7118	m ³ /h
	Temperatur		:	30	°C
	Massestrom		:	9203,57	kg/h
	spezifische Wärme		:	1,007	kJ/kg*K
	Wärmestrom		:	278,04	MJ/h

Schiebeluft oben

Strömungsgeschwindigkeit	:	4,12	m/s
Volumenstrom i.B.	:	11648,68	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	11080,45	m ³ /h
Temperatur	:	13,66	°C
Massestrom	:	14327,02	kg/h
spezifische Wärme	:	1,006	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	197,46	MJ/h

Schiebeluft links

Strömungsgeschwindigkeit	:	4,68	m/s
Volumenstrom i.B.	:	1715,00	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	1568,08	m ³ /h
Temperatur	:	25,3	°C
Massestrom	:	2027,42	kg/h
spezifische Wärme	:	1,007	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	51,65	MJ/h

Schiebeluft rechts

Strömungsgeschwindigkeit	:	6,08	m/s
Volumenstrom i.B.	:	2228,19	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	2055,06	m ³ /h
Temperatur	:	22,8	°C
Massestrom	:	2657,19	kg/h
spezifische Wärme	:	1,007	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	61,01	MJ/h

Verbrennungsluft zum Zusatzbrenner der Trocknung

Strömungsgeschwindigkeit	:	6	m/s
Volumenstrom i.B.	:	170	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	156	m ³ /h
Temperatur	:	24	°C
Massestrom	:	201,71	kg/h
spezifische Wärme	:	1,007	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	4,87	MJ/h

pneumatische Einblasung VWZ

Strömungsgeschwindigkeit	:	30	m/s
Volumenstrom i.B.	:	1908,46	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	1664,56	m ³ /h
Temperatur	:	40	°C
Massestrom	:	2152,28	kg/h
spezifische Wärme	:	1,008	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	86,78	MJ/h

Ofenkühlluft Absaugung

Strömungsgeschwindigkeit	:	5	m/s
Volumenstrom i.B.	:	14136,75	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	8633,85	m ³ /h
Temperatur	:	173,8	°C

Überschuß Ofenkühlluft zum Zubehörtrockner

Strömungsgeschwindigkeit	:	1,79	m/s
Volumenstrom i.B.	:	2479,87	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	1531,68	m ³ /h
Temperatur	:	169	°C
Massestrom	:	1980,46	kg/h
spezifische Wärme	:	1,017	kJ/kg*K
Wärmestrom	:	340,39	MJ/h

Hängedecke Abzug

Strömungsgeschwindigkeit	:	6	m/s
Volumenstrom i.B.	:	8312,00	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	5803,80	m ³ /h
Temperatur	:	118	°C

Rauchgasrückführung - Einblasung als Sturzkühlung

Strömungsgeschwindigkeit	:	12	m/s
Volumenstrom i.B.	:	3053,50	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	1943,16	m ³ /h
Temperatur	:	156	°C

Unterwagen Abzug vorn

Strömungsgeschwindigkeit	:	8	m/s
Volumenstrom i.B.	:	3619,00	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	2346,77	m ³ /h
Temperatur	:	147,9	°C

Unterwagen Abzug hinten

Strömungsgeschwindigkeit	:	0,5	m/s
Volumenstrom i.B.	:	226,19	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	136,20	m ³ /h
Temperatur	:	80,2	°C

TOW

Masse TOW-Plateau gesamt	:	6827,00	kg/h
spezifische Wärme	:	1,2	kJ/kg*K
Temperatur (Einfahrt)	:	170	°C
Wärmestrom (Einfahrt)	:	1392,71	MJ/h
Temperatur (Ausfahrt)	:	220	°C
Wärmestrom (Ausfahrt)	:	1802,33	MJ/h

Brenngutdurchsatz

Erzeugnis/Format	:	Dachziegel (Biber, doppelt als Kasten)	
Masse Biber gepresst	:	5,2171	kg/Kasten
Masse Biber gebrannt	:	3,8111	kg/Kasten
Besatz unterste Schicht	:	6 x 58	Kästen
Besatz obere Schicht	:	6 x 56	Kästen
Besatz/TOW	:	684	Kästen
Schubzeit	:	6 x 6,3 = 37,8 min/TOW; 38 TOW/d	
Masse gepreßt (Einfahrt)	:	5650,12	kg/h
Feuchte (ca 18,6%)	:	1048,15	kg/h
Temperatur (Einfahrt)	:	35	°C
spezifische Wärme)	:	1	kJ/kg*K
Wärmestrom (Einfahrt)	:	197,75	MJ/h
Masse gebrannt (Ausfahrt)	:	4127,42	kg/h
Temperatur (Ausfahrt)	:	35	°C
spezifische Wärme)	:	1,2	kJ/kg*K
Wärmestrom (Ausfahrt)	:	173,35	MJ/h
Verdampfung	:	1048,16	kg/h
	:	2662,33	MJ/h
Reaktionswärme **)	:	0,18	MJ/kg
	:	742,93	MJ/h

**) entsprechend vergleichbarer Tone

Naßluft (Abluft Trocknung)

Strömungsgeschwindigkeit	:	7,23	m/s
Volumenstrom i.B.	:	20441,74	m ³ /h
Volumenstrom i.N.	:	17886,52	m ³ /h
Temperatur	:	39,1	°C
rel Luftfeuchte	:	83,05	%
Wasseranteil	:	707,6	kg/h
spez. Volumen	:	0,95	m ³ /kg
Massestrom	:	18827,92	kg/h
spezifische Wärme	:	142,32	kJ/kg
Wärmestrom	:	2679,59	MJ/h

Die Differenz zwischen eingebrachter Feuchte (Verdampfung/Wassergehalt des Brenngutes) und der abgeführten Feuchte (Wasseranteil in der Naßluft) resultiert aus:

- dem Wasserverlust in der Halle bis zum Einschub in den Trockner
- der angenommenen Preßfeuchte und
- der vernachlässigten Restfeuchte (Abführung über den Ofen)

Elektroenergieverbrauch

Elektroenergieverbrauch während der Leistungsfahrt 23.1- 26.1.95

gesamtes Werk	:	10300	kWh/d = 100,00 %
Trockner-Ofen, Schiebebühne	: 583 kWh	= 199,89 kWh/d	= 1,94 %
Wagenumlauf, sonstiges	: 58 kWh	= 19,89 kWh/d	= 0,19 %

mittlerer Elektroenergieverbrauch 15.3-3.3.95 (Ablesung Trafostation)

für das gesamte Werk	:	8881,45 kWh/d	= 100,00 %
Trockner-Ofen, Schiebebühne	:	172,39 kWh/d	= 1,94 %
Wagenumlauf, sonstiges	:	19,89 kWh/d	= 0,19 %

Dieserverbrauch

Für 1 Radlader < 5h/d Betriebsdauer und 1 Gabelstapler werden
 : ca. 1500 l/Monat Diesel
 verbraucht.

Wandverluste

Als Rest der Wärmebilanz werden die Wandverluste und Meßfehler ausgewiesen.

Zusammenfassende Auswertung

Basis der Bilanz : 0 °C
 Brenngutdurchsatz : 4127,42 kg/h

Die Bilanzposten sind wie folgt aufgeführt:

Benennung	Meßstelle	: Temperatur in °C	/Masse- strom in kg/h	/Wärme- strom in MJ/h
Bilanzeingang				
Erdgas		: -0,56	/ 207,41	/ 10183,32
Brenngut		: 35	/ 5650,12	/ 197,75
TOW		: 170	/ 6827,00	/ 1392,71
Verbrennungsluft		: 40	/ 6377,14	/ 257,13
Frischlufte zur OKL		: 30	/ 9203,57	/ 278,04
Schiebelufte oben		: 13,66	/ 14327,02	/ 197,46
Schiebelufte links		: 25,3	/ 2027,42	/ 51,65
Schiebelufte rechts		: 22,8	/ 2657,19	/ 61,01
Verbrennungslufte Zusatzbr. pneumat. Einblasung		: 24	/ 201,71	/ 4,87
		: 40	/ 2152,28	/ 86,78
SUMME		: -	/ 49630,86	/ 12710,72
davon Primärenergie		: -	/ 207,41	/ 10183,32

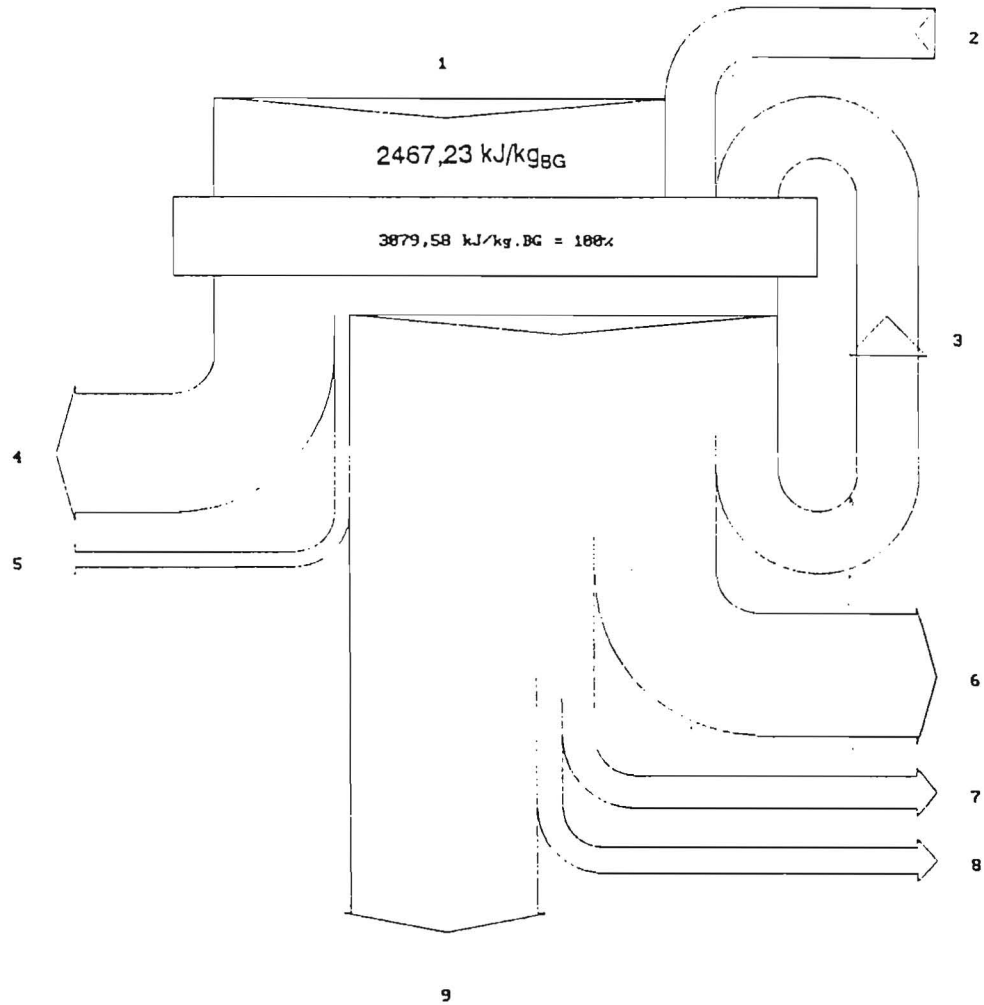
Bilanzausgang

Naßluft		: 39,1	/ 18827,92	/ 2679,59
Abgas		: 217,7	/ 12111,91	/ 4218,82
Brenngut		: 35	/ 4127,42	/ 173,35
TOW		: 220	/ 6827,00	/ 1802,33
Überschuß OKL		: 169	/ 1980,46	/ 340,39
Reaktion		: -	/ -	/ 742,93
Wand- und Rohrleitungsver- luste + Fehler der Bilanz		: -	/ 5756,15	/ 2753,31
SUMME		: -	/ 49630,86	/ 12710,72

Wärmebilanz

Ströher GmbH Guttau

ITO-Trockner-Ofen



Legende

		[GJ/h]	[kW]	[kJ/kg.BG]
1	Erdgas	10,1833	2828,70	2467,24
2	Summe aller Eingänge	1,1347	315,19	274,92
3	TOW-Rückführung	1,3927	386,86	337,43
4	Naßluft	2,6796	744,33	649,22
5	Ofenkühlluft Überschuß	0,3404	94,55	82,47
6	Wandverluste + Bilanzfehler	2,7533	764,81	667,08
7	Reaktion	0,7429	206,37	180,00
8	Ausfahrverluste	0,5830	161,94	141,24
9	Abgasverlust	4,2188	1171,89	1022,14
	Bilanzfehler	0,0000	0,00	0,00

Anlage 12

Soll-Ist-Vergleich ausgewählter Meßwerte des Demonstrationsvorhabens Guttau

	Zielvorgabe Strangpfanne (vertikal)	Messung IBK 12.05.95 Biber (vertikal)
• Mengenleistung	140 to/Tag	135,6 to/Tag
• Durchlaufzeit	10 h	14,3 h
• Brenninhalt	58,3 to Dachziegel (18.229 Stück)	81,4 to Biberkasten (15.600 Stück)
• Setzdichte	154 Dachziegel (492 kg/m ³)	123 Biberkästen/m ³ (640 kg/m ³)
• notwend. Brennraum	118 m ³	126,7 m ³
• Nutzbreite	2,48 m	4,8 m
• Nutzhöhe	0,4 m	0,4 m
• Ofenanlage	117,8 m	66 m
• Wagengrundfläche	292,1 m ²	316,8 m ²
• Gew. Wagenplattform	250 kg/m ²	300 kg/m ²
• Gew. Wagenpl. im Ofen	53,8 to	95 to
• Gew. Wagenpl./Tg.	129 to	164 to
• Am Wärmeaustausch beteiligtes Wagengew.	43 to	54,7 to
• Kassettengewicht/Tg.	0 to	0 to
• mit zu brennendes Zusatzgewicht/Tg.	43 to	54,7 to
• Gesamt-Einsatzgewicht	183 to	190,3 to
• Verhältnis-Brenngut zum Zusatzgewicht/Tg.	76 % zu 24 %	71 % zu 29 %
• spez. Wärmebedarf Summe/kg Dachziegel	1633 kJ/kg	1790 kJ/kg *
• spez. Wärmebedarf bezogen Brenngut	1600 kJ/kg	1350 kJ/kg *
• Gasverbrauch/Tag	7220,5 m ³	6809,69 m ³ *

* incl. Trocknung





INSTITUT FÜR BAU- UND GROBKERAMIK GMBH
Bauhausstraße 7 b, 99423 Weimar
Telefon: 03643/ 552-0, Fax-Nr.: 03643/ 552-299


**Energetische Bewertung des Projektvorhabens
der STRÖHER GmbH**


**"Errichtung einer dachkeramischen Produktionsstätte als Demonstrations-
projekt im Kreis Bautzen (Sachsen) mit dem Ziel, unter Einsatz neuartiger
Technik eine Energie- und CO₂- Reduzierung zu erreichen"**

Auftraggeber: Ströher GmbH
Kasseler Str.41.
35683 Dillenburg

Auftragnehmer: Institut für Bau- und Grobkeramik GmbH
Bauhausstraße 7 b
99423 Weimar

Weimar, den 13. März 1997


Dr.- Ing. Röhrs
Geschäftsführer


Dipl.-Ing. Ferber
Bearbeiter

1. Aufgabenstellung

In einer vergleichenden Gegenüberstellung einer konventionellen Dachziegelfertigung nach dem derzeitigen Stand der Technik mit der Fertigung des neuen Erzeugnisses S- Pfanne auf einer neuartigen technologischen Linie sollen die energetischen Effekte bewertet werden.

2. Auswahl der Vergleichsbasis

Festlegungsgemäß wird die Produktionslinie des Werkes Guttau I mit dem Produktionssortiment Kerabiber als Vergleich für die neue keramische Dachziegelproduktion des Demonstrationsprojektes herangezogen.

Bei der Produktionslinie des Werkes Guttau I handelt es sich um eine moderne Fertigung eines stranggezogenen Bibers als Doppelbiber (Kasten) mit steifplastischer Formgebung und direkten Setzen auf den Tunnelofenwagen ohne Brennhilfsmittel. Der Tunnelofenwagen durchläuft einen Trocknungskanal und anschließend den über dem Trockner angeordneten Tunnelofen.

Diese ITO- Technologie der Firma Vogel & Noot, Industrieanlagen GmbH, stellt mit der gewählten Verfahrensvariante einen Spitzenstand der Technik dar.

Das "Demonstrationsprojekt modifizierte Flachbrandanlage" baut auf die Erfahrungswerte der Ströher GmbH mit stranggezogenen Erzeugnissen auf und wählt als Erzeugnis eine stranggezogene Dachpfanne in S- Form, die neben der Stabilität im Produktionsprozeß günstige Gewichtsverhältnisse pro m² Dachfläche ermöglicht. Die Produktion erfolgt im neuen Werk Guttau II mit einer separaten Trocknungsanlage und Umsetzen der getrockneten Dachziegel auf Tunnelofenwagen in einer Flachsicht, also einem einlagigen Brand auf einem besonders leicht gestalteten Brennhilfsmittel in sehr kurzer Ofendurchlaufzeit von 4 h.

Da es sich bei dem Vergleich um verschiedene Erzeugnisse und unterschiedliche Produktionslinien handelt, kann der Energieverbrauch nicht unmittelbar verglichen werden.

Ein volkswirtschaftlich sinnvoller Vergleich, der auch ökologisch bewertbar ist, kann daher nur über einen Energieverbrauch pro m² Dachfläche erfolgen. Bei solch einem Vergleich werden die Herstellungstechnologie und das Erzeugnis in die Bewertung einbezogen.

Für die Bewertung des Werkes Guttau I Kerabiber liegt im Institut für Bau- und Grobkeramik ein Meßprotokoll in Form einer Gesamtbilanzierung vom 12.5.1995 vor. Diese Daten gehen in den Vergleich ein.

Die Daten des Werkes Guttau II S-Pfanne wurden nach dem Stand vom 24.2.1997 übernommen und der vertragliche Garantiewert für den spezifischen Energieverbrauch des Anlagenlieferanten - Keller GmbH - mit einbezogen.

3. Vergleichende Gegenüberstellung der Kenndaten

Eine Zusammenstellung der wesentlichen Vergleichsdaten der Kerabiberproduktion Werk Guttau I und der S-Pfannenproduktion Werk Guttau II erfolgt in der Tabelle der Anlage 1.

Aus der Mengenleistung beider Anlagen ist erkennbar, daß die Produktionsmenge annähernd gleich ist.

Die Bruttoproduktion bei Kerabiber bezieht sich auf die Tonnage des Doppelbibers mit Zwischenstegen. Diese Zwischenstege werden bei der Trennung des Doppelbibers verworfen, so daß die Nettoproduktion geringer ausfällt.

Auf dem Dach vergleichbar ist daher nur das Nettogewicht pro m² Dachfläche.

Für den Kerabiber werden 36 Stck/m² verlegt. Bei einem Stückgewicht von 1,65 kg werden daher auf 1 m² Dachfläche 59,4 kg Kerabiber benötigt.

Bei der S-Pfanne werden pro m² Dachfläche nur 14,5 Stck eingesetzt. Bei einem Stückgewicht von 2,83 kg bedeutet das ein Verlegegewicht pro m² Dachfläche von 41 kg S-Pfannen.

Im verringerten Gewicht pro m² Dachfläche liegt bei der S-Pfanne ein entscheidender Vorteil zum Kerabiber, aber auch zu anderen Dachpfannen.

Vergleicht man den spezifischen Energieverbrauch für die Herstellung von Kerabiber und S-Pfanne so ergibt sich für die S-Pfanne (Garantiewert) ein nur um 10,6 kcal/kg verringerter Wert. Durch das geringere Gewicht pro m² Dachfläche kommt aber die entscheidende ökologische Energieeinsparung zum Vorschein. Hier stehen sich 40 322,6 kcal/m² beim Kerabiber und 27 470 kcal/m² bei der S-Pfanne gegenüber.

Für den Vergleich mußte der Garantiewert des spezifischen Energieverbrauchs für die S- Pfanne herangezogen werden, da z.Zt. noch Veränderungen durch den Anlagenlieferanten mit dem Ziel vorgenommen werden, den Garantiewert nachzuweisen. Der Nachweis fällt aber erst nach dem Berichtstermin.

Rechnerisch würde bereits mit einem spezifischen Energieverbrauch von 983,7 kcal/kg für die S- Pfanne ein energetischer Gleichstand zum Kerabiber erreicht.

Für die ökologische Betrachtung wird auch der spezifische Elektroenergieverbrauch ermittelt.

Es ergibt sich pro m² Dachfläche für den Kerabiber ein Wert von 6,1479 kWh/m² und für die S-Pfanne von 4,8995 kWh/m². Auch hier wird ein energetischer Vorteil durch die S- Pfanne erzielt.

Beim Kraftstoff für Lader und Gabelstapler ergeben sich trotz gleicher Dieserverbräuche in beiden Werken beim spezifischen Vergleich pro m² Dachfläche ebenfalls Vorteile für die S-Pfanne. Es stehen sich 0,0345 l/m² beim Kerabiber und 0,0242 l/m² bei der S-Pfanne gegenüber.

4. Zusammenfassende Bewertung

Der entscheidende Vorteil der S-Pfanne liegt in dem geringen Gewicht pro m² Dachfläche. Dadurch ergibt sich auch bei relativ gleichem Energieeinsatz pro kg Masse bei der Herstellung ein energetischer und ökologischer Vorteil pro m² Dachfläche nach Realisierung des Garantiewertes. Alle Berechnungen beziehen sich auf die liegende Fertigung der S- Pfanne als Einzelstück auf einem Brennhilfsmittel.

Weiteres Entwicklungspotential für die S-Pfanne besteht daher in veränderten Besatzvarianten mit verringertem oder ganz ohne Brennhilfsmittel bei stehender Fertigung. Damit konnten weitere Energieeinsparungen erzielt werden.

Anlage 1

Gegenüberstellung der Kenndaten der Kerabiberproduktion Werk Guttau I und der S- Pfannenproduktion Werk Guttau II (Demonstrationsprojekt)

		Kerabiber Werk Guttau I (Mess. IBK, Meßprotok. v. 12.5.95)	S- Pfanne Werk Guttau II
Besatz	Stck/ TOW	Kästen 684	187
		Kerabiber 1368	
Stückgewicht	kg/Stck	Kästen 3,8111	2,83
		Kerabiber 1,65 (netto)	
Besatzgewicht	kg/TOW	2606,8	529,2
Schubzeit	min/TOW	37,8	9
Durchlaufzeit Ofen	h	14,3	4
Mengenleistung	kg/d	99058,11 brutto	84673,6
		85773,6 netto	
	kg/h	3573,9	3528,1
Gasverbrauch	m ³ _N /h	283,737	275,697 *
Unterer Heizwert H _u	kcal/m ³ _N	8574	8574
Spezifischer Energieverbrauch	kcal/kg	680,7	670 (Garantiewert)
Elektroenergieverbrauch	kWh/d	8881,45	10 118
	kWh/h	370,06	421,58
spezif. Elektroenergieverbr.	kWh/kg	0,1035	0,1195
	kWh/m ²	6,1479	4,8995
Kraftstoffverbrauch Diesel	l/h	2,08	2,08
spez. Dieserverbrauch	l/kg	0,00058	0,00059
	l/m ²	0,0345	0,0242
Dachziegel pro m ² Dachfläche		36	14,5
kg pro m ² Dachfläche		59,4	41

* fiktiver Gasverbrauch bezogen auf den Garantiewert für den spezifischen Energieverbrauch von 670 kcal/kg.

INSTITUT FÜR BAU- UND GROBKERAMIK GMBH

Bauhausstraße 7 b, 99423 Weimar

Telefon: 03643/ 552-0, Fax-Nr.: 03643/ 552-299

Ökologisch - ökonomische Bilanzierung

des Projektvorhabens Ströher GmbH :


"Errichtung einer dachkeramischen Produktionsstätte als Demonstrationsprojekt im Kreis Bautzen (Sachsen) mit dem Ziel, unter Einsatz neuartiger Technik eine Energie- und CO₂- Reduzierung zu erreichen"

AK. - Z: 01561

Auftraggeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Auftragnehmer: Institut für Bau- und Grobkeramik GmbH
Bauhausstraße 7 b
99423 Weimar

Weimar, den 18. Dezember 1995


Dr.-Ing. Föhns
Geschäftsführer


Dr.-Ing. Hohmann
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung
2. Aufstellung einer Sachbilanz für das produzierende Werk
 - 2.1. Luftverunreinigung
 - 2.2. Energieverbrauch
 - 2.3. Abfallbelastung
 - 2.4. Wasserbelastung
3. Aufstellung einer Wirkungsbilanz
4. Ökologischer Vergleich
5. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des produzierenden Werkes auf der Grundlage aktueller Betriebsdaten
 - 5.1. Situationsanalyse zum aktuellen rechtlichen Stand der Einführung einer CO₂- Steuer
 - 5.2. Prognostische Einschätzung der ökologischen Entwicklung durch Dynamisierung der Grenzwerte nach TA Luft
 - 5.3. Verhältnis der aktuellen Betriebskosten zu den gesamtgesellschaftlichen Kosten
 - 5.4. Relativierung des Einflußniveaus der technologischen und der bau-technischen Entwicklung
6. Zusammenfassung
7. Literaturangaben

1. Aufgabenstellung

Im Projektantrag zum Demonstrationsprojekt der

Ströher GmbH
Werk Guttau
Baruther Straße
02694 Guttau- Kleinsaubernitz

wird die ökologische Dimension des Vorhabens unter Punkt 3.2. wie folgt dargestellt:

"CO₂- Emissionsminderung:

Die Reduzierung von Emissionen ist ein Thema, das in der Industrie in den nächsten Jahren aufgegriffen werden muß. Schon die Umwelt- und Entwicklungskonferenz in Brasilien hat gezeigt, daß eine Einigung und Lösung des Problems der CO₂ - Minderung ein weltpolitisches Thema ist. In diesem Bereich ist - wie bekannt - die Bundesregierung ein Vorreiter. Ein Wegweiser zu diesem Ziel soll durch die optimale Ofen- und Trocknerkonzeption im Verbündsystem unter dem Einsatz modifizierter Brenntechnik im Demonstrationsprojekt vorgestellt werden, da aufgrund günstiger Energie-Einsätze zwangsläufig eine CO₂- Emissionsreduzierung erreicht wird. Somit setzt das Demonstrationsprojekt unserer Ansicht nach auf diesem Gebiet ein Zeichen für nachfolgende Produktionsstätten."

Da die CO₂- Emissionsminderung eine absolute und eine zur Ökonomie relative Dimension hat, ist eine vertiefende ökologisch - ökonomische Bilanzierung für eine weitere Beurteilung, insbesondere zu einer weiteren gesamt-gesellschaftlichen Förderung, notwendig. Die absolute Dimension besteht in dem Einfluß der CO₂ - Emission auf die globale Klimagestaltung, die bislang für die CO₂ - Emittenten der Industrie infolge nicht geschlossener Bilanzen ökonomisch nicht wirksam wurde.

Im Gespräch ist eine CO₂- Abgabe. Des weiteren gibt es in der Industriegesellschaft Prozesse mit CO₂- Emission auf die überhaupt nicht oder zur Zeit noch nicht verzichtet werden kann. Die relative Dimension besteht in der Herstellung, bzw. Wahrung marktwirtschaftlicher Relationen innerhalb der keramischen Branche durch Prognose der ökonomischen Folgen einer finanziellen CO₂ - Abgabe bzw. zur Gewährung von zeitlichen und finanziellen Anpassungshilfen.

Die spezifische CO₂- Emission der Ziegelindustrie betrug 1990 nur noch 25 % der Menge von 1975. Diese wurde im wesentlichen durch den verstärkten Einsatz von CO₂- emissionsarmen Erdgas und erst in zweiter Linie durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauches erreicht. Auch die Verpflichtung der Ziegelindustrie - im Zeitraum 1987 bis 2005 - in den alten Bundesländern bis 15 % und in den neuen Bundesländern eine bis 70 % weitere Senkung der spezifischen CO₂- Emission zu erreichen, beruht im wesentlichen auf Struktureffekte. Dabei wird auf die Kennziffer kg CO₂ /kg Ziegel für die spezifische CO₂- Emission abgestellt.

Volkswirtschaftlich relevant ist in der Regel dagegen nicht die Masse des Ziegelproduktes, sondern die mit einer bestimmten Masse keramischer Baustoffe belegbare Dachfläche ,d.h. die aussagefähigere Kennziffer ist kg CO₂/m² Dachfläche. Damit wäre zu orientieren auf einen leichten, keramisch hochwertigen Dachziegel mit ausgefeilter Verlegetechnik.

Zu einer inneren Optimierung des Produktes Dachziegel und seiner Produktion gehört weiterhin die Transportoptimierung. Ebenfalls einzubeziehen ist die sekundäre CO₂- Belastung durch die thermische Dissoziation der Erdalkalikonarbonate.

Insgesamt gibt daher die vorliegende Aufgabenstellung vor, die Bewertung der Ströher-Technik für die Aussagen zur CO₂- Emissionsminderung in eine erweiterte Ökobilanzierung hineinzustellen.

Arbeitsschritte sind die Datenerhebung zur Sach- und Wirkungsbilanzierung mit nachfolgender Erstellung einer produktbezogenen Ökobilanz.

Die relevanten Zusammenhänge der Bilanzierung gemäß nachfolgender Zusammenhänge:

Kategorie	Zielbereich	Bezeichnung	Normierungsfaktor
1	R, Ö-	Inanspruchnahme von Ressourcen	Rohstoff/ Brennstoff/ Kraftstoff
2	R, Ö	Flächenbedarf	
3	M	Belästigungen (Lärm, Geruch)	Geruchsschwellenwerte
4	M	Arbeitsschutz	MAK-Werte
5	Ö, M	Abfall	
6	Ö	Abwasser	
7	Ö	Treibhauseffekt	CO ₂ -Äquivalente
8	Ö	Luftverunreinigung und Versauerung von Gewässern und Böden	Säure - Äquivalente

R = Ressourcen

M = Menschliche Gesundheit

Ö = Ökologische Gesundheit

werden dahingehend präzisiert, daß ausschließlich die Aspekte der ökologischen Gesundheit (Ö) zur Aussage herangezogen werden und dabei weiterhin der absolute Betrag der Einsparung an Rohstoff und Bebauungsfläche außer Acht gelassen wird. Bezüglich des Produktes Dachziegel wird von zur Zeit gültigen DIN- Vorschriften ausgegangen.

2. Aufstellung einer Sachbilanz für das produzierende Werk

Die Produktionsstätte im sächsischen Guttau wurde umweltverträglich auf einem ca. 60 000 m² großen Werksgelände eines ehemaligen Industriestandortes mit Gleisanschluß erbaut. Die Umweltfreundlichkeit wird nicht allein durch eine den neuesten technischen Entwicklungen entsprechende Rauchgasreinigungsanlage dokumentiert, sondern auch durch den niedrigen Energieverbrauch. So ist der Primärenergiebedarf auf Grund des Schnellbrand- Tunnelofens (Vogel & Noot, Österreich), der erstmalig in der gesamten Dachziegelbranche ohne feuerfeste Brennhilfsmittel betrieben wird, deutlich niedriger als bei herkömmlichen Brenntechniken.

Hochwertige, rot brennende keramische Tone aus der Lausitz sind Grundlage für die Qualität der Kera-Biber. Auf Grund der Produktionstechnik ist es möglich, ohne Engoben keramische Biberschwanzziegel in verschiedenen Farben und geringer Materialstärke mit niedrigem Quadratmeter-Gewicht herzustellen. In diesem sächsischen Werk werden ca. 30 heimische Mitarbeiter rund 15 Mio Stück Kera-Biber pro Jahr fertigen.

Die wesentlichen Vorteile der eingesetzten Technologie liegen nach Angaben des Betreibers in folgenden Bereichen:

- Steifverpressung;
- Nutzung der Preßwärme als Beitrag zur Trocknung;
- Wegfall der Revolverpresse;
- Wegfall der Formlingsträger durch eigensteife Formlinge;
- Wegfall der Brennhilfsmittelkassetten, dadurch geringere aufzuheizende Massen und einfachere Anlage;
- Integration von Ofen und Trockner in einem geschlossenen System zur Minimierung des Energieaufwandes für die Trocknung.

Vergleiche hierzu nachfolgend den Verfahrensstammbaum dieser Neuanlage:

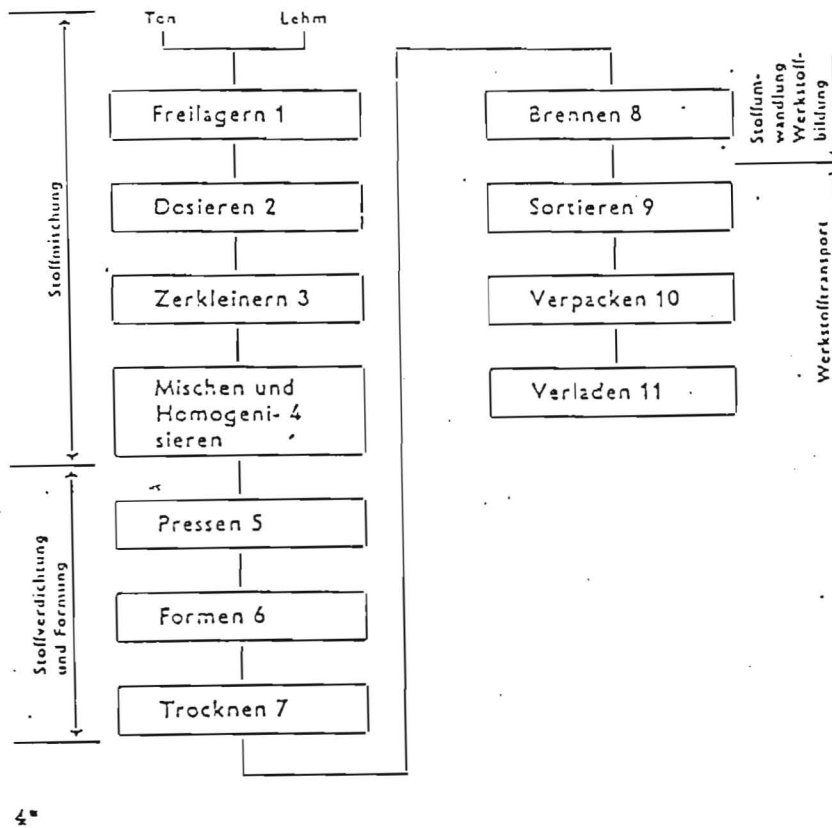


Abb. 1 Verfahrensstammbaum für Neuanlage Werk Guttau

Die nachfolgenden Bilanzierungen bauen auf Angaben des Betreibers vom 06.12.95 auf [1].

2.1. Luftverunreinigung

Die Konzentration der anorganischen, gasförmigen Schadstoffe im Abgas (Reingas nach dem Kalksteinschüttfilter) betragen gemäß Genehmigungsbescheid nach BImSchG für das Werk Guttau:

HF	=	5 mg/m ³
HCl	=	0 mg/m ³
SO _x als SO ₂	=	500 mg/m ³
NO _x als NO ₂	=	200 mg/m ³ .

Die spezifische, trockene Abgasmenge beträgt:

2,274 Nm³/ kg Brenngut.

Für die CO₂ - Bilanz des Produktionsprozeß keramischer Dachziegel sind nachfolgende Vorgänge zu betrachten:

- Thermische Dissoziation des Karbonats des Rohstoffes,
- Verbrennung von Erdgas zur Wärmeerzeugung,
- Verbrauch von Elektroenergie,
- Einsatz von Kraftstoffen.

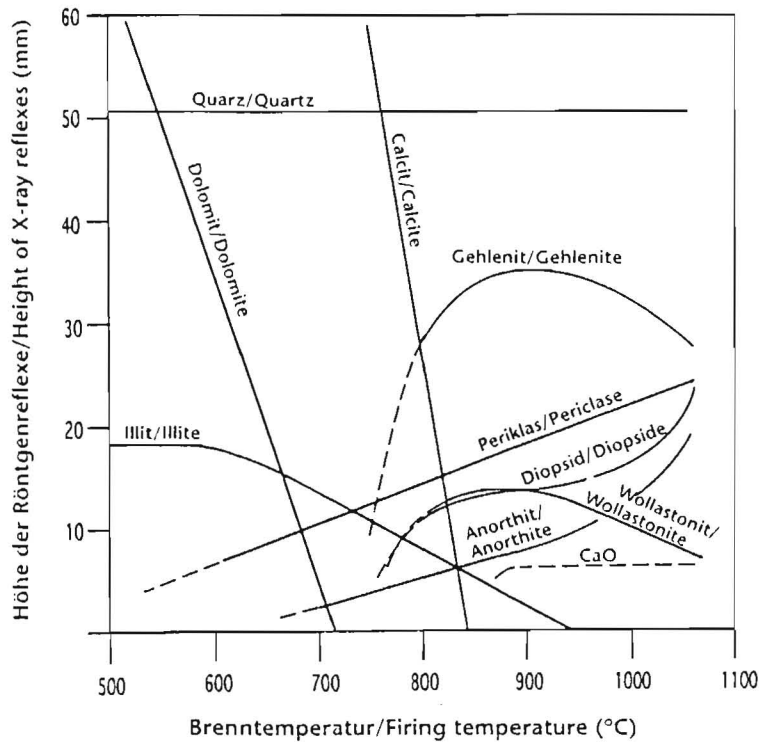


Abb. 2 : Veränderungen in der Mineralzusammensetzung in Funktion zur Brenntemperatur. Diagramme mit Röntgendiffraktometer an Probestücken einer Dachziegelmischung [2].

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Mineralzersetzung und die Mineralneubildung in einer erdalkalikarbonathaltigen Dachziegelmasse beim keramischen Brand. Unabhängig vom Mineralbestand ist die 100-%ige CO₂- Freisetzung aus dem Rohstoff nachzuweisen. Die in dieser Publikation nachgewiesene Eignung stark erdalkalikarbonathaltiger Tone zur Dachziegelproduktion ist im Zusammenhang mit der CO₂- Freisetzung kritisch zu betrachten.

Für die Versatzmasse des Dachziegelwerkes Guttau wird nachfolgende chemische Analyse (in Masse- %) angegeben:

Na ₂ O	0,01 %
MgO	1,27 %
CaO	0,89 %
Al ₂ O ₃	27,82 %
SiO ₂	58,77 %
K ₂ O	1,68 %
TiO ₂	2,05 %
Fe ₂ O ₃	7,50 %
Glühverlust	7,60 %.

Daraus ermittelt sich eine spezifische CO₂- Freisetzung aus dem Rohstoff von 21 g CO₂ /kg Brenngut.

(Bei Einsatz karbonatreicher Rohstoffe mit z.B. 15 Masse-% CaCO₃ sind CO₂- Freisetzungen in der gleichen Größenordnung wie aus dem Energieverbrauch zu erwarten).

Das CO₂- Potential von 0,055 kg CO₂/MJ für den Brennstoff Erdgas wurde Unterlagen des Ministeriums für Wirtschaft entnommen [3].

Für einen Primärenergieeinsatz zum Trocknen und Brennen von 2 467 kJ/kg Brenngut errechnet sich eine spezifische CO₂- Freisetzung aus der Erdgasverbrennung von 136 g CO₂/kg Brenngut.

Die spezifischen CO₂- Emissionen pro kWh Strom von effizienten Braunkohle - Kraftwerken (mit Wirkungsgraden von 42 %) wird mit 0,98 kg CO₂ - Äquivalent/kWh angegeben [4].

Mit einem spezifischen Elektroenergieverbrauch von 2,49 kWh/kg BG ermittelt sich für den Elektroenergieverbrauch eine spezifische CO₂- Freisetzung von 102 g CO₂/kg Brenngut.

Für den Dieselverbrauch mit 17 kJ/kg Brenngut wird mit einem CO₂- Potential von 80 t CO₂ /TJ ein spezifischer CO₂- Anteil von 1 g CO₂/kg Brenngut errechnet.

Zusammenfassend ermittelt sich eine spezifische CO₂- Belastung von
260 g CO₂/ kg gebrannte Dachziegel.

2.2. Energieverbrauch

- Brennstoffart	Erdgas
- Heizwert (H_u)	35 890 kJ/Nm ³
- Primärenergieeinsatz zum Trocknen und Brennen	2467 kJ/kg Brenngut
- Elektroenergieverbrauch	374 kJ/kg Brenngut
- Kraftstoffverbrauch für Transport	17 kJ/kg Brenngut.

2.3. Abfallbelastung

Trocken- und Brennbruch werden im betrieblichen Kreislauf geführt. Für den Rückstand aus der kalksteinbeschickten Rauchgasreinigungsanlage wird Entsorgung als Sonderabfall angesetzt. Es fallen Rückstandskalke in der Menge von 0,6 g/kg Brenngut an. Andere Abfallarten treten im Produktionsprozeß nicht auf.

2.4. Wasserbelastung

Eine Wasserbelastung der Umwelt aus der Dachziegelproduktion tritt nicht auf.

3. Aufstellung einer Wirkungsbilanz

Stoff	Öko-Faktor (pro g bzw. pro MJ)	Öko-Belastung (pro kg Brenngut)
Luft		
CO _x (als CO ₂)	3,60 E - 02	9
NO _x (als NO ₂)	4,23 E + 01	19
SO _x (als SO ₂)	2,30 E + 01	26
HCl	4,23 E + 01	0
HF	1,40 E + 03	16
		Summe = 70
Abfall		
Sonderabfälle	2,03 E + 01	12
Energie		
Brutto - Energie	1,00 E + 00	4
Wasser	-	0
		Summe = 86 Öko-Punkte

- Alle Werte nach BUWAL [5].
- Der Öko- Faktor für Fluorwasserstoff wurde über den BUWAL- Wert für Chlorwasserstoff durch Verhältnisbildung der S- Werte beider Stoffe gemäß Anhang B der TA- Luft [6] gebildet.
- Unter dem Titel Energie wird einzig die Knappheit von Energie (gemessen in JOULE) bewertet.
- Die Folgebelastrungen aus Energieverbrauch sind unter dem Titel "Luftbelastung" ausgewiesen.
- Strom wurde anhand des konkreten Wirkungsgrades auf dem Primärenergie-träger zurückgerechnet (33 % bei thermischer Erzeugung).

4. Ökologischer Vergleich

Die Wirkungsbilanz zeigt, daß nach gegenwärtig geltenden Maßstäben der Hauptanteil (81 %) der Ökobelastung der Dachziegelproduktion durch Luftverunreinigung verursacht wird.

Nach gegenwärtiger Wichtung bleibt das CO₂ in der Ökobilanz untergeordnet. Bei einer fiktiven Erhöhung des Öko-Faktors für CO₂ von 3,60 E- 02 auf 3,60 E - 1 erhöht sich die anteilige Ökobelastung durch das CO₂ von 9 auf 90 Öko- Punkte und damit verschlechtert sich die Gesamtbilanz um ca. 100 %.

Karbonatreiche Rohstoffe belasten die Ökobilanz beträchtlich und sollten perspektivisch vermieden werden, bzw. mit verbesserten Brennverfahren behandelt werden.

Die Luftschadstoffe HF, HCl, SO_x und NO_x sind im wesentlichen rohstoffverursacht und können darüber hinaus durch gängige Abgasreinigungsanlagen nahezu beliebig zurückgehalten werden.

Die CO₂ - Emission aus der Brutto-Energie ist hauptsächlich über den spezifischen Wärmeverbrauch beeinflussbar. Für die Anrechnung des CO₂- Anteiles der Elektroenergie ist vorliegend das CO₂- Äquivalent eines Braunkohlenkraftwerkes (Standort Lausitz) angenommen worden. Zur Entlastung des CO₂- Potentials der Dachziegelproduktion kann auch hier eine MIX-Rechnung angestrebt werden.

Aus ökologischer Sicht besteht daher die Optimierungsaufgabe vorrangig in der Senkung der CO₂- Emission (Treibhauseffekt) und der Senkung der Emission der Säurebildner SO_x, NO_x und HF (Versauerungseffekt für Luft, Wasser und Boden).

5. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des produzierenden Werkes auf der Grundlage aktueller Betriebsdaten

Eine ausgewogene Bewertung, die bei konkurrierenden Herstellungsverfahren bzw. Produkten tendenziell weder zur Benachteiligung noch Bevorzugung führt, verlangt beim Kosten-Nutzen-Vergleich von den gesamten Kosten der Gesellschaft, d.h. von den internen zuzüglich externen Kosten auszugehen [7]. Dann entwickelt sich die bisher vorherrschende betriebswirtschaftliche Bewertung zu einer übergeordneten gesellschaftlichen Bewertung weiter. Im Maße der praktischen Einbeziehung externer Effekte (beispielsweise durch die Dynamisierung der Grenzwerte der TA Luft oder durch die Einführung einer CO₂- Steuer) bildet sie sich heraus.

Dabei genügt es, nur die Kostenseite im Blick zu haben, da sich in der Regel positiver Nutzen durch negative Kosten gleichsetzen läßt (vgl. Abb.3).

Praktisch ergibt sich die größte Inkonkurrenz zwischen individueller und gesellschaftlicher Bewertung für folgende alternative Kostenkonstellation:

Die internen (bezahlten) Kosten liegen gegenüber der Basisvariante höher und sind nicht mehr durch das gegenwärtige Preis- bzw. Erlösniveau gedeckt.

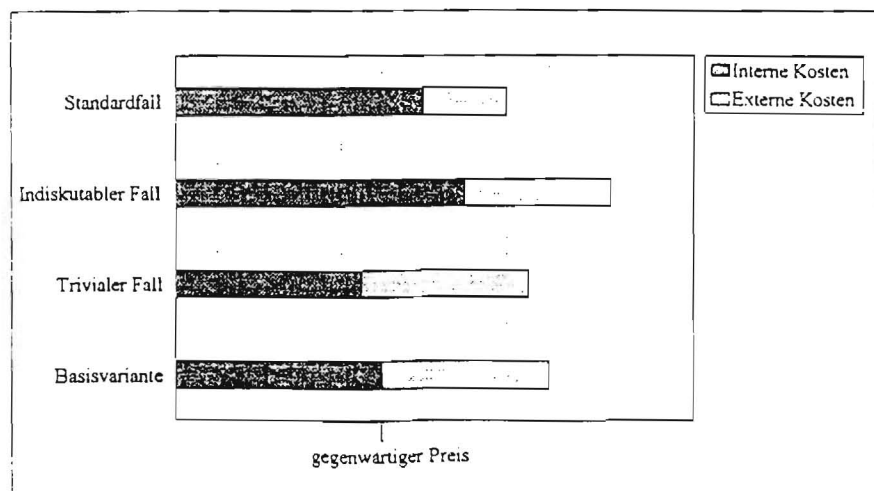


Abb. 3 Kostenkonstellationen bei Alternativlösungen

Aus der Sicht der Unternehmen bedeutet das eine geringere Effizienz und spricht nicht für die Realisierung. Dennoch kann die Lösung gesellschaftlich vorteilhaft sein. Notwendig ist hierfür, daß die saldierten externen (postiven und negativen) Kosten den bezahlten Mehrverbrauch zumindest kompensieren, somit die Gesamtkosten fallen.

Dabei ist zunächst unerheblich, um welche Formen der Alternativlösungen es sich handelt, ob die Substitution des Energieträgers oder die Einführung neuer Technologien oder Maßnahmen der erzeugnis- und bautechnischen Optimierung in Frage kommen. Auf die Wirtschaftlichkeit hat es auch keinen Einfluß, ob die Kosten nun hauptsächlich laufenden Aufwand oder einmaligen Fondsvorschuß bedeuten. (Im Entscheidungsprozeß für oder gegen eine Alternativlösung kann das allerdings von Bedeutung sein).

Trivial ist die Entscheidungssituation, bei der gegenüber der Basisvariante sowohl die internen als auch externen Kosten niedriger sind. Dann liegen auch die gesellschaftlichen Gesamtkosten unter dem vorgegebenen Gesamtniveau, und die internen Kosten werden durch das gegenwärtige Preis- bzw. Erlösniveau abgedeckt. Diese Lösung wäre im individuellen und gesellschaftlichen Interesse die günstigste und daher vorzugsweise zu realisieren. Sie ist konkurrenzlos.

Indiskutabel aus wirtschaftlichen Gründen erscheint schließlich der Fall, daß die Gesamtkosten und jeweils auch die internen sowie externen Bestandteile höher liegen. Eine solche Alternative macht nur Sinn, wenn andere Aspekte hierüber entscheiden, beispielsweise die Versorgungssicherheit oder die Absicherung eines langfristigen Marktzutritts.

In diesem aufgezeigten Rahmen soll nachfolgend die ökonomische Zuordnung des Demonstrationsobjektes Ströher erfolgen.

5.1. Situationsanalyse zum aktuellen rechtlichen Stand der Einführung einer CO₂-Steuer

Die EG- Kommission hat 1993 einen Vorschlag zur Einführung einer harmonisierten CO₂-/ Energiesteuer vorgelegt, der ab 1993 eine Steuer von drei US-Dollar pro Barrel Öl vorsah und die in der Folge bis zum Jahr 2000 auf zehn US-Dollar erhöht werden sollte. Dieser Vorschlag scheiterte an dem entschiedenen Widerstand einzelner Mitgliedsländer. Ein daraufhin von der EU- Kommission modifizierter Richtlinienentwurf zur Einführung einer CO₂-/Energiesteuer sieht insbesondere folgendes vor:

- Vom 1.1.1996 bis 1.1.2000 soll eine Übergangsphase gelten, in der die Mitgliedsstaaten eine CO₂- /Energiesteuer einführen können.
- Ab dem 1.1. 2000 soll eine EU-weite CO₂-/Energiesteuer eingeführt werden. Hierzu ist erneut ein einstimmiger Beschluß des Rates erforderlich.
- Der Grundsatz der Konditionalität wird für die Übergangszeit aufgehoben; D.h. die Einführung der Steuer wird nicht davon abhängig gemacht, daß in der OECD ebenfalls eine derartige Steuer eingeführt wird.
- Sonderregelungen für energieintensive Bereiche bleiben erhalten. Danach besteht die Möglichkeit der Steuerbefreiung bzw. -reduzierung und zur Verrechnung von Investitionen und CO₂ -/ Energiesteuerschuld.
- Es ist vorgesehen, Kohle, Gas, Mineralöl und Strom zu besteuern. In der Übergangsphase werden keine verbindlichen Steuersätze festgelegt. Es sind lediglich Zielraten ("Target rates") vorgesehen: Sie belaufen sich auf 9,37 ECU je Tonne CO₂- Emission und 0,7 ECU je GJ Energiegehalt. Diese Steuersätze sollen von den Mitgliedsstaaten am Ende der Übergangszeit zum 31.12.1999 erreicht werden; sie sind nicht verbindlich.
(1 ECU etwa 1,88 DM)

Die 1. Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention vom 28. März bis 07. April 1995 in Berlin bezeichnete in ihrem Abschlußdokument die bisherigen Verpflichtungen als dem Problem nicht angemessen und vergab ein Mandat zur Ausarbeitung schärferer und detaillierter Reduktionsverpflichtungen.

5.2. Prognostische Einschätzung der ökologischen Entwicklung durch Dynamisierung der Grenzwerte nach TA Luft

Die Ströher GmbH betreibt im Werk Gutttau eine nach der 4. BImSchV, Nr. 2.10. des Bundesimmissionsschutzgesetzes genehmigungsbedürftige Anlage zum Brennen keramischer Erzeugnisse.

In der Bundesrepublik Deutschland gelten für die Säurebildner folgende Emissionswerte [6]:

(Alle Konzentrationen beziehen sich derzeit nach Abschnitt 3.3.2.10.1 bzw. 3.3.2.7.1 der TA Luft bei kontinuierlich betriebenen Brennanlagen auf einen O₂-Gehalt von 18 Vol.-% Normzustand, trocken.)

<i>Fluorwasserstoff</i>	<i>5 mg/m³</i>
Fluor und seine dampf- oder gasförmigen Verbindungen, angegeben als Fluorwasserstoff	

<i>Chlorwasserstoff</i>	<i>30 mg/m³</i>
Dampf- oder gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als Chlorwasserstoff	

<i>Schwefeloxide, angegeben als SO₂</i>	
- bei einem S- Gehalt des Rohstoffes von < 0,12 %	<i>0,50 g/m³</i>
- bei einem S- Gehalt des Rohstoffes	<i>1,5 g/m³ ¹⁾</i>

¹⁾ Der Länderaustausch für Immissionsschutz (L AI) hat zur Konkretisierung der in der TA Luft [7] enthaltenen Dynamisierungsklauseln im Hinblick auf einen bundeseinheitlichen Vollzug folgende Empfehlungen beschlossen:

- Neuanlagen: 0,50 g SO₂ / m³,
- Altanlagen: wie Neuanlagen, Ausnahme Ziegeleien; hier Einzelfallprüfung mit Zielwert 0,50 g SO₂/m³

Stickstoffoxide, angegeben als NO₂ 0,50 g/m³

Dieser Emissionswert wird in Anlagen der keramischen Industrie mit Ausnahme von Brennanlagen zur Herstellung von keramischen Rohstoffen ohne besondere Minderungsmaßnahmen eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

Kohlendioxid entfällt

Emissionsgrenzwerte für CO₂ werden nicht vorgegeben.

Die VDI 2585 [8] gibt nachfolgende Betriebsdaten der Rohgaswerte von gasbefeuelten Brennöfen für Ziegeleiprodukte an:

Emissionskomponenten	mg/m ³
anorganische gasförmige Fluorverbindungen angegeben als HF	1 - 120
anorganische gasförmige Chlorverbindungen, angegeben als HCl	1 - 20
Schwefeloxide, angegeben als SO ₂ Rohstoff- S- Gehalt < 0,12 %	10 - 300
Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂	2 - 120
Kohlendioxid, CO ₂	-

Eine fiktive Dynamisierung der Emissionsgrenzwerte für

HF von 5 auf 3 mg/m³

HCl von 30 auf 10 mg/m³

SO_x von 500 auf 200 mg/m³

NO_x von 200 auf 100 mg/m³

würde entsprechend Öko-Bilanz nach P. 3 folgende Belastungsänderung bringen:

	Öko- Punkte		
	TA Luft	Istwerte	dynamisiert
HF	16	16	10
SO _x	26	26	10
NO _x	48	19	10
Summe	90	61	30

Die Ökobelastung durch die Säurekomponenten verringert sich in der Reihenfolge TA- Luft- Grenzwerte / Istwerte Werk Guttau / dynamisierte Werte von 90 auf 61 auf 30 Öko-Punkte. Hier liegen echte Kompensationsmöglichkeiten für evtl. übersteigerte Anforderungen aus der CO₂- Problematik.

5.3. Verhältnis der aktuellen Betriebskosten zu den gesamtgesellschaftlichen Kosten

Bei Abgabe der Kera-Biber wurden 1995 0,388 DM/kg Brenngut realisiert. Das Gewicht der Dachbedeckung mit Kera-Biber beträgt 0,594 kN/m². Zur Deckung der gesamtgesellschaftlichen Kosten wird von der fiktiven Annahme ausgegangen, daß sich die CO₂- Steuer alle 5 Jahre verdoppelt. Ausgangspunkt sind 9,37 ECU pro t CO₂. Daraus ergibt sich folgende Progression:

Jahr	Preis		Preissteigerung auf
	DM/kg Brenngut	DM/m ² Dachfläche	
1995	0,388	23.047	-
2000	0,392	23.287	101 %
2005	0,400	23.527	102 %
2010	0,404	24.007	104 %
2015	0,420	24.967	108 %
2020	0,452	26.887	117 %
2025	0,516	30.727	133 %
2030	0,644	38.407	166 %

Die externen Kosten für die CO₂- Freisetzung sind gegenwärtig auch nicht annähernd einzugrenzen. Das sie einen starken Einfluß nehmen werden, ist evident. Jedoch ist auch hier die Zeitschiene nicht kalkulierbar. Mit ca. 1 % Kostenanteil der bis zum Jahre 2000 veranlagten CO₂- Steuer bleibt das Demonstrationsobjekt Ströher im Dachziegelwerk Guttau gemäß Aussage der Abb. 3 ökologisch ein trivialer Fall: Die technologischen Verbesserungen wirken sich direkt als Senkung des gegenwärtigen Preises und damit als Verbesserung der Wettbewerbschancen aus. Bei der oben fiktiv angenommenen Besteuerungsprogression

wird der Standardfall, d.h. der absolute Abbau der externen Kosten nicht vor dem Jahre 2010 möglich sein.

5.4. Relativierung des Einflusses der technologischen und der bautechnischen Entwicklung

Im bisher gültigen Richtlinien- und Vorschriftenwerk gibt für die ökologische Belastung aus technologischer Varianz die VDI 2585 über "Emissionsminderung keramische Industrie" für den Dachziegel einen spezifischen Wärmebedarf für das Trocknen und Brennen, bezogen auf Brenngut ohne Brennhilfsmittel, von

(1750 - 2800) kJ / kg Brenngut

an. Unter Hinzuziehung der Aussagen der Kapitel 2 und 3 des vorliegenden Berichtes ergibt sich für das CO₂- Äquivalent der keramischen Dachziegelproduktion eine Varianz von

(0,2 - 0,3) kg CO₂ / kg Brenngut.

Zur ökologischen Belastung aus erzeugnistechischer und bautechnischer Varianz weist die DIN 1055, Teil 1 für Eigenlasten von Dachdeckungen Werte zwischen 0,50 kN/m² bis 0,95 kN/m² aus.

Die bautechnisch bedingte Varianz, aus z.B. der Dachneigung, liegt bei einer Eigenlast der Ziegeldeckung nach DIN 1055 von 0,50 kN/m² zwischen 0,51 kN/m² und 0,78 kN/m². Nach diesen DIN- Vorgaben sind Gewichte je m² Grundfläche bei gestaltungsbedingter Eigenlast der Ziegeldecke zwischen (0,50 - 0,75) kN/m² und Dachneigung zwischen (10 - 50)° von

(0,51 - 1,17) kN/m² Grundfläche

realisierbar.

Es wird folgende Optimierungsaufgabe formuliert:

1)

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg Brenngut}} \times \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{ Dachfläche}} = \text{KCO}_2 \text{ gegen Null}$$

Mit den o.g. ökologischen Varianzen ermittelt sich der mögliche Kohlendioxid - Koeffizient zu

$$\text{KCO}_2 = 2 - 11.$$

Für das Ströher-Demonstrationsprojekt liegt dieser Wert für eine Eigenlast von 0,594 kN/m² bei

$$\text{KCO}_2 = 4,1 - 6,2.$$

Im Vergleich dazu liegt die traditionellen Dachziegelproduktion bei

$$\text{KCO}_2 = 5,4 - 8,3.$$

¹⁾ Dachfläche hier im Sinne überdachter Grundfläche

6. Zusammenfassung

Nach zur Zeit geltenden Bewertungsmethoden spielt das CO₂ in der Öko-Belastung der Dachziegelproduktion eine untergeordnete Rolle.

Perspektivisch wird im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt eine ökologische Höherbewertung bis auf 40 % - Anteil an der gesamten Öko-Belastung prognostiziert. Damit wird jener Anteil der Brutto-Energie bei der Herstellung keramischer Dachbedeckung, der über die Luftverunreinigung wirksam wird, zum Hauptgegenstand ökologisch-ökonomischer Optimierung. Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ist die Optimierung in technologischer und bautechnischer Richtung zu betreiben. Es wird vorgeschlagen, die Beurteilung durch einen CO₂-Koeffizienten, der aus dem Produkt der beiden spezifischen Kennziffern des CO₂-Äquivalents der Ziegelproduktion und des CO₂ - Äquivalents der Ziegelanwendung nach folgender Zahlenwertgleichung zu bilden ist:

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg Brenngut}} \times \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{ Dachfläche}} = \text{KCO}_2 \text{ gegen Null}$$

Die Optimierungsaufgabe bedeutet dann:

$$KCO_2 \rightarrow \text{Null.}$$

Aus dem Stand der Technik der Dachziegelproduktion und Dachziegelanwendung sowie zur Zeit geltender Vorschriften und Richtlinien ergeben sich Werte für :

Gesamte Varianz	$KCO_2 = 2 - 11,$
Traditionelle Dachziegel	$KCO_2 = 5,4 - 8,3,$
Kera-Biber Ströher	$KCO_2 = 4,1 - 6,2.$

Damit erfüllt das Demonstrationsobjekt den Anspruch auf Vorbild.

7. Literaturangaben

- [1] Betriebsdaten der Ströher GmbH, Werk Guttau
Baruther Straße 18, 02694 Guttau- Kleinsaubernitz vom 06.12.1995.
- [2] Verfolgung der Reaktionsvorgänge beim Brennen karbonathaltiger
Ziegelmischungen mit Hilfe der Kathodenlumineszenz.
Mumenthaler, Th. u.a. , ZI 5/95, S. 307- 318.
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit
Bonn: Energiedaten 92/93.
- [4] Ökologische Perspektiven zur Kohlenutzung in Deutschland.
Kaschenz ,H. und W.D. Glatzel
Energieanwendung 44, Heft 3/1995, S. 53.
- [5] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft:
"Methodik für Ökobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung"
Schriftenreihe Umwelt Nr. 133, Oktober 1990, Bern/Schweiz.
- [6] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift
zum Bundes- Immissionsschutzgesetz
(Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft)
v. 27. Februar 1986 (GMBI. S. 95)

- [7] Weisheimer, M.: Zum Beitrag ökonomischer Bewertungen in der Energiewirtschaft.
Energieanwendung (44), Heft 3/1995, S. 8 - 12.

- [8] VDI- Richtlinie 2585
"Emissionsminderung keramische Industrie"
Oktober 1993.

INSTITUT FÜR BAU- UND GROBKERAMIK GMBH

Bauhausstraße 7 b, 99423 Weimar

Telefon: 03643/ 552-0, Fax-Nr.: 03643/ 552-299

Ökologisch - ökonomische Bilanzierung

des Projektvorhabens Ströher GmbH :

"Errichtung einer dachkeramischen Produktionsstätte als Demonstrationsprojekt im Kreis Bautzen (Sachsen) mit dem Ziel, unter Einsatz neuartiger Technik eine Energie- und CO₂- Reduzierung zu erreichen"


AK. - Z: 01561

Auftraggeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Auftragnehmer: Institut für Bau- und Grobkeramik GmbH
Bauhausstraße 7 b
99423 Weimar

Weimar, den 21.03.1997


Dr.-Ing. Röhrs
Geschäftsführer


Dr.-Ing. H. Hohmann
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung
2. Aufstellung einer Sachbilanz für das Werk Guttau II / S - Pfanne
 - 2.1. Luftverunreinigung
 - 2.2. Energieverbrauch
 - 2.3. Abfallbelastung
 - 2.4. Wasserbelastung
3. Aufstellung einer Wirkungsbilanz
4. Ökologischer Vergleich
5. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des produzierenden Werkes auf der Grundlage aktueller Betriebsdaten
 - 5.1. Situationsanalyse zum aktuellen rechtlichen Stand der Einführung einer CO₂- Steuer
 - 5.2. Prognostische Einschätzung der ökologischen Entwicklung durch Dynamisierung der Grenzwerte nach TA Luft
 - 5.3. Verhältnis der aktuellen Betriebskosten zu den gesamtgesellschaftlichen Kosten
 - 5.4. Relativierung des Einflußniveaus der technologischen und der bau-technischen Entwicklung
6. Zusammenfassung
7. Literaturangaben

1. Aufgabenstellung

Im Projektantrag zum Demonstrationsprojekt der

Ströher GmbH
Werk Guttau
Baruther Straße
02694 Guttau- Kleinsaubernitz

wird die ökologische Dimension des Vorhabens unter Punkt 3.2. wie folgt dargestellt:

"CO₂- Emissionsminderung:

Die Reduzierung von Emissionen ist ein Thema, das in der Industrie in den nächsten Jahren aufgegriffen werden muß. Schon die Umwelt- und Entwicklungskonferenz in Brasilien hat gezeigt, daß eine Einigung und Lösung des Problems der CO₂ - Minderung ein weltpolitisches Thema ist. In diesem Bereich ist - wie bekannt - die Bundesregierung ein Vorreiter. Ein Wegweiser zu diesem Ziel soll durch die optimale Ofen- und Trocknerkonzeption im Verbundsystem unter dem Einsatz modifizierter Brenntechnik im Demonstrationsprojekt vorgestellt werden, da aufgrund günstiger Energie-Einsätze zwangsläufig eine CO₂- Emissionsreduzierung erreicht wird. Somit setzt das Demonstrationsprojekt unserer Ansicht nach auf diesem Gebiet ein Zeichen für nachfolgende Produktionsstätten."

Da die CO₂- Emissionsminderung eine absolute und eine zur Ökonomie relative Dimension hat, ist eine vertiefende ökologisch - ökonomische Bilanzierung für eine weitere Beurteilung, insbesondere zu einer weiteren gesamt-gesellschaftlichen Förderung, notwendig. Die absolute Dimension besteht in dem Einfluß der CO₂- Emission auf die globale Klimagestaltung, die bislang für die CO₂ - Emittenten der Industrie infolge nicht geschlossener Bilanzen ökonomisch nicht wirksam wurde.

Im Gespräch ist eine CO₂- Abgabe. Des weiteren gibt es in der Industriegesellschaft Prozesse mit CO₂- Emission auf die überhaupt nicht oder zur Zeit noch nicht verzichtet werden kann. Die relative Dimension besteht in der Herstellung, bzw. Wahrung marktwirtschaftlicher Relationen innerhalb der keramischen Branche durch Prognose der ökonomischen Folgen einer finanziellen CO₂ - Abgabe bzw. zur Gewährung von zeitlichen und finanziellen Anpassungshilfen.

Die spezifische CO₂- Emission der Ziegelindustrie betrug 1990 nur noch 25 % der Menge von 1975. Diese wurde im wesentlichen durch den verstärkten Einsatz von CO₂- emissionsarmen Erdgas und erst in zweiter Linie durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauches erreicht. Auch die Verpflichtung der Ziegelindustrie - im Zeitraum 1987 bis 2005 - in den alten Bundesländern bis 15 % und in den neuen Bundesländern eine bis 70 % weitere Senkung der spezifischen CO₂- Emission zu erreichen, beruht im wesentlichen auf Struktureffekte. Dabei wird auf die Kennziffer kg CO₂ /kg Ziegel für die spezifische CO₂- Emission abgestellt.

Volkswirtschaftlich relevant ist in der Regel dagegen nicht die Masse des Ziegelproduktes, sondern die mit einer bestimmten Masse keramischer Baustoffe belegbare Dachfläche ,d.h. die aussagefähigere Kennziffer ist kg CO₂/m² Dachfläche. Damit wäre zu orientieren auf einen leichten, keramisch hochwertigen Dachziegel mit ausgefeilter Verlegetechnik.

Zu einer inneren Optimierung des Produktes Dachziegel und seiner Produktion gehört weiterhin die Transportoptimierung. Ebenfalls einzubeziehen ist die sekundäre CO₂- Belastung durch die thermische Dissoziation der Erdalkalikonarbonate.

Insgesamt gibt daher die vorliegende Aufgabenstellung vor, die Bewertung der Ströher-Technik für die Aussagen zur CO₂- Emissionsminderung in eine erweiterte Ökobilanzierung hineinzustellen.

Arbeitsschritte sind die Datenerhebung zur Sach- und Wirkungsbilanzierung mit nachfolgender Erstellung einer produktbezogenen Ökobilanz.

Die relevanten Zusammenhänge der Bilanzierung gemäß nachfolgender Zusammenhänge:

Kategorie	Zielbereich	Bezeichnung	Normierungsfaktor
1	R,Ö-	Inanspruchnahme von Ressourcen	Rohstoff/ Brennstoff/ Kraftstoff
2	R. Ö	Flächenbedarf	
3	M	Belästigungen (Lärm, Geruch)	Geruchsschwellenwerte
4	M	Arbeitsschutz	MAK-Werte
5	Ö, M	Abfall	
6	Ö	Abwasser	
7	Ö	Treibhauseffekt	CO ₂ -Äquivalente
8	Ö	Luftverunreinigung und Versauerung von Gewässern und Böden	Säure - Äquivalente

R = Ressourcen

M = Menschliche Gesundheit

Ö = Ökologische Gesundheit

werden dahingehend präzisiert, daß ausschließlich die Aspekte der ökologischen Gesundheit (Ö) zur Aussage herangezogen werden und dabei weiterhin der absolute Betrag der Einsparung an Rohstoff und Bebauungsfläche außer Acht gelassen wird. Bezüglich des Produktes Dachziegel wird von zur Zeit gültigen DIN- Vorschriften ausgegangen.

2. Aufstellung einer Sachbilanz für das Werk Guttau II / S - Pfanne

Die Produktionsstätte im sächsischen Guttau wurde umweltverträglich auf einem ca. 60 000 m² großen Werksgelände eines ehemaligen Industriestandortes mit Gleisanschluß erbaut. Die Umweltfreundlichkeit wird nicht allein durch eine den neuesten technischen Entwicklungen entsprechende Rauchgasreinigungsanlage dokumentiert, sondern auch durch den niedrigen Energieverbrauch. So ist der Endergiebedarf auf Grund des Flachbrandofens (Fa. Keller, Lagenbeck), der ohne feuerfeste Brennhilfsmittel betrieben wird, deutlich niedriger als bei herkömmlichen Brenntechniken.

Hochwertige, rot brennende keramische Tone aus der Lausitz sind Grundlage für die Qualität der Dachziegel. Auf Grund der Produktionstechnik ist es möglich, großflächige keramische Dachziegel (S - Pfanne) in verschiedenen Farben und geringer Materialstärke mit niedrigem Quadratmeter-Gewicht herzustellen. Im Werk Guttau werden rund 15 Mio Stück Kera-Biber und rund 11 Mio Stück S - Pfannen pro Jahr gefertigt. Die Produktion der großformatigen S - Pfannen wird einer ökonomisch-ökologischen Bilanzierung unterzogen.

Die wesentlichen Vorteile der eingesetzten Technologie liegen nach Angaben des Betreibers in folgenden Bereichen:

- Modifizierung der Formgebung, der Trocknung und des Brennofens,
- Wegfall der Brennhilfsmittelkassetten sowie des Stützmaterials,
- Verbundwirtschaft zwischen Ofen und Trockner.

Vergleiche hierzu nachfolgend den Verfahrensstammbaum dieser Neuanlage (Abb. 1):

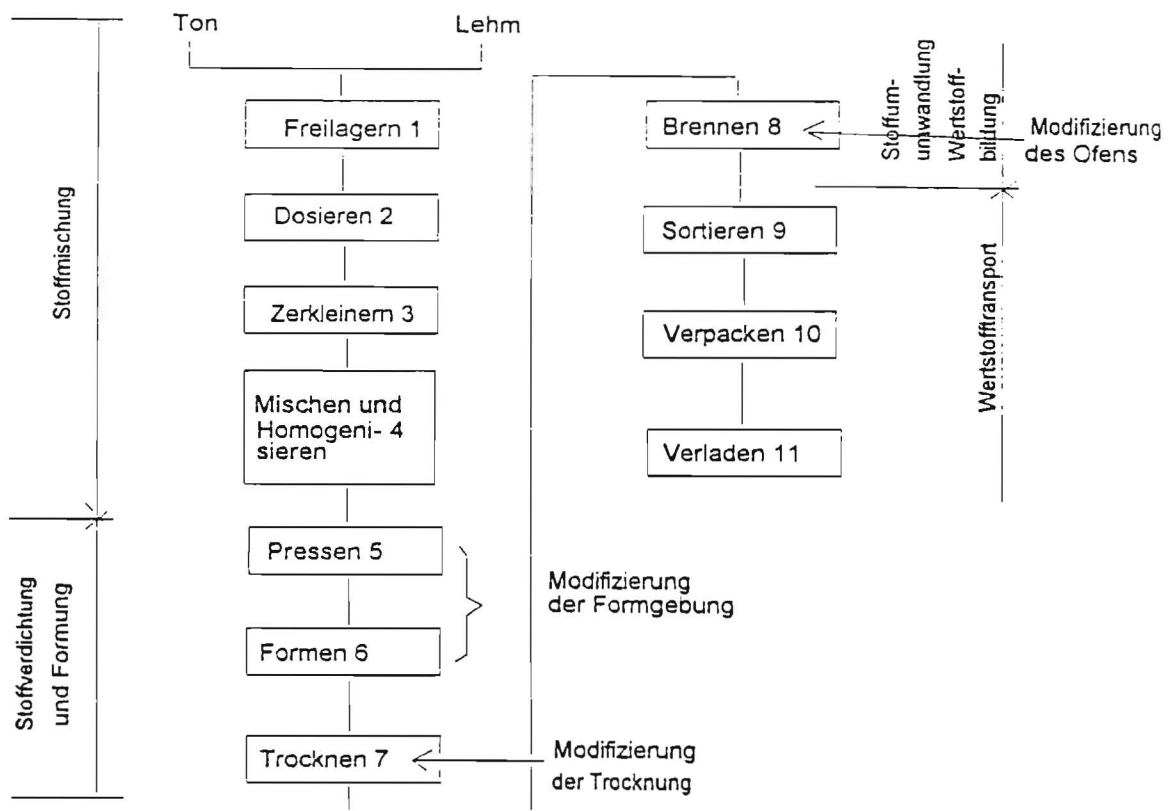


Abb.1: Verfahrensstammbaum für die Neuanlage zur Produktion der S - Pfanne - Werk Guttau II

Die nachfolgenden Bilanzierungen bauen auf Angaben des Betreibers vom 18.03.97 auf [1].

2.1. Luftverunreinigung

Die Konzentration der anorganischen, gasförmigen Schadstoffe im Abgas (Reingas nach dem Kalksteinschüttfilter) betragen gemäß Genehmigungsbescheid nach BImSchG für das Werk Guttau:

HF	=	5 mg/m ³
HCl	=	0 mg /m ³
SO _x als SO ₂	=	500 mg/m ³
NO _x als NO ₂	=	200 mg/m ³ .

Die spezifische, trockene Abgasmenge beträgt:

2,21 Nm³/ kg Brenngut.

Für die CO₂ - Bilanz des Produktionsprozesses keramischer Dachziegel sind nachfolgende Vorgänge zu betrachten:

- Thermische Dissoziation des Karbonats des Rohstoffes,
- Verbrennung von Erdgas zur Wärmeerzeugung,
- Verbrauch von Elektroenergie,
- Einsatz von Kraftstoffen.

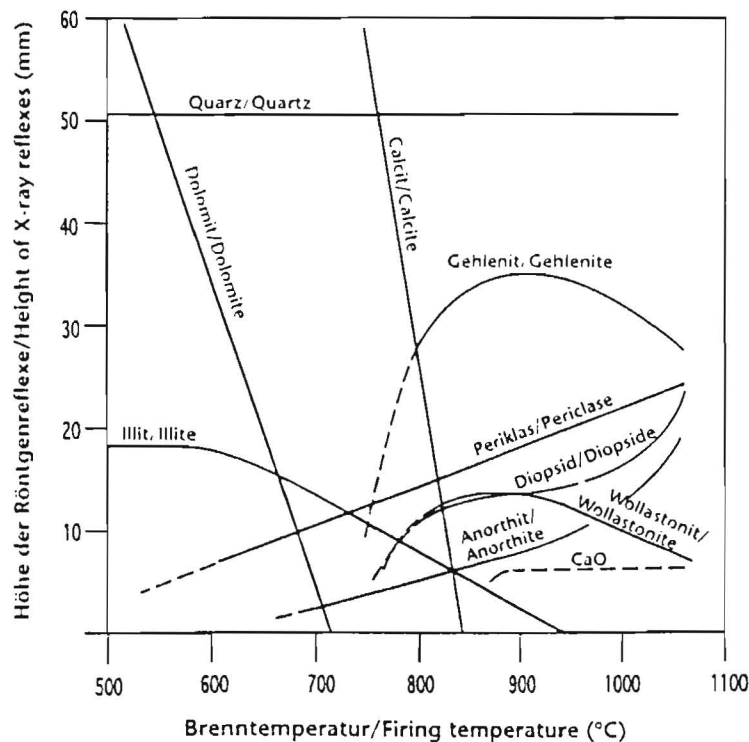


Abb. 2 : Veränderungen in der Mineralzusammensetzung in Funktion zur Brenntemperatur. Diagramme mit Röntgendiffraktometer an Probestkörpern einer Dachziegelmischung [2].

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Mineralzersetzung und die Mineralneubildung in einer erdalkal karbonathaltigen Dachziegelmasse beim keramischen Brand. Unabhängig vom Mineralbestand ist die 100-%ige CO_2 - Freisetzung aus dem Rohstoff nachzuweisen. Die in dieser Publikation nachgewiesene Eignung stark erdalkal karbonathaltiger Tone zur Dachziegelproduktion ist im Zusammenhang mit der CO_2 - Freisetzung kritisch zu betrachten.

Für die Versatzmasse des Dachziegelwerkes Guttau wird nachfolgende chemische Analyse (in Masse- %) angegeben:

Na ₂ O	0,01 %
MgO	1,27 %
CaO	0,89 %
Al ₂ O ₃	27,82 %
SiO ₂	58,77 %
K ₂ O	1,68 %
TiO ₂	2,05 %
Fe ₂ O ₃	7,50 %
Glühverlust	7,60 %.

Daraus ermittelt sich eine spezifische CO₂- Freisetzung aus dem Rohstoff von 21 g CO₂ /kg Brenngut.

(Bei Einsatz karbonatreicher Rohstoffe mit z.B. 15 Masse-% CaCO₃ sind CO₂- Freisetzungen in der gleichen Größenordnung wie aus dem Energieverbrauch zu erwarten).

Das CO₂- Potential von 0,055 kg CO₂/MJ für den Brennstoff Erdgas wurde Unterlagen des Ministeriums für Wirtschaft entnommen [3].

Für einen Endenergieeinsatz zum Trocknen und Brennen von 2 805 kJ/kg Brenngut errechnet sich eine spezifische CO₂- Freisetzung aus der Erdgasverbrennung von 154 g CO₂/kg Brenngut.

Die spezifischen CO₂- Emissionen pro kWh Strom von effizienten Braunkohle - Kraftwerken (mit Wirkungsgraden von 42 %) wird mit 0,98 kg CO₂ - Äquivalent/kWh angegeben [4].

Mit einem spezifischen Elektroenergieverbrauch von 119,5 Wh/kg BG ermittelt sich für den Elektroenergieverbrauch eine spezifische CO₂- Freisetzung von 117 g CO₂/kg Brenngut.

Für den Dieserverbrauch von 25 kJ/kg Brenngut wird mit einem CO₂- Potential von 80 t CO₂ /TJ ein spezifischer CO₂- Anteil von 2 g CO₂/kg Brenngut errechnet.

Zusammenfassend ermittelt sich eine spezifische CO₂- Belastung von 294 g CO₂/ kg gebrannte Dachziegel.

2.2. Energieverbrauch

- Brennstoffart	Erdgas
- Heizwert (H _u)	35 890 kJ/Nm ³
- Endenergieeinsatz zum Trocknen und Brennen	2805 kJ/kg Brenngut
- Elektroenergieverbrauch	430 kJ/kg Brenngut
- Kraftstoffverbrauch für Transport	25 kJ/kg Brenngut.

2.3. Abfallbelastung

Trocken- und Brennbruch werden im betrieblichen Kreislauf geführt. Für den Rückstand aus der kalksteinbeschickten Rauchgasreinigungsanlage wird Entsorgung als Sonderabfall angesetzt. Es fallen Rückstandskalke in der Menge von 0,6 g/kg Brenngut an. Andere Abfallarten treten im Produktionsprozeß nicht auf.

2.4. Wasserbelastung

Eine Wasserbelastung der Umwelt aus der Dachziegelproduktion tritt nicht auf.

3. Aufstellung einer Wirkungsbilanz

Stoff	Öko-Faktor (pro g bzw. pro MJ)	Öko-Belastung (pro kg Brenngut)
Luft		
CO _x (als CO ₂)	3,60 E - 02	11
NO _x (als NO ₂)	4,23 E + 01	19
SO _x (als SO ₂)	2,30 E + 01	25
HCl	4,23 E + 01	0
HF	1,40 E + 03	15
		Summe = 70
Abfall		
Sonderabfälle	2,03 E + 01	12
Energie		
Brutto - Energie	1,00 E + 00	4
Wasser	-	0
		Summe = 86 Öko-Punkte

- Alle Werte nach BUWAL [5].
- Der Öko- Faktor für Fluorwasserstoff wurde über den BUWAL- Wert für Chlorwasserstoff durch Verhältnissbildung der S- Werte beider Stoffe gemäß Anhang B der TA- Luft [6] gebildet.
- Unter dem Titel Energie wird einzig die Knappheit von Energie (gemessen in JOULE) bewertet.
- Die Folgebelastrungen aus Energieverbrauch sind unter dem Titel "Luftbelastung" ausgewiesen.
- Strom wurde anhand des konkreten Wirkungsgrades auf dem Primärenergie-träger zurückgerechnet.

4. Ökologischer Vergleich

Die Wirkungsbilanz zeigt, daß nach gegenwärtig geltenden Maßstäben der Hauptanteil (81 %) der Ökobelastung der Dachziegelproduktion durch Luftverunreinigung verursacht wird.

Nach gegenwärtiger Wichtung bleibt das CO₂ in der Ökobilanz untergeordnet. Bei einer fiktiven Erhöhung des Öko-Faktors für CO₂ von 3,60 E- 02 auf 3,60 E - 1 erhöht sich die anteilige Ökobelastung durch das CO₂ von 11 auf 110 Öko- Punkte und damit verschlechtert sich die Gesamtbilanz um ca. 115 %.

Karbonatreiche Rohstoffe belasten die Ökobilanz beträchtlich und sollten perspektivisch vermieden werden, bzw. mit verbesserten Brennverfahren behandelt werden.

Die Luftschadstoffe HF, HCl, SO_x und NO_x sind im wesentlichen rohstoffverursacht und können darüber hinaus durch gängige Abgasreinigungsanlagen nahezu beliebig zurückgehalten werden.

Die CO₂ - Emission aus der Brutto-Energie ist hauptsächlich über den spezifischen Wärmeverbrauch beeinflussbar. Für die Anrechnung des CO₂- Anteiles der Elektroenergie ist vorliegend das CO₂- Äquivalent eines Braunkohlenkraftwerkes (Standort Lausitz) angenommen worden. Zur Entlastung des CO₂- Potentials der Dachziegelproduktion kann auch hier eine MIX-Rechnung angestrebt werden.

Aus ökologischer Sicht besteht daher die Optimierungsaufgabe vorrangig in der Senkung der CO₂- Emission (Treibhauseffekt) und der Senkung der Emission der Säurebildner SO_x, NO_x und HF (Versauerungseffekt für Luft, Wasser und Boden).

5. Ökologisch-ökonomische Bilanzierung des produzierenden Werkes auf der Grundlage aktueller Betriebsdaten

Eine ausgewogene Bewertung, die bei konkurrierenden Herstellungsverfahren bzw. Produkten tendenziell weder zur Benachteiligung noch Bevorzugung führt, verlangt beim Kosten-Nutzen-Vergleich von den gesamten Kosten der Gesellschaft, d.h. von den internen zuzüglich externen Kosten auszugehen [7]. Dann entwickelt sich die bisher vorherrschende betriebswirtschaftliche Bewertung zu einer übergeordneten gesellschaftlichen Bewertung weiter. Im Maße der praktischen Einbeziehung externer Effekte (beispielsweise durch die Dynamisierung der Grenzwerte der TA Luft oder durch die Einführung einer CO₂- Steuer) bildet sie sich heraus.

Dabei genügt es, nur die Kostenseite im Blick zu haben, da sich in der Regel positiver Nutzen durch negative Kosten gleichsetzen läßt (vgl. Abb.3).

Praktisch ergibt sich die größte Inkonkurrenz zwischen individueller und gesellschaftlicher Bewertung für folgende alternative Kostenkonstellation:

Die internen (bezahlten) Kosten liegen gegenüber der Basisvariante höher und sind nicht mehr durch das gegenwärtige Preis- bzw. Erlösniveau gedeckt.

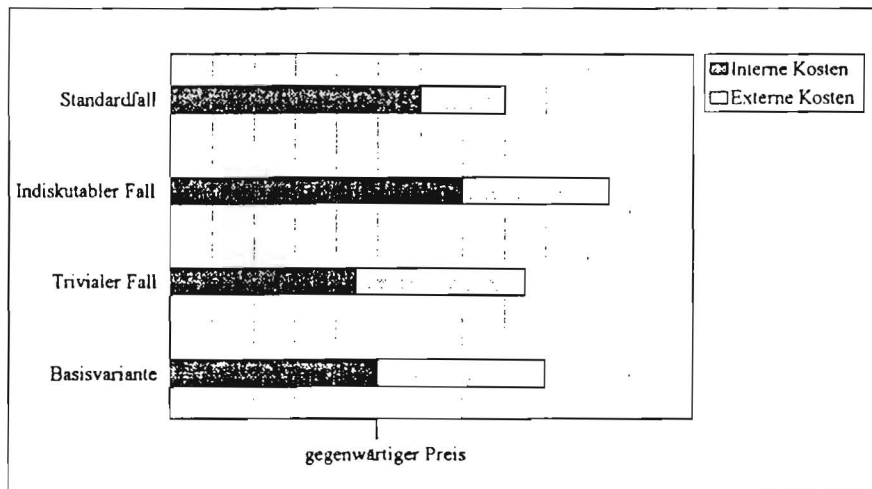


Abb. 3: Kostenkonstellationen bei Alternativlösungen

Aus der Sicht der Unternehmen bedeutet das eine geringere Effizienz und spricht nicht für die Realisierung. Dennoch kann die Lösung gesellschaftlich vorteilhaft sein. Notwendig ist hierfür, daß die saldierten externen (postiven und negativen) Kosten den bezahlten Mehrverbrauch zumindest kompensieren, somit die Gesamtkosten fallen.

Dabei ist zunächst unerheblich, um welche Formen der Alternativlösungen es sich handelt, ob die Substitution des Energieträgers oder die Einführung neuer Technologien oder Maßnahmen der erzeugnis- und bautechnischen Optimierung in Frage kommen. Auf die Wirtschaftlichkeit hat es auch keinen Einfluß, ob die Kosten nun hauptsächlich laufenden Aufwand oder einmaligen Fondsvorschuß bedeuten. (Im Entscheidungsprozeß für oder gegen eine Alternativlösung kann das allerdings von Bedeutung sein).

Trivial ist die Entscheidungssituation, bei der gegenüber der Basisvariante sowohl die internen als auch externen Kosten niedriger sind. Dann liegen auch die gesellschaftlichen Gesamtkosten unter dem vorgegebenen Gesamtniveau, und die internen Kosten werden durch das gegenwärtige Preis- bzw. Erlösniveau abgedeckt. Diese Lösung wäre im individuellen und gesellschaftlichen Interesse die günstigste und daher vorzugsweise zu realisieren. Sie ist konkurrenzlos.

Indiskutabel aus wirtschaftlichen Gründen erscheint schließlich der Fall, daß die Gesamtkosten und jeweils auch die internen sowie externen Bestandteile höher liegen. Eine solche Alternative macht nur Sinn, wenn andere Aspekte hierüber entscheiden, beispielsweise die Versorgungssicherheit oder die Absicherung eines langfristigen Marktzutritts.

In diesem aufgezeigten Rahmen soll nachfolgend die ökonomische Zuordnung des Demonstrationsobjektes Ströher erfolgen.

5.1. Situationsanalyse zum aktuellen rechtlichen Stand der Einführung einer CO₂-Steuer

Die EG- Kommission hat 1993 einen Vorschlag zur Einführung einer harmonisierten CO₂-/Energiesteuer vorgelegt, der ab 1993 eine Steuer von drei US-Dollar pro Barrel Öl vorsah und die in der Folge bis zum Jahr 2000 auf zehn US-Dollar erhöht werden sollte. Dieser Vorschlag scheiterte an dem entschiedenen Widerstand einzelner Mitgliedsländer. Ein daraufhin von der EU- Kommission modifizierter Richtlinienentwurf zur Einführung einer CO₂-/Energiesteuer sieht insbesondere folgendes vor:

- Vom 1.1.1996 bis 1.1.2000 soll eine Übergangsphase gelten, in der die Mitgliedsstaaten eine CO₂- /Energiesteuer einführen können.
- Ab dem 1.1. 2000 soll eine EU-weite CO₂-/Energiesteuer eingeführt werden. Hierzu ist erneut ein einstimmiger Beschluß des Rates erforderlich.
- Der Grundsatz der Konditionalität wird für die Übergangszeit aufgehoben; D.h. die Einführung der Steuer wird nicht davon abhängig gemacht, daß in der OECD ebenfalls eine derartige Steuer eingeführt wird.
- Sonderregelungen für energieintensive Bereiche bleiben erhalten. Danach besteht die Möglichkeit der Steuerbefreiung bzw. -reduzierung und zur Verrechnung von Investitionen und CO₂ -/ Energiesteuerschuld.
- Es ist vorgesehen, Kohle, Gas, Mineralöl und Strom zu besteuern. In der Übergangsphase werden keine verbindlichen Steuersätze festgelegt. Es sind lediglich Zielraten ("Target rates") vorgesehen: Sie belaufen sich auf 9,37 ECU je Tonne CO₂- Emission und 0,7 ECU je GJ Energiegehalt. Diese Steuersätze sollen von den Mitgliedsstaaten am Ende der Übergangszeit zum 31.12.1999 erreicht werden; sie sind nicht verbindlich.
(1 ECU etwa 1,88 DM)

Die 1. Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention vom 28. März bis 07. April 1995 in Berlin bezeichnete in ihrem Abschlußdokument die bisherigen Verpflichtungen als dem Problem nicht angemessen und vergab ein Mandat zur Ausarbeitung schärferer und detaillierter Reduktionsverpflichtungen.

5.2. Prognostische Einschätzung der ökologischen Entwicklung durch Dynamisierung der Grenzwerte nach TA Luft

Die Ströher GmbH betreibt im Werk Guttau eine nach der 4. BImSchV, Nr. 2.10. des Bundesimmissionsschutzgesetzes genehmigungsbedürftige Anlage zum Brennen keramischer Erzeugnisse.

In der Bundesrepublik Deutschland gelten für die Säurebildner folgende Emissionswerte [6]:

(Alle Konzentrationen beziehen sich derzeit nach Abschnitt 3.3.2.10.1 bzw. 3.3.2.7.1 der TA Luft bei kontinuierlich betriebenen Brennanlagen auf einen O₂-Gehalt von 18 Vol.-% Normzustand, trocken.)

Fluorwasserstoff *5 mg/m³*
Fluor und seine dampf- oder gasförmigen Verbindungen, angegeben als Fluorwasserstoff

Chlorwasserstoff *30 mg/m³*
Dampf- oder gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als Chlorwasserstoff

Schwefeloxide, angegeben als SO₂
- bei einem S- Gehalt des Rohstoffes *0,50 g/m³*
von < 0,12 %
- bei einem S- Gehalt des Rohstoffes *1,5 g/m³ ¹⁾*

¹⁾ Der Länderausschuß für Immissionsschutz (L AI) hat zur Konkretisierung der in der TA Luft [7] enthaltenen Dynamisierungsklauseln im Hinblick auf einen bundeseinheitlichen Vollzug folgende Empfehlungen beschlossen:

- Neuanlagen: 0,50 g SO₂ / m³,
- Altanlagen: wie Neuanlagen, Ausnahme Ziegeleien; hier Einzelfallprüfung mit Zielwert 0,50 g SO₂/m³

Stickstoffoxide, angegeben als NO₂ 0,50 g/m³

Dieser Emissionswert wird in Anlagen der keramischen Industrie mit Ausnahme von Brennanlagen zur Herstellung von keramischen Rohstoffen ohne besondere Minderungsmaßnahmen eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

Kohlendioxid entfällt

Emissionsgrenzwerte für CO₂ werden nicht vorgegeben.

Die VDI 2585 [8] gibt nachfolgende Betriebsdaten der Rohgaswerte von gasbefeuchten Brennöfen für Ziegeleiprodukte an:

Emissionskomponenten	mg/m ³
anorganische gasförmige Fluorverbindungen angegeben als HF	1 - 120
anorganische gasförmige Chlorverbindungen, angegeben als HCl	1 - 20
Schwefeloxide, angegeben als SO ₂ Rohstoff- S- Gehalt < 0,12 %	10 - 300
Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂	2 - 120
Kohlendioxid, CO ₂	-

Eine fiktive Dynamisierung der Emissionsgrenzwerte für

HF von 5 auf 3 mg/m³

HCl von 30 auf 10 mg/m³

SO_x von 500 auf 200 mg/m³

NO_x von 200 auf 100 mg/m³

würde entsprechend Öko-Bilanz nach P. 3 folgende Belastungsänderung bringen:

	Öko- Punkte		
	TA Luft	Istwerte	dynamisiert
HF	16	16	9
SO _x	25	25	10
NO _x	47	19	9
Summe	88	60	28

Die Ökobelastung durch die Säurekomponenten verringert sich in der Reihenfolge TA- Luft- Grenzwerte / Istwerte Werk Guttau / dynamisierte Werte von 88 auf 60 auf 28 Öko-Punkte. Hier liegen echte Kompensationsmöglichkeiten für evtl. übersteigerte Anforderungen aus der CO₂- Problematik.

5.3. Verhältnis der aktuellen Betriebskosten zu den gesamtgesellschaftlichen Kosten

Bei Abgabe der S - Pfanne wurden 1997 0,562 DM/kg Brenngut realisiert. Das Gewicht der Dachbedeckung mit S - Pfannen beträgt 0,41 kN/m² bzw. einschließlich Lattung ca. 0,45 kN/m². Zur Deckung der gesamtgesellschaftlichen Kosten wird von der fiktiven Annahme ausgegangen, daß sich die CO₂- Steuer alle 5 Jahre verdoppelt. Ausgangspunkt sind 9,37 ECU pro t CO₂. Daraus ergibt sich folgende Progression:

Jahr	Preis		Preissteigerung auf
	DM/kg Brenngut	DM/m ² Dachfläche	
1997	0,562	23.047	-
2000	0,568	23.287	101 %
2005	0,573	23.527	102 %
2010	0,585	24.007	104 %
2015	0,607	24.967	108 %
2020	0,658	26.887	117 %
2025	0,748	30.727	133 %
2030	0,933	38.407	166 %

Die externen Kosten für die CO₂- Freisetzung sind gegenwärtig auch nicht annähernd einzugrenzen. Das sie einen starken Einfluß nehmen werden, ist evident. Jedoch ist auch hier die Zeitschiene nicht kalkulierbar. Mit ca. 1 % Kostenanteil der bis zum Jahre 2000 veranlagten CO₂- Steuer bleibt das Demonstrationsobjekt Ströher im Dachziegelwerk Guttau gemäß Aussage der Abb. 3 ökologisch ein trivialer Fall: Die technologischen Verbesserungen wirken sich direkt als Senkung des gegenwärtigen Preises und damit als Verbesserung der Wettbewerbschancen aus. Bei der oben fiktiv angenommenen Besteuerungsprogression

wird der Standardfall, d.h. der absolute Abbau der externen Kosten nicht vor dem Jahre 2010 möglich sein.

5.4. Relativierung des Einflußniveaus der technologischen und der bautechnischen Entwicklung

Im bisher gültigen Richtlinien - und Vorschriftenwerk gibt für die ökologische Belastung aus technologischer Varianz die VDI 2585 über "Emissionsminderung keramische Industrie" für den Dachziegel einen spezifischen Wärmebedarf für das Trocknen und Brennen, bezogen auf Brenngut ohne Brennhilfsmittel, von

(1750 - 2800) kJ / kg Brenngut

an. Unter Hinzuziehung der Aussagen der Kapitel 2 und 3 des vorliegenden Berichtes ergibt sich für das CO₂- Äquivalent der keramischen Dachziegelproduktion eine Varianz von

(0,2 - 0,3) kg CO₂ / kg Brenngut.

Zur ökologischen Belastung aus erzeugnistechischer und bautechnischer Varianz weist die DIN 1055, Teil 1 für Eigenlasten von Dachdeckungen Werte zwischen 0,50 kN/m² bis 0,95 kN/m² aus.

Die bautechnisch bedingte Varianz, aus z.B. der Dachneigung, liegt bei einer Eigenlast der Ziegeldeckung nach DIN 1055 von 0,50 kN/m² zwischen 0,51 kN/m² und 0,78 kN/m². Nach diesen DIN- Vorgaben sind Gewichte je m² Grundfläche bei gestaltungsbedingter Eigenlast der Ziegeldecke zwischen (0,50 - 0,75) kN/m² und Dachneigung zwischen (10 - 50)° von

(0,51 - 1,17) kN/m² Grundfläche

realisierbar.

Es wird folgende Optimierungsaufgabe formuliert :

1)

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg Brenngut}} \times \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{ Dachfläche}} = \text{KCO}_2 \text{ gegen Null}$$

Mit den o.g. ökologischen Varianzen ermittelt sich der mögliche Kohlendioxid - Koeffizient zu

$$\text{KCO}_2 = 2 - 11.$$

Für das Ströher-Demonstrationsprojekt liegt dieser Wert für eine Eigenlast von 0,45 kN/m² bei

$$\text{KCO}_2 = 4 - 6.$$

Im Vergleich dazu liegt die traditionelle Dachziegelproduktion bei

$$\text{KCO}_2 = 5 - 8.$$

¹⁾ Dachfläche hier im Sinne überdachter Grundfläche

6. Zusammenfassung

Nach zur Zeit geltenden Bewertungsmethoden spielt das CO₂ in der Öko-Belastung der Dachziegelproduktion eine untergeordnete Rolle.

Perspektivisch wird im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt eine ökologische Höherbewertung bis auf 40 % - Anteil an der gesamten Öko-Belastung prognostiziert. Damit wird jener Anteil der Brutto-Energie bei der Herstellung keramischer Dachbedeckung, der über die Luftverunreinigung wirksam wird, zum Hauptgegenstand ökologisch-ökonomischer Optimierung. Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ist die Optimierung in technologischer und bautechnischer Richtung zu betreiben. Es wird vorgeschlagen, die Beurteilung durch einen CO₂-Koeffizienten vorzunehmen, der aus dem Produkt der beiden spezifischen Kennziffern des CO₂- Äquivalents der Ziegelproduktion und des CO₂ - Äquivalents der Ziegelanwendung nach folgender Zahlenwertgleichung zu bilden ist:

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg Brenngut}} \times \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^2 \text{ Dachfläche}} = \text{KCO}_2 \text{ gegen Null}$$

Die Optimierungsaufgabe bedeutet dann:

$$\text{KCO}_2 \rightarrow \text{Null.}$$

Aus dem Stand der Technik der Dachziegelproduktion und Dachziegelanwendung sowie zur Zeit geltender Vorschriften und Richtlinien ergeben sich Werte für :

Gesamte Varianz Dachziegel	$\text{KCO}_2 = 2 - 11,$
Traditionelle Dachziegel	$\text{KCO}_2 = 5 - 8,$
S - Pfanne Ströher	$\text{KCO}_2 = 4 - 6.$

Damit erfüllt das Demonstrationsobjekt der Ströher GmbH am Standort Guttau den Anspruch auf Vorbild.

7. Literaturangaben

- [1] Betriebsdaten der Ströher GmbH, Werk Guttau , Baruther Straße 18, 02694 Guttau- Kleinsaubernitz vom 18.03.97.
- [2] Verfolgung der Reaktionsvorgänge beim Brennen karbonathaltiger Ziegelmischungen mit Hilfe der Kathodenlumineszenz. Mumenthaler, Th. u.a. , ZI 5/95, S. 307- 318.
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit Bonn: Energiedaten 92/93.
- [4] Ökologische Perspektiven zur Kohlenutzung in Deutschland. Kaschenz ,H. und W.D. Glatzel. Energieanwendung 44, Heft 3/1995, S. 53.
- [5] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: "Methodik für Ökobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung". Schriftenreihe Umwelt Nr. 133, Oktober 1990, Bern/Schweiz.
- [6] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) v. 27. Februar 1986 (GMBl. S. 95).

- [7] Weisheimer, M.: Zum Beitrag ökonomischer Bewertungen in der Energiewirtschaft.
Energieanwendung (44), Heft 3/1995, S. 8 - 12.

- [8] VDI- Richtlinie 2585
"Emissionsminderung keramische Industrie"
Oktober 1993.

Presse-Information

FJ / 15.09.1996
HV

Gute Noten für den Umweltschutz im KERABIBER-Werk in Guttau

Vielen ist sicher die Umweltkonferenz in Rio De Janeiro noch in guter Erinnerung, wo die offiziellen Vertreter der Bundesrepublik Deutschland erklärten, den CO₂-Ausstoß in den nächsten Jahren stark zu reduzieren. Aus dieser Erklärung heraus entstand eine Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahre 2005 um 20 % zu senken.

Die Ströher GmbH hat in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und dem Institut für Bau- und Grobkeramik in Weimar für die KERABIBER-Produktionsstätte in Guttau eine ökologische und ökonomische Umweltbilanz erstellt. In dieser Studie wird Ströher bestätigt, daß bezogen auf den m² Dachfläche im Werk Guttau 1 (Produktionsstätte für KERABIBER) bereits jetzt ein um 25 % niedrigeren Mittelwert beim CO₂-Ausstoß erreicht wird, als dies in der Keramik- und Dachziegelbranche zur Zeit der Fall ist. Das ehrgeizige Ziel der drastischen CO₂-Ausstoß-Reduzierung für das Jahr 2005 ist von Ströher im Werk Guttau 1 schon heute erreicht.

Das Institut für Bau- und Grobkeramik in Weimar erklärt, daß die Produktionsstätte Guttau 1 im Bereich der Biberschwanz-Dachziegelproduktion ein Zeichen für alle nachfolgenden Produktionsstätten setzt. Wörtlich heißt es in einer Stellungnahme: **"Damit erfüllt das Demonstrationsobjekt (Guttau 1) den Anspruch auf Vorbild"**.

Im wesentlichen sind es zwei Maßnahmen, die zu einer deutlichen Senkung des erforderlichen Energieeinsatzes und damit zu dieser Schadstoffreduzierung führen:

- der Verzicht auf Brennhilfsmittel und Formlingsträger

- Einsatz hochwertiger Tone und eine besondere Produktionstechnologie ermöglicht die Herstellung von wesentlich leichteren Biberschwanzziegeln. Dies reduziert den erforderlichen Energieeinsatz beim Brennen und schont zum anderen die Rohstoffvorkommen.

Die in Guttau angewandte brennhilfsmittelfreie Produktionstechnologie für keramische Biberschwanz-Dachziegel setzt nach wie vor national und international Maßstäbe. Entwickelt wurde diese innovative Technik im Ströher-Werk Frohnhausen, welches ebenfalls in diesem Produktionsverfahren Biberschwanz-Dachziegel herstellt.

Neben den umweltfreundlichen Auswirkungen der besonderen Anlagentechnik werden gerade durch dieses Produktionsverfahren die besonderen Produkteigenschaften erreicht:

- ca. 15% geringeres Gewicht bei gleichen Deckbildern und Dachflächen. Dennoch wird eine erheblich höhere Bruchlast erzielt. Die DIN 456 fordert hier 0,5 kN (KERABIBER erreicht 1,48 kN).
- höchstes Maß an Sicherheit bei Frost- und Temperaturbeständigkeit, Selbstreinigungseffekt und keine Vermoosung durch hochwertige Rohstoffe und Sinterung des Scherbens bei Brenntemperaturen bis 1250 C.
- Homogener gleichfarbiger Scherben und Oberfläche. Dadurch werden z.B. bei Schnittkanten keine unterschiedlichen Farben sichtbar - Oberflächenfarbe und Scherbenfarbe ist identisch da aus gleichem Rohstoff.

Abdruck honorarfrei
Kontakt- und Belegexemplar an
Ströher GmbH, Fredi Jung, Kasseler Str. 41, 35683
Dillenburg
Telefon: 02771/391-0 bzw. 391-226
Telefax: 02771/391-340