

Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co KG
Bad Laer

**"Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung
von Winkelriemchen ohne Trägerstein"**

Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter AZ 16574 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Karl-Heinz Thele, BL und Dipl.-Ing.(FH) Theo Mager

Dezember 2001

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	16574	Referat	(21/0)	Fördersumme	1.250.000,00 DM
Antragstitel	Entwicklung eines energiesparenden Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein				
Stichworte	Verfahren Bau , Energie , Stein , Bauteilentwicklung , Branche , Emission , Gebäude				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
21 Monate	11/1999	08/2001	keine		
Zwischenberichte	halbjährlich				
Bewilligungsempfänger	Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co. KG Remseder Str. 11 49196 Bad Laer			Tel	05424/2920-0
				Fax	05424/2920-129
				Projektleitung Herr Feldhaus	
				Bearbeiter Herr Thele	
Kooperationspartner	keine				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Zur einwandfreien Ausführung von Verklinkerungen werden neben flachen Riemchen in den verschiedenen Ausführungen (Farbe, Stärke und Oberflächengestaltung) auch entsprechende Winkelriemchen in großen Mengen benötigt. Die Herstellung der Winkelriemchen war bisher sehr aufwendig, da sie im Extrusionsverfahren nur als Teil eines Vollsteins hergestellt werden konnten. Das bedeutet aber, daß die anhängenden Vollsteine, etwa 85 % dieser Produktion, als Ausschuß anfallen. Dies stellt eine erhebliche Vergeudung an Energie und Material dar und sollte aus ökologischen und ökonomischen Gründen verbessert werden.

Ziel des Vorhabens war deshalb die Entwicklung eines Produktionsverfahrens, um die Winkelriemchen durch Extrudieren, ohne Trägerstein, herzustellen und dadurch den Energie- und Materialverbrauch entscheidend zu reduzieren.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Bereits bei den Vorarbeiten wurde erkannt, daß die optimale Abstimmung von Preßkopf und Mundstück Vorbedingung für die Extrusion eines winkelförmigen Stranges ist. Der Preßkopf ist das Verbindungsglied zwischen der Schnecke, dem Förderorgan der Extrusionspresse, und dem Formgebungsorgan, der Austrittsdüse. Diese wird fachlich als Mundstück bezeichnet. Der Preßkopf verjüngt sich zum Mundstück hin und erhöht damit die Strömungsgeschwindigkeit des Tonstranges. Die durchgeführten Arbeitsschritte (abgekürzt: "AS") waren:

- AS 1 Entwicklungsplanung
- AS 2 Entwicklung Preßkopf
- AS 3 Entwicklung Mundstück
- AS 4 Entwicklung Transport, Besanden, Oberflächenbehandlung
- AS 5 Entwicklung Trenneinrichtung
- AS 6 Entwicklung Setzvorrichtungen Rohlinge auf Ofenwagen
- AS 7 Entwicklung der Temperaturkurven für Trocknen und Brennen
- AS 8 Entwicklung Entstapeln, Sichtkontrolle, Verpacken
- AS 9 Auftragsvergabe für die Investitionen
- AS 10 Investitions- und Erprobungsphase
- AS 11 Produktionsanlauf; Fehlerbeseitigung; Verbesserungen

Ergebnisse und Diskussion

Die gesetzten Ziele in ökologischer und technischer Hinsicht konnten erreicht werden. Allerdings wurde der Kostenrahmen für die Investitionen etwa um den Faktor 2 überschritten, weil eine völlig neue Technologie entwickelt werden mußte. Zusätzlich waren etwa 100 verschiedene Ausführungen der Winkelriemchen hinsichtlich der Abmessungen, der Farbgebung und der Oberflächenbeschaffenheit zu berücksichtigen. Bis Vorhabensschluß konnte die Gesamtanlage auf die Produktion von 15 verschiedenen Winkelriemchen eingerichtet werden.

Der gewaltige Fortschritt in der Winkelriemchenherstellung, der mit der neuen Anlage erreicht wird, zeigt sich am besten bei folgendem Vergleich: ein in Ofenhöhe geschichteter Turm (Höhe 620 mm naß) aus der konventionellen Fertigung der Winkelriemchen mit Vollsteinen ergibt lediglich 14 Winkelriemchen (57 mm breit), der Rest (> 85 %) ist Ausschuß. Ein ebenfalls in Ofenhöhe und gleichem Volumen geschichteter Turm aus Winkelriemchen der neuen Produktionsmethode enthält jetzt 80 Winkelriemchen. Die erreichte jährliche Umweltentlastung durch Wegfall des Trägersteines ist in untenstehender Tafel zusammengestellt, die sich auf die Produktion von 1 500 t Winkelriemchen pro Jahr ohne Trägerstein bezieht.

Pos.	Arbeitsgang	Jährl. Energieeinsparung	Jährl. Einsparung in MWh	Jährl. CO ₂ -Vermeidung in t
1	Tontransporte	25.458 l Dieselöl	249,23	72,072 ¹⁾
2	Tonabbau	15.957 l Dieselöl	156,22	45,174 ¹⁾
4	Aufbereitung		1.320,00	264,000 ²⁾
5	Elektr. Energie Brennen		207,00	41,400 ²⁾
6	Erdgas Brennen	498.000 m ³ Erdg.	5.917,81	1.065,206 ³⁾
7	Elektr. Energie Brecher		315,00	1.067,400 ²⁾
	Summen		8.165,26	2.555,252

Zusätzlich werden jährlich 1 350 m³ Wasser, 9 000 t Ton und 950 l Schmieröl eingespart. Die zu Beginn des Vorhabens vorgegebenen Ziele hinsichtlich der Reduzierung von Umweltbelastungen werden also in vollem Umfang erreicht, obwohl die Technologie noch nicht zu Ende entwickelt ist. Die ökologische Bedeutung des Vorhabens wird dadurch erhöht, daß die neue Technik später auch von anderen Werken im In- und Ausland übernommen werden wird.

Die ökonomische Bedeutung des Vorhabens ergibt sich aus der Einsparmöglichkeit der oben angeführten Stoffe und Energiemengen, denen allerdings gegenwärtig noch die hohen Entwicklungs- und Investitionskosten gegenüber zu stellen sind. Mittelfristig ist jedoch eine große wirtschaftliche Bedeutung abzusehen. Der entsprechende Absatz sollte angesichts der anstehenden Verschärfung der Wärmeschutz-VO und der steigenden Energiepreise mittelfristig erreicht werden, da die Klinkersysteme zu 60% für Renovationen in Zusammenhang mit Wärmedämm - Verbundsystemen (WDV) eingesetzt werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Für die Verbreitung der Entwicklungsergebnisse sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Kunden- und Architekten - Informationen,
- Architektenmappen,
- Displays,
- Werbemaßnahmen über Elementhersteller,
- Veröffentlichungen in Bauzeitschriften.

Außerdem kann in Zusammenarbeit mit der DBU möglicherweise ein längerer Videofilm über die Verfahrensentwicklung und die Produktion der Winkelriemchen gedreht werden, der den Dritten Fernsehprogrammen und anderen interessierten Stellen zur Veröffentlichung angeboten werden soll.

Fazit

Mit die erfolgreichen Durchführung des Vorhabens wurde ein neuer Stand der Technik in der Herstellung unsymmetrischer Keramikprofile durch Strangpressen geschaffen. So könnte das Vorhaben z.B. den Anstoß dazu geben, winkelförmige Klinkersteine oder porosierte, winkelförmige Ziegel herzustellen. Dadurch würden im Neubau saubere Eckkanten entstehen und die Vorfertigung von Mauerwerkstafeln mittels Setzmaschinen aus Klinker- oder Ziegelsteinen erleichtert werden. Porosierte Winkelziegel könnten zudem die Wärmedämmung im Eckbereich der Bauten verbessern.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen.....	02
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen.....	03
1.0 Zusammenfassung.....	04
2.0 Einleitung.....	06
3.0 Hauptteil.....	06
3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte, der angewandten Methoden und der tatsächlich erzielten Ergebnisse.....	08
3.1.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte.....	08
3.1.2 Darstellung der angewandten Methoden	12
3.1.2.1 Verfahrensentwicklung.....	12
3.1.2.2 Investitionsphase.....	26
3.1.3 Darstellung der tatsächlich erzielten Ergebnisse.....	32
3.2 Diskussion der Ergebnisse	35
3.3 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse	37
3.3.1 Ökologische Bewertung	37
3.3.2 ökonomische Betrachtung	39
3.4 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse.....	40
4.0 Fazit	41
5.0 Literaturverzeichnis.....	42
Anhang: Prospekt über Klinkerriemchen.....	

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Abbildg. 1	Seite 7	=	Klassische Herstellung von Winkelriemchen mit Trägerstein
Abbildg. 2	Seite 8	=	Konventionelle Produktionsmöglichkeit glatter Winkelriemchen
Abbildg. 3	Seite 13	=	Großraumbeschicker, Füllmenge 1,5 MN (150 Tonnen), Füllhöhe 7500 mm
Abbildg. 4	Seite 14	=	Mittels FEM optimierter Preßkopf
Abbildg. 5	Seite 15	=	PU - beschichteter Winkelpreßkopf mit Kunststoff-Gußkern
Abbildg. 6	Seite 16	=	Strömungsangepaßter Winkelpreßkopf in Segmentbauweise
Abbildg. 7	Seite 17	=	Schematische Darstellung der entwickelten Verfahrenstechnik
Abbildg. 8	Seite 18	=	Vorrichtungen zum Sanden und Benarben der Winkelriemchen
Abbildg. 9	Seite 19	=	Oberflächengestaltung des austretenden Tonstranges für Winkelriemchen gegen Adhäsion auf Transportflächen und
Abbildg. 10	Seite 20	=	Ablegen und Richten der Winkelriemchen nach dem Segmentschnitt
Abbildg. 11	Seite 21	=	Umsetzgreifer für beladene und leere Hilfsrahmen
Abbildg. 12	Seite 22	=	Setzroboter
Abbildg. 13	Seite 23	=	Voll bestückter Ofenwagen
Abbildg. 14	Seite 24	=	Schema der Trocken- und Ofenanlage
Abbildg. 15	Seite 25	=	Beispiel einer Temperaturkurve für den Trockenofen
Abbildg. 16	Seite 26	=	Beispiel einer Temperaturkurve für den Brennofen
Abbildg. 17	Seite 30	=	Meß- und Steuertechnik als Intranet
Abbildg. 18	Seite 32	=	Fließbild der kompletten Fertigungsanlage
Abbildg. 19	Seite 33	=	Detaillierte Darstellung der Richtvorrichtung 08 aus Abb.18
Abbildg. 20	Seite 35	=	Produktionsvergleich konventionelles Verfahren mit Trägerstein zum neu entwickelten Produktionsverfahren

Tabelle 1	Seite 38	= Zusammenstellung der möglichen, jährlichen Einsparung an Energie
Tabelle 2	Seite 39	= Zusammenstellung der möglichen Kosteneinsparungen pro Jahr

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

°C	=	Grad Celsius
CO ₂	=	Kohlendioxid
DM/kWh	=	Kosten je Kilowattstunde
DM/t	=	Kosten in DM je Tonne
FEM	=	Finite Elemente
km/a	=	jährliche Fahrtleistung
kN	=	10 ³ Newton
kp	=	Masseneinheit
l/100 km	=	Treibstoffverbrauch auf 100 km
l/t	=	mengenbezogener Treibstoffverbrauch von Abbaumaschinen
m/min	=	Geschwindigkeit des erzeugten Tonstranges
mm	=	Millimeter
MN	=	10 ⁶ Newton (1 Tonne ~ 10 kN)
MWh	=	Megawattstunden
MWh/a	=	Megawattstunden pro Jahr
N	=	Newton = 1 kg m/s ²
PTFE	=	Polytetrafluoräthylen, Handelsname "Teflon"
PU	=	Polyurethan
t	=	Temperatur
t/a	=	Tonnen pro Jahr
WDV	=	Wärme-Dämm-Verbund

1.0 Zusammenfassung

Die Fassaden von Wohn- und Geschäftshäusern werden entweder aus mineralischen Putzen, Kunstharz-Putzen oder zunehmend aus Vormauerschalen, meist als Verblendung, ausgeführt. Unter "Verblendung" wird eine aus verfumtem Ziegelmaterial bestehende Wandoberfläche verstanden, die auch auf Innenwänden für dekorative Aufgaben eingesetzt wird. Als Ziegelmaterial werden in der Regel Klinkerriemchen verwendet, die bei Neu- und Altbauten oft in Zusammenhang mit Wärmeschutzmaßnahmen eingesetzt werden. Man spricht dann von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDV). Für diese Fassadenausführungen ist die Verwendung von Klinkerriemchen, insbesondere in Norddeutschland und im europäischen Ausland, weit verbreitet. Die Klinkerriemchen werden von der Firma Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co KG in großem Umfang und in über 100 Varianten hergestellt. Ein Prospekt ist im Anhang beigelegt.

Zur einwandfreien Ausführung von Verklinkerungen werden neben flachen Riemchen in den verschiedenen Ausführungen (Farbe, Stärke und Oberflächen-gestaltung) auch entsprechende Winkelriemchen in großen Mengen benötigt. Die Herstellung der Winkelriemchen war bisher sehr aufwendig, da sie im Extrusionsverfahren nur als Teil eines Vollsteins hergestellt werden konnten. Das bedeutet aber, daß die anhängenden Vollsteine, etwa 85 % dieser Produktion, als Ausschuß anfallen. Dies stellt eine erhebliche Vergeudung an Energie und Material dar und sollte deshalb aus ökologischen und ökonomischen Gründen verbessert werden. Ein Produktionsverfahren für spezielle Winkelriemchen mittels Extruder war jedoch, trotz zahlreicher Versuche verschiedener Ziegelwerke, bisher nicht bekannt geworden.

Ziel des Vorhabens war deshalb die Entwicklung eines Produktionsverfahrens, um die Winkelriemchen durch Extrudieren, ohne Trägerstein, herzustellen und dadurch den Energie- und Materialverbrauch entscheidend zu reduzieren.

Nachdem erkannt wurde, daß die Extruderformgebung des Tonstrangs maßgeblich durch die Gestaltung des Preßkopfes beeinflußt wird, der als Einheit zusammen mit dem am Materialaustritt befindlichen Mundstück angesehen werden muß, wurde hier mit der Entwicklungsarbeit begonnen. Zunächst wurden optimale Preßkopf-Innenformen mittels FEM-Simulationsprogrammen auf dem PC entwickelt. Nachdem wichtige Erkenntnisse erarbeitet waren, wurden diese Preßkopf-Innenformen mittels CNC-Technik in Kunststoff gearbeitet und dann als Negativ für das Ausfüllen des Preßkopfes mit PU verwendet. Danach wurden Probeextrusionen durchgeführt. Dieser Vorgang wurde mehrfach durchgeführt, bis der Tonstrang in Winkelform glatt und geradlinig aus der Presse auslief. Da die optimale Preßkopffinnenform jetzt als Meisterstück zur Verfügung steht, können beliebig viele Preßkopf-Ausfüllungen abgegossen werden, was für den laufenden Betrieb aufgrund der abrasiven Wirkung des Tons periodisch erforderlich ist.

Nachdem das Extrusionsverfahren feststand, wurden die weiteren Bearbeitungsverfahren für die Winkelriemchen entwickelt. Hier mußte ein erheblicher Auf-

wand getrieben werden, da die Winkelriemchen vor dem Brennen außerordentlich labil sind. Schwierigkeiten bereitete insbesondere das Benarben und Sanden, das Schneiden des Tonstrangs in Batzen von 500 mm Länge und das anschließende Schneiden auf Winkelriemchen – Breite. Auch das Fördern der Formlinge bis zum Setzen auf die Ofenwagen erforderte neuartige Einrichtungen in Form von Förder- und Setzautomaten (im folgenden als Roboter bezeichnet). Nach dem Schneiden und Richten werden die Formlinge unter Verwendung neu entwickelter Schwindplatten auf die Ofenwagen gesetzt. Es wurde eine ausgeklügelte Setzweise entwickelt, um die Formlinge im Brennofen allseits gleichmäßig von heißer Luft zu umspülen. Die Setzweise wird von 4 parallel arbeitenden Setzrobotern realisiert. Der Produktionsanlauf erwies sich als problematisch, da zunächst alle Transport- und Bearbeitungsstationen auf höchste Genauigkeit getrimmt und zeitlich aufeinander angepaßt werden mußten. Da sämtliche Vorgänge rechnergesteuert ablaufen, mußte hierzu ein erheblicher Programmieraufwand betrieben werden. Weitere Schwierigkeiten entstanden durch die zahlreichen Ausführungen an Riemchen (etwa 100 verschiedene) hinsichtlich der Maße, der Farbe und der Oberflächengestaltung. Bisher konnten 15 Ausführungen festgelegt und erprobt werden.

Die Funktion der neuen Produktionsanlage, sowie die Beherrschung der vorgegebenen ökonomischen und ökologischen Ziele konnte nachgewiesen werden.

2.0 Einleitung

Die Außenwände von Gebäuden unterliegen den unterschiedlichsten Einflüssen. Neben klimatischen Einwirkungen, wie Regen, Schlagregen, Hagel, Schnee und Erwärmung durch Sonneneinstrahlung, müssen sie Lärmbelastigungen reduzieren, chemischen Einflüssen durch Luftschadstoffe und mechanischen Einwirkungen widerstehen sowie den Wärmefluß von innen nach außen ausreichend dämmen. Die Außenwände erhalten deshalb Fassaden, die neben der Schutzfunktion zusätzlich dekorative Aufgaben erfüllen müssen. Die Fassaden von Wohn- und Geschäftshäusern werden entweder aus mineralischen Putzen, Kunstharz-Putzen oder als Vormauerschalen, meist als Verblendung, ausgeführt. Unter "Verblendung" wird eine aus verfugtem Ziegelmaterial bestehende Wandoberfläche verstanden, die auch auf Innenwänden für dekorative Aufgaben eingesetzt wird.

Als Ziegelmaterial werden in der Regel Klinkerriemchen verwendet, die bei Neu- und Altbauten oft in Zusammenhang mit Wärmeschutzmaßnahmen eingesetzt werden. Man spricht dann von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDV). Sie bestehen aus der Gebäude-Außenwand, auf die Schaumstoff- oder Mineralfaserdämmplatten geklebt oder gedübelt werden. Die Dämmstoffschicht wird nach außen mit Klinkerriemchen verkleidet.

Eine weitere Variante ist die "vorgehängte Fassade". Als "hinterlüftete" Ausführung ist sie sowohl für Neu- wie für Altbauten geeignet und stellt unter bauphysikalischen Gesichtspunkten eine geradezu ideale Lösung dar, weil die außen angebrachte Wärmedämmschicht durch eine zirkulierende Luftschicht von der davor liegenden Wetterschutzschicht getrennt ist. Auf den Abstandslatten, die die Stärke der Luftschicht bestimmen, werden Rauspund oder Spanplatten befestigt, die zur Aufnahme der Fassadenelemente, oft Klinkerriemchen, bestimmt sind.

Für die beschriebenen Fassadenausführungen ist die Verwendung von Klinkerriemchen, insbesondere in Norddeutschland und im europäischen Ausland, weit verbreitet. Aus dekorativen Gründen werden die Riemchen in verschiedenen Farben, glatt, benarbt und gesandet hergestellt. Die flachen Riemchen werden im Extrusionsverfahren (Strangpressen) hergestellt. Dabei wird ein flacher, endloser Tonstrang erzeugt, der entsprechend der benötigten Riemchenbreite quer geschnitten wird. Zur einwandfreien Ausführung von Verklinkerungen werden neben flachen Riemchen in den verschiedenen Ausführungen (Farbe, Stärke und Oberflächengestaltung) auch entsprechende Winkelriemchen in großen Mengen benötigt. Einen Überblick über die Vielfalt der benötigten Riemchenausführungen bietet der im Anhang beigefügte Prospekt. Die Herstellung der Winkelriemchen war bisher sehr aufwendig, da sie als Bestandteil eines Vollsteins hergestellt werden mußten. Ein Produktionsverfahren für spezielle Winkelriemchen mittels Extruder war nicht bekannt.

3.0 Hauptteil

Die Herstellung von baukeramischen Produkten, dazu gehören auch die Klinkerriemchen, ist mittels Extruderpressen und einer ausgefeilten Technik kostengünstig und mit rel. geringem Energieeinsatz möglich. Die Riemchen werden nach der Extrusion benarbt und gesandet, auf Breite geschnitten, getrocknet und gebrannt.

Die Produktion der zum System erforderlichen Winkelriemchen durch einfaches Extrudieren eines Tonstranges mit Winkelprofil war dagegen bisher nicht möglich, da ein einwandfreier Winkelstrang über längere Zeit nicht extrudiert und weiter verarbeitet werden konnte. Deshalb erfolgt die Produktion bisher sehr aufwendig dadurch, daß ein voller Backstein mittels Extruder hergestellt wird, von dem das Winkelriemchen nach dem Brennen durch Sollbruchstellen abgetrennt wird (Abbildung 1). Der Rest des Produktes (rund 85 %) ist unbrauchbar. Dies bedeutet eine erhebliche Vergeudung von Material und Energie.

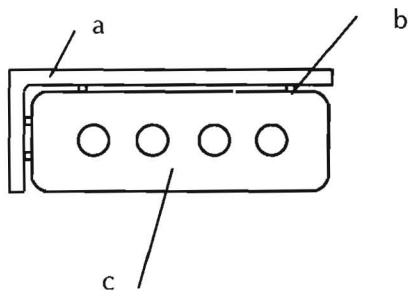


Abbildung 1: Klassische Herstellung von Winkelriemchen

- a = Winkelriemchen
- b = Stege als Sollbruchstellen
- c = Verbleibender Trägerstein (Backstein) als Abfall

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Winkelriemchen besteht darin, daß ein rechteckiger, hohler Strang geformt wird, der aus 2 Winkelriemchen und schwachen Verbindungsstegen besteht (Abbildung 2). Der Nachteil dieses Verfahrens ist, daß nur von oben besandet und mit geringem Druck genarbt werden kann, da die Trennung in einzelne Winkelriemchen erst nach dem Brennen erfolgen kann. Es entstehen deshalb 2 Arten von Winkelriemchen: Die oberen Teile können auf dem langen Schenkel schwach genarbt und gesandet werden, der kurze Schenkel und die unteren Teile bleiben glatt. Außerdem hängen die großen Flächen durch. Somit wird wieder teurer Abfall produziert, zumal die glatte Ausführung aus dekorativen Gründen weniger nachgefragt wird.

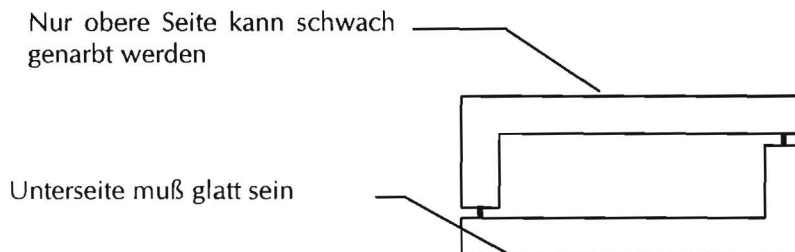


Abbildung 2: Konventionelle Produktionsmöglichkeit glatter Winkelriemchen

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines Produktionsverfahrens, um die Winkelriemchen durch Extrudieren, ohne Trägerstein, herzustellen und dadurch den Energie- und Materialverbrauch entscheidend zu reduzieren.

3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte, der angewandten Methoden und der tatsächlich erzielten Ergebnisse

Bereits bei den Vorarbeiten wurde erkannt, daß die optimale Abstimmung von Preßkopf und Mundstück Vorbedingung für die Extrusion eines winkelförmigen Stranges ist. Der Preßkopf ist das Verbindungsglied zwischen der Schnecke, dem Förderorgan der Extrusionspresse und dem Formgebungsorgan, der Austrittsdüse. Diese wird fachlich als Mundstück bezeichnet. Der Preßkopf verjüngt sich zum Mundstück hin und erhöht damit die Strömungsgeschwindigkeit des Tonstranges.

3.1.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte

Um das einleitend skizzierte Vorhabensziel zu erreichen, wurde folgender Arbeitsplan ausgearbeitet und abgearbeitet:

AS 1 Entwicklungsplanung

Maßgebend für die Formgebung des Tonstrangs mittels Extrusion ist generell die Ausführung des Preßkopfes und des Mundstücks (= Materialaustritt am Extruder-Preßkopf). Ein rechtwinklig zum Mundstück linear auslaufender, rechtwinkliger Tonstrang kann nur erzeugt werden, wenn im Preßkopf bereits ein geeignetes Strömungsfeld vorliegt. Die dazu erforderlichen Innenprofile sollen zunächst mittels Computersimulation entwickelt werden. Daraus ist die Gestaltung des Preßkopfes abzuleiten und praktisch zu erproben

AS 2 Entwicklung Preßkopf

Von diesem Preßkopfprofil wird ein Positiv, das der geforderten Strangform im Preßkopf entspricht, hergestellt. Dieses wird anschließend mit einem geeigneten Kunststoff, der zu ermitteln ist, abgegossen. Man erhält dadurch ein Negativ der gewünschten Innenform, mit dem der Preßkopf für Extrusionsversuche ausgefüllt wird. Anschließend ist ein weiterer Preßversuch erforderlich, um die optimale Innenform nachzuprüfen. Möglicherweise sind die gesamten Arbeiten mehrfach durchzuführen.

Es ist zu berücksichtigen, daß die Ausfüllung des Preßkopfes aufgrund der hohen abrasiven Wirkung des Tones schnell verschleißt. Die Herstellung einer massiven Preßkopffinnenform (Positiv) als Urform entsprechend der entwickelten optimalen Ausführung, hat den Vorteil, daß davon be-

liebig viele Kunststoff -Negativformen abgegossen werden können. D. h. es genügt jeweils 1 Preßkopf in Bereitschaft zu halten, so daß bei Bedarf schnell ausgewechselt werden kann.

AS 3 Entwicklung Mundstück

Das Mundstück muß als Fortsetzung und Abschluß des Preßkopfes angesehen werden. Deshalb wird die genaue Form dadurch ermittelt, daß der in Fließrichtung letzte Abschnitt des Preßkopfpositivs getrennt abgegossen wird, um die Negativform zum Ausfütern des Mundstückes herzustellen. Das Mundstück ist wieder durch Preßversuche zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Ähnlich wie beim Preßkopf sind weitere Mundstücke jeweils durch Ausfütern mit dem abgegossenen Kunststoffnegativ zu erzeugen.

AS 4 Entwicklung Transport, Besanden, Oberflächenbehandlung

Der aus der Strangpresse auslaufende Tonstrang mit rechtwinkligem Profil muß bis zum Brennen in dieser Form gehalten werden. Dafür sind spezielle Transportmittel zu entwickeln. Es soll eine endlose Gliederkette entwickelt werden, deren Glieder aus speziellen Winkelstücken bestehen, auf denen der Tonstrang aufliegt. Die Abstände zwischen diesen Winkelstücken müssen möglichst klein gestaltet werden, um ein Durchhängen des Tonstranges zu verhindern.

Das Besanden erfolgt bei normalen Klinkerriemchen von oben, indem der Sand durch entsprechende Schlitze auf die Oberfläche rieselt. Dies ist bei den Winkelriemchen unter Umständen nicht ausreichend, da die Flächen aufgrund der Schrägstellung verkürzt erscheinen. Falls erforderlich könnte der Sand ähnlich einem Sandstrahlgebläse mit geringem Druck auf die Oberfläche geblasen werden. Die Oberflächenstrukturierung (Benarbung) mit den erforderlichen Antrieben, die bei Winkelriemchen 2 getrennte, rechtwinklig zueinander stehende, Walzen erfordern, muß neu entwickelt werden.

AS 5 Entwicklung Trenneinrichtung

Es muß eine erste Trenneinrichtung entwickelt werden, die den endlosen Strang in sogenannte Batzen, in noch zu bestimmender Länge trennt. Die Schneidvorrichtung muß mit der Transportgeschwindigkeit so synchronisiert werden, daß die Schneiddrähte zum Trennen des Batzens in Schlitze der Unterlagen einfahren können. Diese Batzen werden einer zweiten Schneidvorrichtung, bestehend aus Trenndrähten und in Winkelbreite geschlitzten Trennunterlagen, zugeführt. Hier wird der Batzen auf Riemchenbreite geschnitten. Die Trenneinrichtung muß leicht auswechselbar sein und eine einfache Verstellung des Schnittabstandes erlauben.

AS 6 Entwicklung Setzvorrichtungen Rohlinge auf Ofenwagen

Nach dem Schneiden müssen die Winkelriemchen zum Trocknen und Brennen vorbereitet werden. Dazu wird ein Umsetzroboter entwickelt, der die Winkelriemchen paketweise auf das Formlings-Bereitstellungsband setzt, das sie zum Setzroboter fördert. Der Setzroboter schachtelt je 4 bis 6 Winkelriemchen ineinander und setzt sie lagenweise und jeweils spiegelbildlich versetzt in bis zu 9 Lagen übereinander auf die Ofenwagen. Die maximale Höhe der Stapel ist zu ermitteln. Bei diesen Fördervorgängen muß die Form der noch labilen Winkelriemchen genau erhalten bleiben, es werden deshalb besondere Anforderungen an die Einrichtungen gestellt. Evtl. ist eine Nachkalibrierung vorzusehen.

AS 7 Entwicklung der Temperaturkurven für Trocknen und Brennen

Für die thermische Behandlung sind neue Trocknungs- und Brennkurven zu entwickeln. Man versteht darunter die Steuerung der Ofentemperaturen über die gesamte Länge des Ofens. Man definiert bestimmte Temperaturzonen, in denen die Produkte langsam angewärmt, getrocknet, allmählich weiter erwärmt in die Brenn- und Sinterzone geführt werden, an die sich die Abkühlzone anschließt. Um Rissbildung und Farbabweichungen zu vermeiden, sind diese Temperaturverläufe sehr genau zu ermitteln und einzuhalten. Dazu sind Trocken- und Brennversuche durchzuführen, die dann zur Entwicklung entsprechender Trocknungs- und Brennprogramme führen werden. Ferner sind spezielle Schwindplatten zu entwickeln, um das Ansintern der Formlinge auf den Ofenwagen zu verhindern.

AS 8 Entwicklung Entstapeln, Sichtkontrolle, Verpacken,

Nach dem Brennen muß entstapelt werden, wofür entsprechende Handlingsgeräte zu entwickeln sind. Die Verpackung wird vorläufig manuell durchgeführt und mit einer Sichtkontrolle verbunden.

AS 9 Auftragsvergabe für die Investitionen

Zur Auftragsvergabe müssen die technischen Einzelheiten, Liefertermine, Preise, bauliche Bedingungen für die Aufstellung, die Abnahmebedingungen und die Zahlungsweisen mit den einzelnen Herstellern besprochen und ausgehandelt werden.

AS 10 Investitions- und Erprobungsphase

Die Lieferzeit der Aggregate muß genutzt werden, um die baulichen Voraussetzungen (Fundamente, Teilunterkellerung) zur Aufstellung der einzelnen Aggregate zu schaffen. Danach ist die Lieferung, Montage, Inbetriebnahme und Abnahme der einzelnen Aggregate vorgesehen.

AS 11 Produktionsanlauf; Fehlerbeseitigung; Verbesserungen

Das Vorhaben schließt mit der Verkettung der Sondervorrichtungen und dem zunächst probeweise Anlauf der Gesamtanlage. Aufgrund der Komplexität der kompletten Anlage ist zu erwarten, daß hier noch Fehler erkannt, Anpassungen und Verbesserungen durchgeführt werden müssen. Abschließend sind Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse vorzusehen.

3.1.2 Darstellung der angewandten Methoden

3.1.2.1 Verfahrensentwicklung

Material – Aufbereitung

Kastenbeschicker mit Füllmengen von 30 bis 50 Tonnen werden in der Ziegel- und Keramikindustrie seit Jahren eingesetzt. Es handelt sich um ein gängiges Anlagenteil, dessen Aufgabe die Bevorratung, der Transport, das Puffern, Mischen und Dosieren von keramischen Rohstoffen ist. Kastenbeschicker stehen demzufolge am Anfang des Produktionsverfahrens und sind der Materialaufbereitung zuzuordnen.

Im Werk wurden die aufbereiteten Tonmassen ursprünglich mit einem Radlader in einen bereits vorhandenen Kastenbeschicker mit einem Füllvermögen von 30 Tonnen, Füllhöhe 2 000 mm, gefüllt. Hierdurch kam es zu Verschmutzungen des Tones sowie zur Antrocknung der Tonmineralien an der Oberfläche. Außerdem entstanden bei der Aufnahme des Materials durch den Radlader unterschiedliche Tondichten, die in den Beschicker gelangten. Beim Einfüllen in den Kastenbeschicker und bei der Verarbeitung (Transport und Materialaustrag) ergab sich eine zweite Austrocknung des Materials. Dies hatte zur Folge, daß es zu unterschiedlichen Verpressdichten, Rohdichten, Wasseraufnahmen und zu Maßunterschieden der Formlinge kam. Durch die Beschaffung eines neu entwickelten Großraumbeschickers (Abbildg.3) der Firma Häßler/Erbach mit einem Fassungsvermögen von ~ 150 Tonnen Material, kommt es bei einer Füllhöhe von 7 500 mm zu einem Flächen-
druck im Beschicker von ~ 135 kN/m² (13,5 Tonnen/m²).

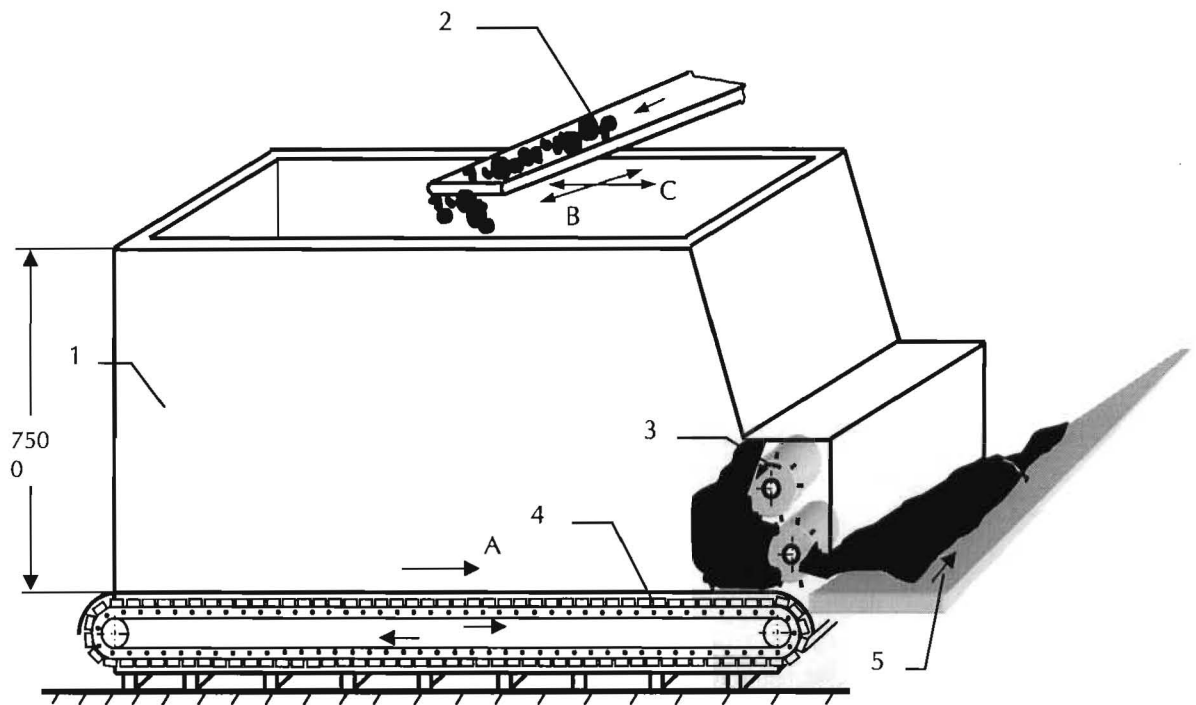


Abbildung 3: Großraumbeschicker, Füllmenge ~ 150 Tonnen, Füllhöhe 7500 mm

- | | |
|---|--|
| 1 = Großraum-Kastenbeschicker | 4 = Schubboden, Materialtransport in Pfeilrichtung A |
| 2 = Zuführförderband, Verschiebg.in Ebene B-C | 5 = Gurtförderband zu Presse 3 |
| 3 = Austraghaspeln | |

Durch den hohen Druck im Beschicker entsteht eine hohe Homogenisierung der Tonmineralien (Aufschluß des Tones durch den hohen Druck). Die Verpressungseigenschaften, die zur Herstellung der Winkelriemchen unbedingt optimal sein müssen, verbessern sich dadurch erheblich. Die Beschickung wird über das Förderband 2 (Abbildung 3) in einem geschlossenen Gebäude durchgeführt. Das Förderband wird während der Beschickung im Zickzack über den Beschicker geführt, um eine gleichmäßige Befüllung und weitere Vermischung zu erreichen. Dabei entsteht ein nur minimaler Luftaustausch an den Tonmineralien, so daß das Material kaum antrocknet. Der Austrag des Tones mittels Austraghaspeln (Pos. 3) erfolgt rechtwinklig zum Materialvorschub, wodurch ein weiterer Mischeffekt erzielt wird.

Formgebung

Zur spannungsfreien Formgebung der Winkelriemchen mittels Strangpressen (Extrudieren) wurden zunächst Preßversuche mit unterschiedlich gestalteten Preßköpfen vorgenommen. Dazu wurden Preßköpfe aus Stahl verwendet, die jedoch keine befriedigenden Lösungen ergaben.

Mit Hilfe von PH Engineering Philipp Händle/Mühlacker und der Firmen Petersen/Netphen und Süßmilch/Rheda-Wiedenbrück wurde auf Basis einer

Strömungssimulation mittels der Methode der finiten Elemente (FEM) ein Berechnungsverfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, die Vorgänge in einem Preßkopf auf dem PC zu simulieren. Dadurch können Konturen und Abmessungen hinsichtlich vorgegebener Zielgrößen optimiert werden. Dabei war zu berücksichtigen, daß die Materialströmung im Schneckengang der Extruderpresse vorwiegend rotiert. Diese Rotation ist im Preßkopf in eine axiale Strangströmung um zuwandeln. Ferner muß ein gleichmäßiger Zufluß zu allen Mundstückbereichen erzeugt werden. Diese Aufgaben sind dann leicht zu erfüllen, wenn der gewünschte Strangquerschnitt quadratisch oder kreisrund ist und damit dem Förderquerschnitt der Schnecke annähernd entspricht, sowie der Strömungsquerschnitt im Preßkopf nur langsam geändert wird, d. h. der Preßkopf rel. lang ist. Kritisch wird die Verarbeitung dann, wenn das Mundstück einen mehr oder weniger breiten und flachen und, wie im vorliegenden Fall, dazu noch rechtwinkligen Strangquerschnitt erzeugen soll, weil sich dieser Querschnitt erheblich von der Kreisform des Schneckenzyinders unterscheidet. Ohne weitere Maßnahmen würden sich die Austrittsgeschwindigkeiten über den gewünschten Querschnitt des Tonstranges stark unterscheiden. Als Folge würden die Geschwindigkeitsunterschiede erst im erzeugten Strang ausgeglichen, wodurch er zumindest krumm verlaufen oder sogar die gefürchteten "Drachenzähne", d.h. ungleichmäßiges Aufreißen der Randzone, bilden würde. Um dies zu vermeiden, muß der Querschnitt des Preßkopfs so gestaltet sein, daß der Tonstrang über seine Länge allmählich an die gewünschte endgültige Strangform bzw. an das Mundstück angepaßt wird. Das heißt, die Strangform muß durch den Preßkopf von der erzeugten Kreisform des Schneckenzyinders allmählich in die gewünschte Austrittsform am Mundstück überführt werden.

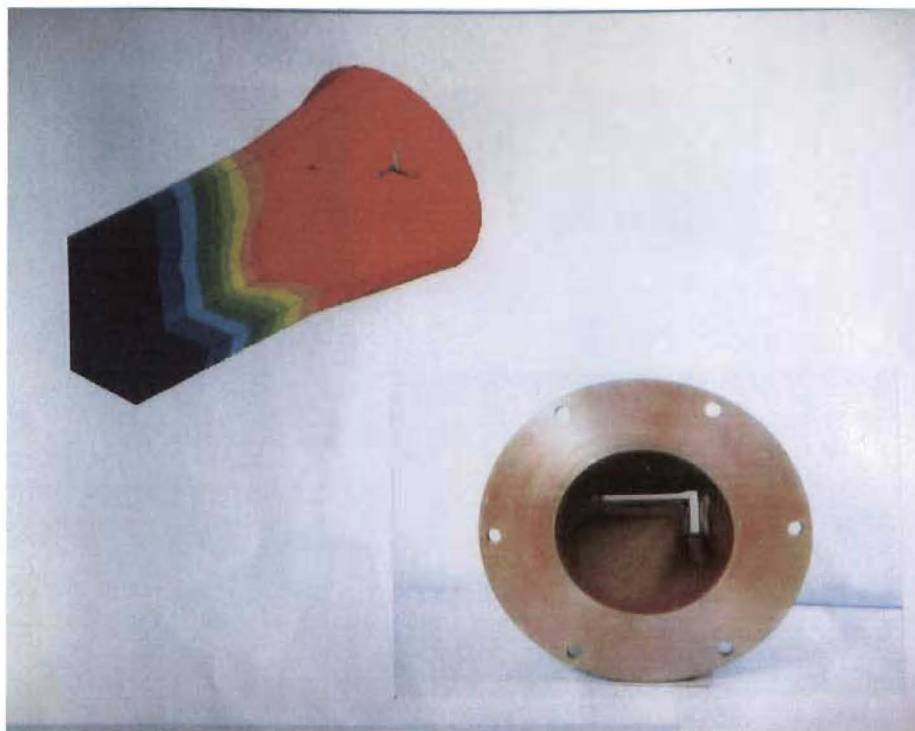


Abbildung 4: Mittels FEM optimierter Preßkopf mit Innenform

Entsprechend diesen Überlegungen wurden mit Hilfe der PC-Simulation Preßköpfe mit strömungsgünstigen Kunststoff - Einlagen aus Polyurethan (PU) entwickelt. Hierdurch wurde es möglich, das praktische Strömungsverhalten mit dem zuvor mittels Finiten Elementen berechneten Verhalten zu vergleichen. Die Ausfütterung des Preßkopfs mit Kunststoff konnte leicht abgeändert werden, bis ein brauchbares Strömungsprofil entstand. Durch die anschließende Herstellung von Abgüssen (= Positiv) sind wir in der Lage, beliebig viele Einsätze (= Negative) für den Preßkopf zu erzeugen.

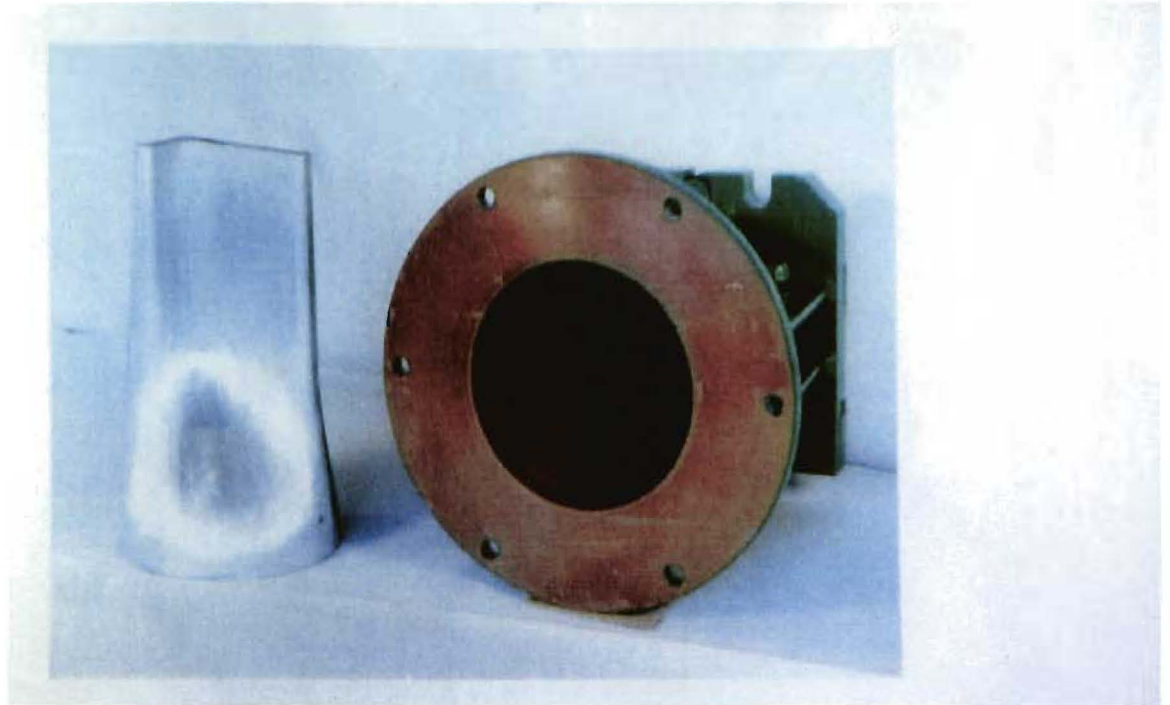


Abbildung 5: PU - beschichteter Winkelpreßkopf mit Kunststoff-Gußkern

Nach Optimierung des Strömungsprofils wurde der Preßkopf segmentiert, so daß er aus einzelnen, ringförmigen Kunststoff - Segmenten zusammengesetzt und deshalb rel. leicht verändert werden konnte. Dabei stellt das in Fließrichtung letzte Segment praktisch das Mundstück dar. Diese Ausführung hat den Vorteil, daß die Preßkopflänge und die Innenkontur für weitere Ausführungen der Winkelriemchen beliebig variiert werden können. Eine Ausführung eines segmentierten Preßkopfes mit Mundstück ist in der nächsten Abbildung zu sehen.

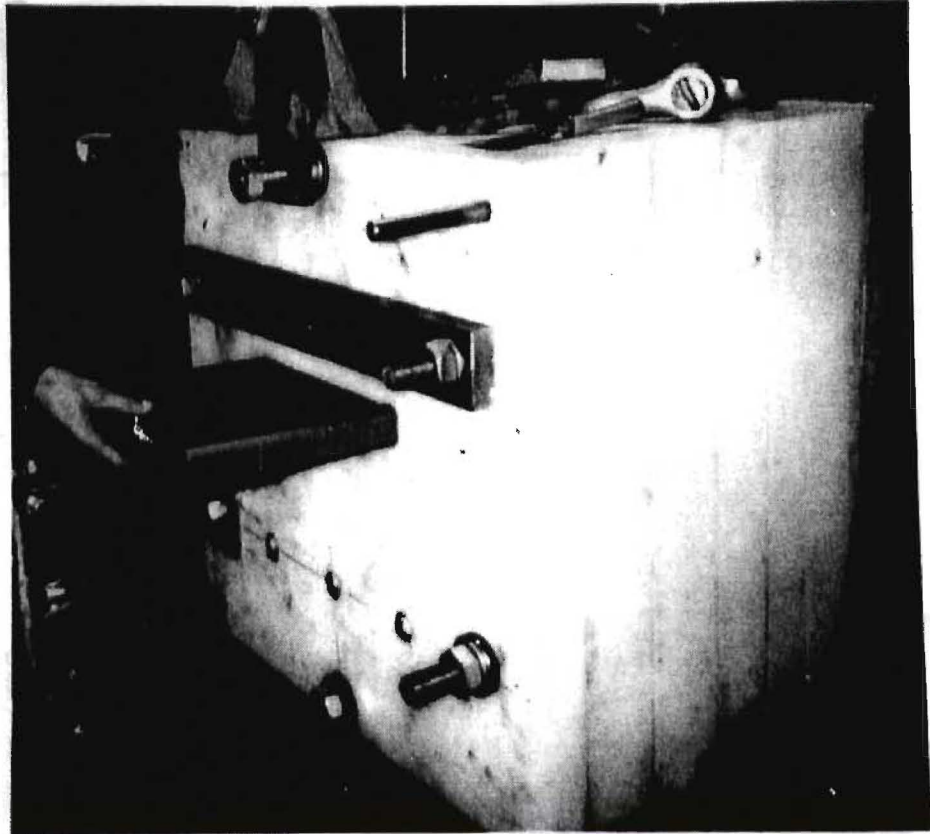


Abbildung 6: Strömungsangepaßter Winkelpreßkopf in Segmentbauweise

Anschließend wurden industriefähige Preßköpfe für die verschiedenen Ausführungen der Winkelriemchen aus Baustahl mit PU - Innenbeschichtung entwickelt. Damit konnte der Strömungswiderstand zwischen Tonmasse und PU - Beschichtung weiter minimiert werden. Die Entwicklungsarbeiten wurden mit Preßversuchen fortgesetzt. Auf den mit Polyurethan ausgekleideten Preßkopf wurden Mundstücke für 17 mm und 9 mm starke Winkelriemchen aufgesetzt. Beide Mundstücke wurden mit Kunststoff ausgekleidet. Der austretende Strang mit einer Feuchte von 18,7 % wölbte sich nicht mehr, obwohl bei den 17 mm starken Riemchen noch unterschiedliche Vorschübe gemessen wurden. Die Differenzen betragen am kurzen Schenkel bei 128 mm Vorschublänge in der Mitte + 2 mm und - 2 mm am langen Schenkel. Auch bei den Dünnbetriemchen mit 9 mm Stärke traten keine störenden Verformungen auf. Die Differenzen weisen jedoch darauf hin, daß die Strömungsgeschwindigkeit über den Mundstückquerschnitt noch nicht gleichmäßig ist.

Extrusionsversuche von Winkelriemchen mit einem von uns konstruierten, separaten Mundstück ergaben hingegen keine brauchbaren Ergebnisse.

Als die Formgebung des L-förmigen Winkelstrangs feststand, wurde die weitere Bearbeitung des extrudierten Tonstranges nach dem im Anschluß gezeigten Verfahrensschema entwickelt:

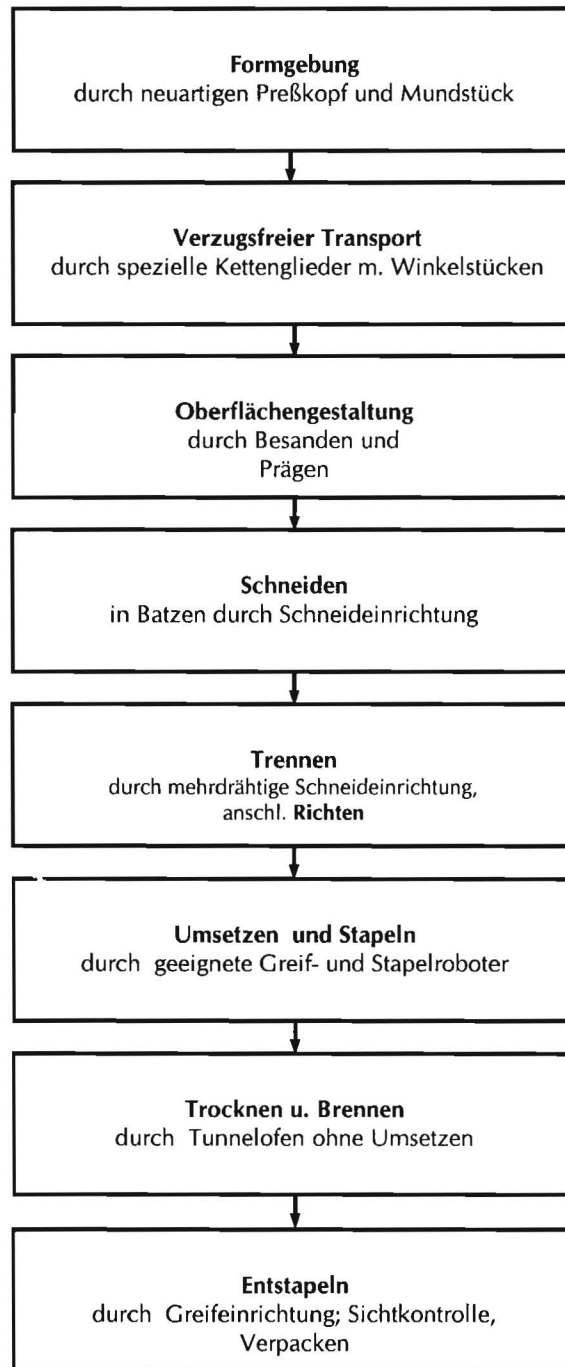


Abbildung 7: Schematische Darstellung der entwickelten Verfahrenstechnik zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein

Herstellung des Batzens

Der winkelförmig extrudierte Tonstrang wird in der Endlosform genarbt und gesandet. Dazu dient die anschließend gezeigte Vorrichtung.

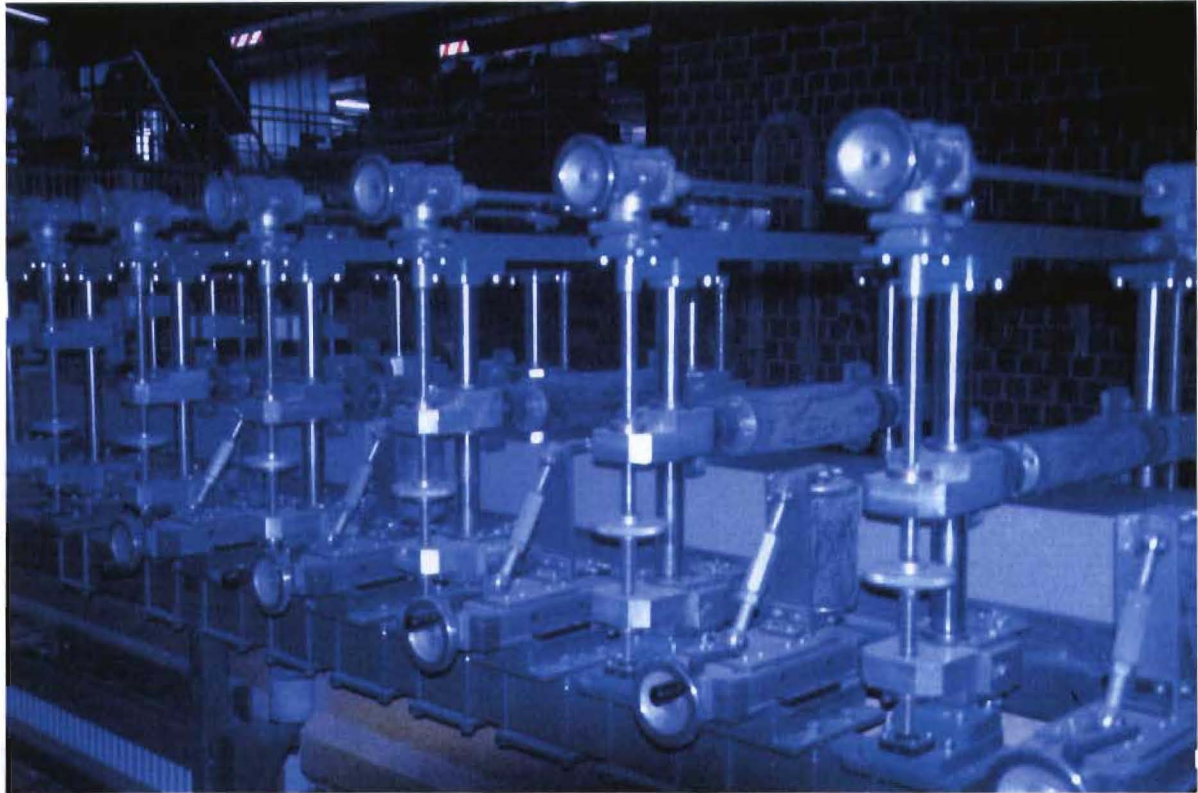


Abbildung 8: Vorrichtungen zum Sanden und Benarben der Winkelriemchen

Die weitere Verarbeitung im Strang ist jedoch nicht möglich. Er wird deshalb zum Batzenschneider gefördert und im nächsten Prozessschritt in Batzen mit einer Länge von 500 mm geschnitten.

Durch das Anpressen des Strangs beim Benarben auf die winkelförmige Gliederkette haftete er sehr fest. Deshalb mußte eine speziell angepaßte Fördereinrichtung entwickelt werden, wobei der austretende Strang über eine mit Teflon RC 1000 (PTFE = Polytetrafluoräthylen) beschichtete Schiene geführt wird. Die Teflonbeschichtung reduziert die Adhäsion zwischen Tonstrang und Schiene ausreichend, um den Strang im Gleiten zu halten. Die Penetrometersteife des Strangs nach Pfefferkorn betrug an beiden Schenkeln 3,2 (dimensionsloser Verhältniswert) und in der Riemchenmitte 3,1 und lag damit im Bereich guter Verformbarkeit. Trotzdem mußte die Kunststoffbeschichtung später wieder entfernt werden, da aus dem Strang austretendes Wasser nicht ablaufen konnte, wodurch sich der Batzen doch wieder festsaugte.

Anschließend wurden Schneidversuche durchgeführt, um den Batzen zu schneiden. Dies erwies sich als besonders schwierig. Erprobt wurden ein Bogensegmentschnitt mit einer eigens dafür entwickelten Drahtarfe und ein gradliniger Maschinenschnitt mit horizontaler Schneideinrichtung. Der Bogensegmentschnitt erwies sich als die bessere Schneidmethode mit der geringeren Verformung und höherer Maßhaltigkeit der Rohlinge. Das Abheben der geschnittenen Batzen vom Schneidetisch gestaltete sich äußerst schwierig. Die in diesem Zustand noch kaum formstabilen Teile saugten sich am Schneidetisch fest und mußten mit speziell ausgearbeiteten Vorrichtungen schonend abgelöst werden. Eine Möglichkeit zum Ablösen der Formlinge war das fein verteilte Einblasen von Luft mit geringem Druck aus dem Schneidetisch. Zusätzlich wurden abweisende Beläge aus Teflon für den Schneidetisch erprobt und das Ansaugen der Formlinge mit Unterdruck eingeführt.

Außerdem wurde festgestellt, daß sich der Tonstrang aufgrund einer Eigenspannung verzog, die bei der Benarbung und Besandung entstand. Als Abhilfe wurde zunächst versucht, den Strang auf die Plattenkette zu pressen. Dies schlug fehl, weil sich der feuchte Tonstrang, der unter Vakuum extrudiert wird, auf seiner Unterlage festsaugte und damit unbearbeitbar wurde. Abhilfe brachten Änderungen an den Vorsetzplatten und Mundstücken. Sie erhielten je nach Ausführung und Produkt schwache Dreiecks- oder Rechteckmuster mit möglichst scharfen Kanten an den Auflageseiten, die dadurch auf den Tonstrang übertragen wurden (Abbildung 9). Außerdem wurde eine Hohlkehle vorgesehen um die Schwindung aufgrund der Materialanhäufung im Eckbereich zu minimieren und einen Temperatenausgleich von der Außenfläche zum Innenwinkel zu erreichen.

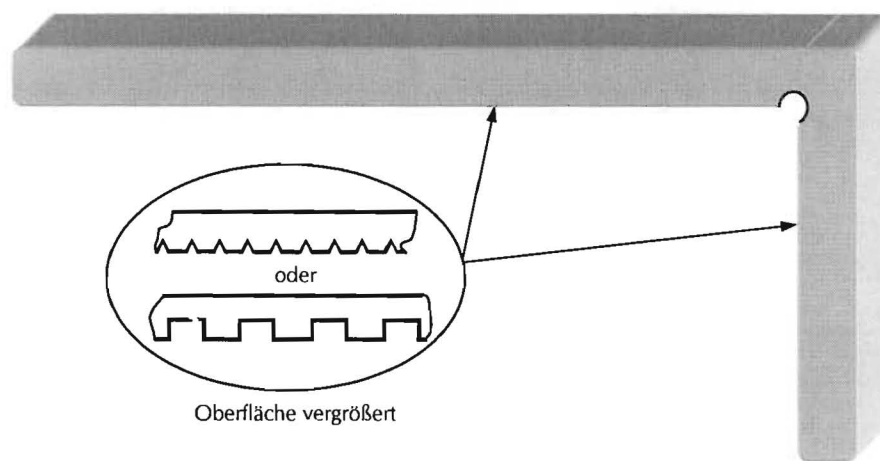


Abbildung 9: Oberflächengestaltung des austretenden Tonstranges für Winkelriemchen mit Dreieck- oder Rechteckmuster gegen Adhäsion auf Transportflächen und Auflagen

Zusätzlich wurden die Plattenketten leicht beheizt, um die Temperaturen des mit etwa 30 bis 40 °C austretenden Tonstrangs und der Plattenkette aneinander anzupassen und ein Unterschreiten der Taupunkttemperatur zu verhindern.

Formlinge schneiden

Im nächsten Prozeßschritt wird der Batzen angesaugt, zu einer neu entwickelten Schneidharfe gefördert und im Segmentschnitt in die einzelnen Formlinge, Breite je nach Ausführung 52 bis 71 mm, geschnitten. Die Bogenharfe besitzt eine Hebelarmlänge von 700 mm. Sie wird von 2 Druckluftzylindern betrieben. Die Druckkraft je Zylinder beträgt 186 kp. Die Schneidgeschwindigkeit war anfänglich rel. klein und konnte wegen der Ventilquerschnitte zunächst nicht erhöht werden. Um das Festkleben der geschnittenen Formlinge auf dem Schneidetisch zu verhindern, wurden verschiedene Methoden erprobt. Eine Beschichtung mit Teflon RC 1000 erwies sich am wirksamsten. Auf der Teflonunterlage wurde beim Abschieben des Winkels nach oben ein Penetrometerwert von nur 0,67 festgestellt. Bei der Auflage ohne Beschichtung ergab sich dagegen ein Penetrometerwert oberhalb des max. Meßbereichs.

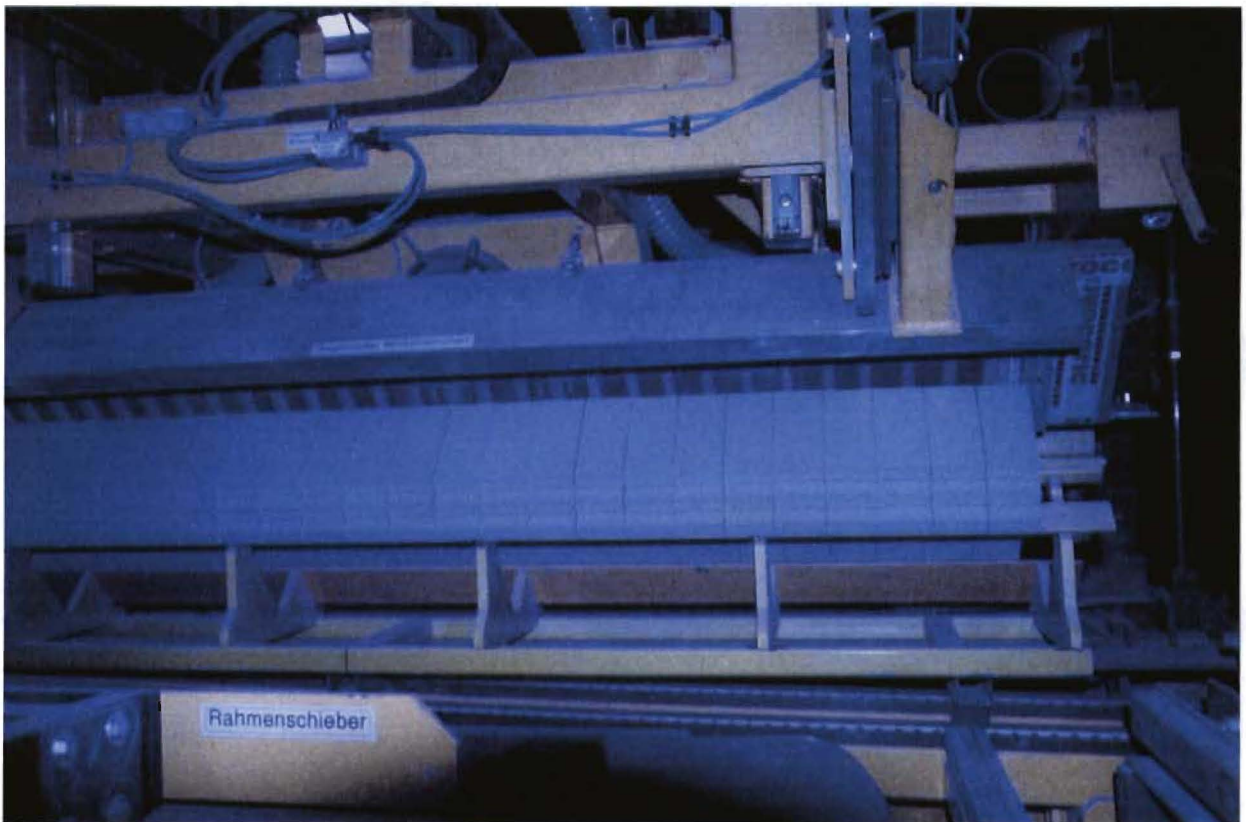


Abbildung 10: Ablegen und Richten der Winkelriemchen nach dem Segmentschnitt

Die Einführung des Drahtes in die Schneidharfe erfolgt über abgeschrägte Führungen, durch die der Draht zwischen die Unterlagen geführt wird. Hierbei ist auf eine genaue Einstellung der Unterlage zu achten, da bei ungenauem Einbau am Winkelriemchen eine sichtbare Kante verbleibt. Schneidreste, die bei früheren Versuchen auf der Unterseite der Winkelriemchen abgelagert wurden, entstehen aufgrund der engen Drahtführung nicht mehr. Sowohl beim 17 mm, als auch beim 9 mm starken Winkelriemchen traten kaum noch Verformungen durch den Harfenschnitt auf. Anschließend werden die geschnittenen Winkelriemchen auf Winkelrahmen gestapelt (vierfach bei Riemchenstärke 17 mm und 13-fach bei Riemchenstärke 9 mm) und der Rechte Winkel der Winkelriemchen durch ein Formstück nachgerichtet.

Setzen, Trocknen und Brennen

Die Winkelriemchen werden anschließend auf dem in Abbildung 10 gezeigten Hilfsrahmen zu einem Umsetzgreifer weiter transportiert, der die kompletten Rahmen auf die Zuführung zu den Setzrobotern befördert.

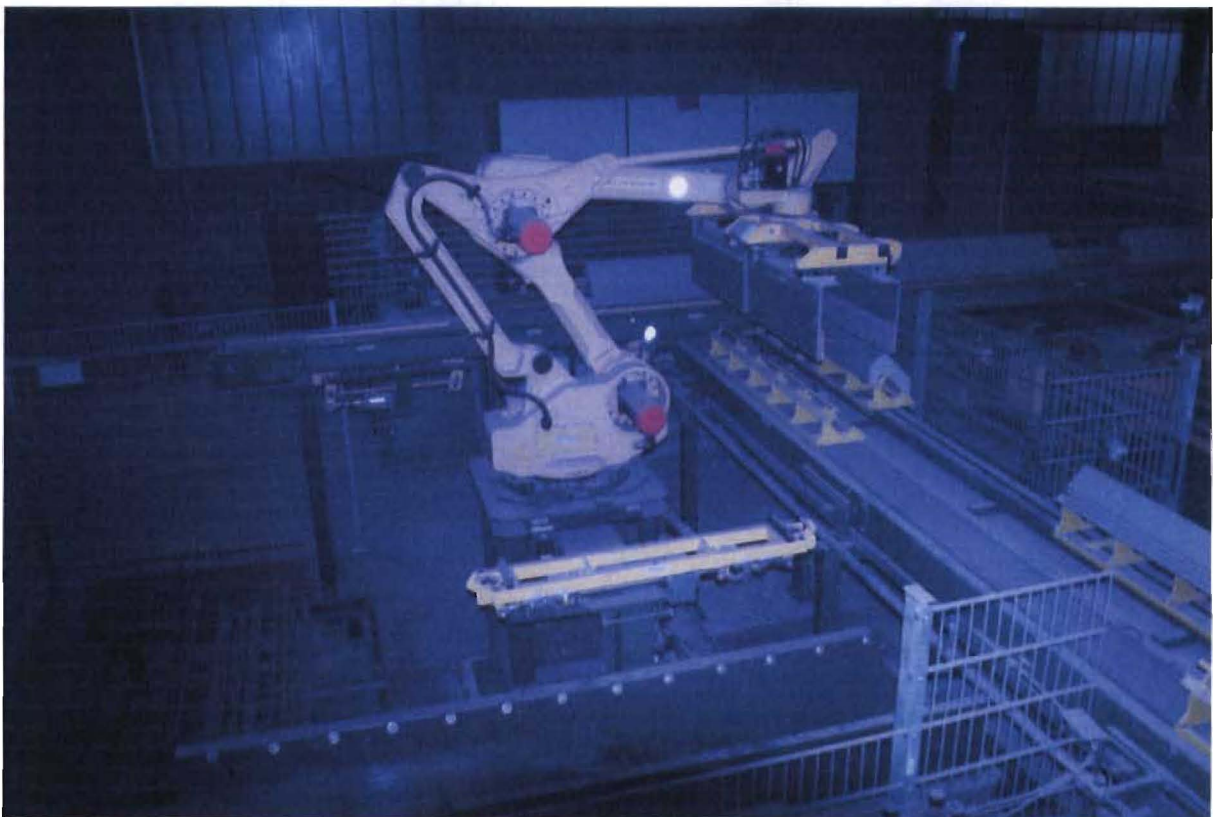


Abbildung 11: Umsetzgreifer für beladene und leere Hilfsrahmen

Die Rahmen mit den Winkelriemchen wandern im Vordergrund von rechts zum Roboter und werden dann auf das rechtwinklig ablaufende Förderband transportiert. Im Hintergrund ist ein zweites Band zu sehen, auf dem die lee-

ren Winkelrahmen von den Umsetzgreifern zurück laufen.

Die anschließenden vier Setzroboter haben die Aufgabe, die Winkelriemchen in geeigneter Form auf die Ofenwagen zu setzen. Die Setzweise ist für die Qualität der Riemchen wegen des Einflusses auf Schwindung, Rissbildung, Farbgebung von großer Bedeutung. Deshalb wurden verschiedene Setzweisen erprobt. Vereinzelt Setzen führte bei den 17 mm - Winkelriemchen zu einem leichten Verbiegen um die Winkelachse. Die 9 mm - Riemchen zeigten diese Tendenz weniger. Bessere Ergebnisse erbrachte eine turmartige Verbundsetzweise, fachsprachlich als "Gruppierung" bezeichnet. Bei allen Winkelriemchen wurde aufgrund des schnelleren Vortriebs beim Strangpressen in Riemchenmitte eine leichte Wölbung in Pressrichtung von der Mitte zu den Schenkeln festgestellt, die jedoch toleriert werden kann.

Zum Setzen der Winkelriemchen werden 4 Setzroboter verwendet, die praktisch im Gleichtakt arbeiten.



Abbildung 12: Setzroboter

Auf der Abbildung werden die beladenen Winkelrahmen von rechts her vor die Setzroboter geschoben. Diese greifen je einen Satz von 4 Winkelriemchen und setzen diese nach vorgeschriebenen Plänen auf die im Vordergrund sichtbaren Ofenwagen. Selbst für Nichttechniker ist das rasche und

planmäßige Arbeiten der vier Setzroboter ein imponierendes Schauspiel.

Um ein Festsintern oder Schwunddeformationen der untersten Lage der Winkelriemchen auf den Schamottesteinen des Ofenwagens zu verhindern, werden die Gruppierungen auf sogenannte Schwindplatten gesetzt. Beim Brennen ergaben sich Risse in diesen Schwindplatten aufgrund der zu großen Maßunterschiede zwischen der Auflagefläche der Winkelriemchen und der Größe der Schwindplatten und der dadurch bedingten unterschiedlichen Schwindung. Die folgenden Versuche mußten daher auch auf eine neue Setzweise mit anderen Abmaßen der Schwindplatten ausgerichtet werden.

Die nächste Abbildung zeigt einen mit den vier Setzrobotern voll bestückten Ofenwagen.

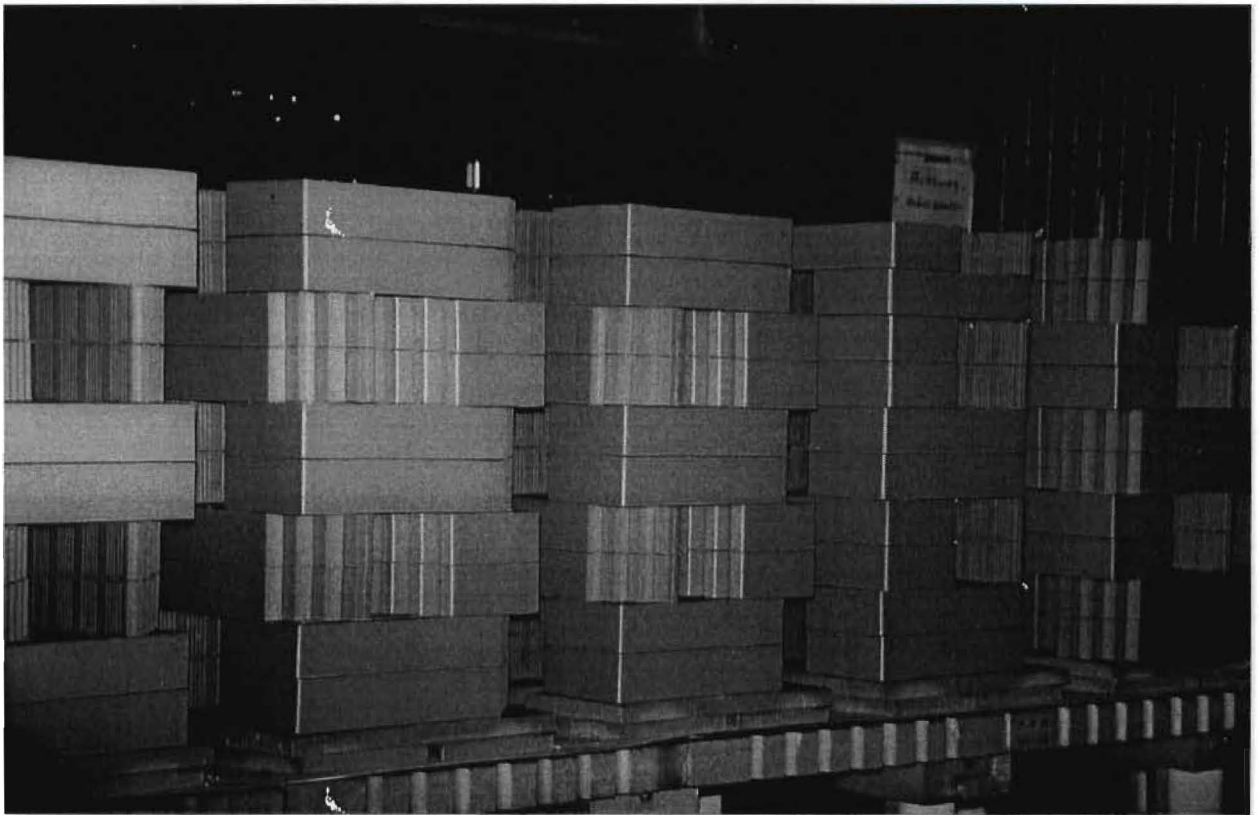


Abbildung 13: Voll bestückter Ofenwagen; die Schwindplatten sind deutlich zu sehen.

Da die Extrusion flacher Platten schwierig ist, werden die Schwindplatten aus dem gleichen Material, wie die Winkelriemchen gefertigt, in dem vom Winkelstrang der rechtwinklig abstehende kurze Schenkel nach der Extrusion abgeschnitten wird. Dieser Verschnitt wird sofort in die Aufbereitung zurück gefördert. Die verbleibenden flachen Platten dienen als Schwindplatten beim Brennen und werden auf einem getrennten Band auf die Ofenwagen gefördert. Nach Gebrauch werden die gebrannten Schwindplatten gemahlen und als Magerungsmittel (Zuschlag zum Ton zum Einstellen der Gesamt-

feuchte) verwendet.

Für Trocknen und Brennen steht eine umfangreiche Ofenanlage zur Verfügung deren Schema in Abbildung 14 dargestellt ist.

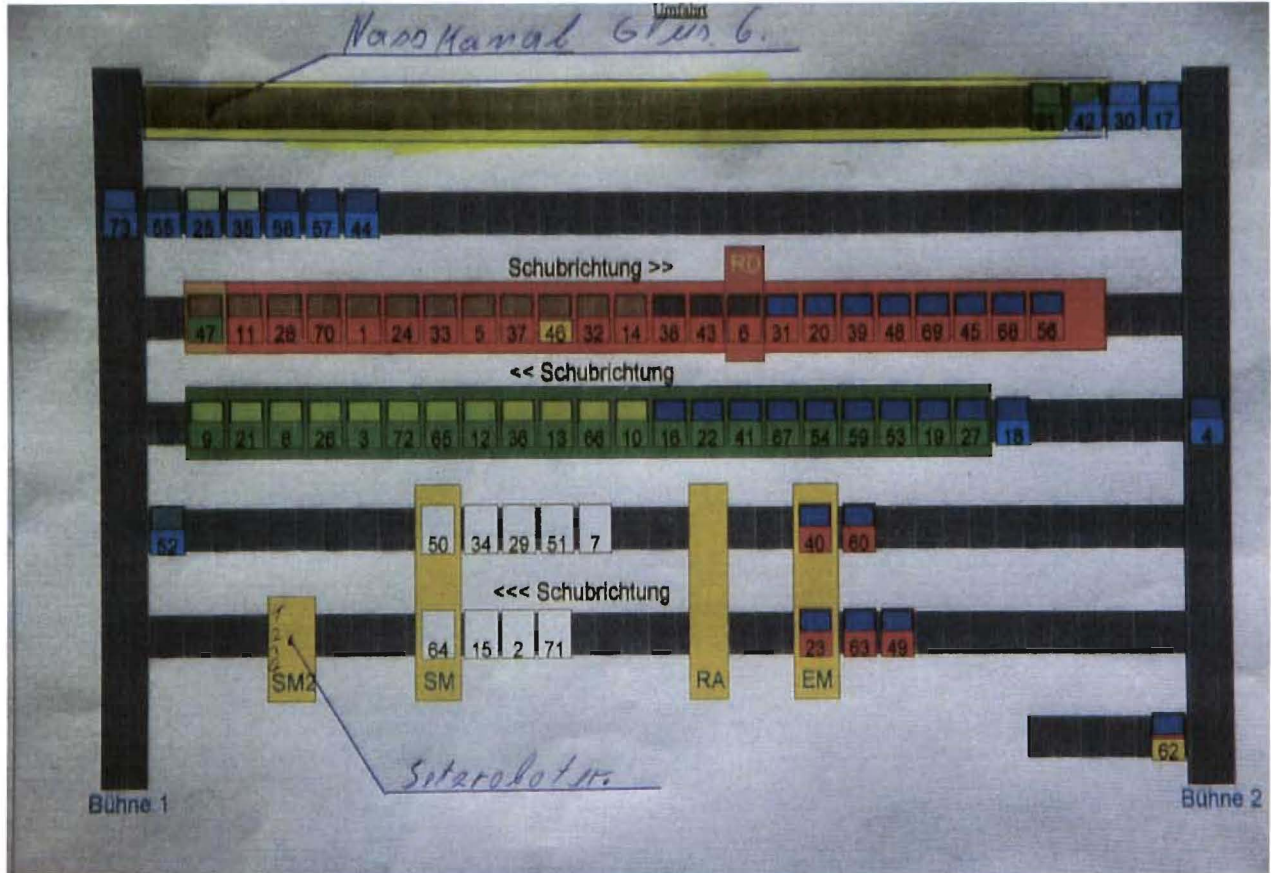


Abbildung 14: Schema der Trocken- und Ofenanlage

Die Abbildung zeigt von unten die Bahn mit den Ofenwagen, die von den Sitzrobotern bestückt werden. Ein beladener Wagen gelangt über die Bühne 1 (Querbahn) zum Trockenofen (rot eingezeichnet). Danach wird der Ofenwagen über Bühne 2 in den Tunnelofen (grün eingezeichnet) gefahren. Der handschriftlich gekennzeichnete Naßkanal dient als Zwischenlager, in dem eine definierte Luftfeuchte aufrecht erhalten wird, um ein vorzeitiges partielles Trocknen der Formlinge zu verhindern.

Die Winkelriemchen müssen gemäß Aufstellung im Anhang in etwa 100 verschiedenen Ausführungen gefertigt werden. Diese Sorten unterscheiden sich in der Tonzusammensetzung (Farbe), in den Maßen, in der Oberflächenbehandlung und in unterschiedlichen Reduktionsverfahren beim Brennen zur Farbgebung.. Dies bedingt auch jeweils angepaßte Trocken- und Brennkurven. Die Entwicklung dieser unterschiedlichen Trocken- und Brennkurven wird noch längere Zeit in Anspruch nehmen, da die Program-

me sehr umfangreich sind und sich aus mehreren Unterprogrammen zusammensetzen:

- Programm Artikelnummer,
- Brennprogramm,
- Setzschemen-Programm,
- Regler-Parameter-Programm,
- Brenner-Parameter-Programm,
- Reduktionsprogramm.

Grundsätzlich haben die Trocken- und Brennkurven etwa die in den nächsten Abbildungen gezeigten Verläufe:

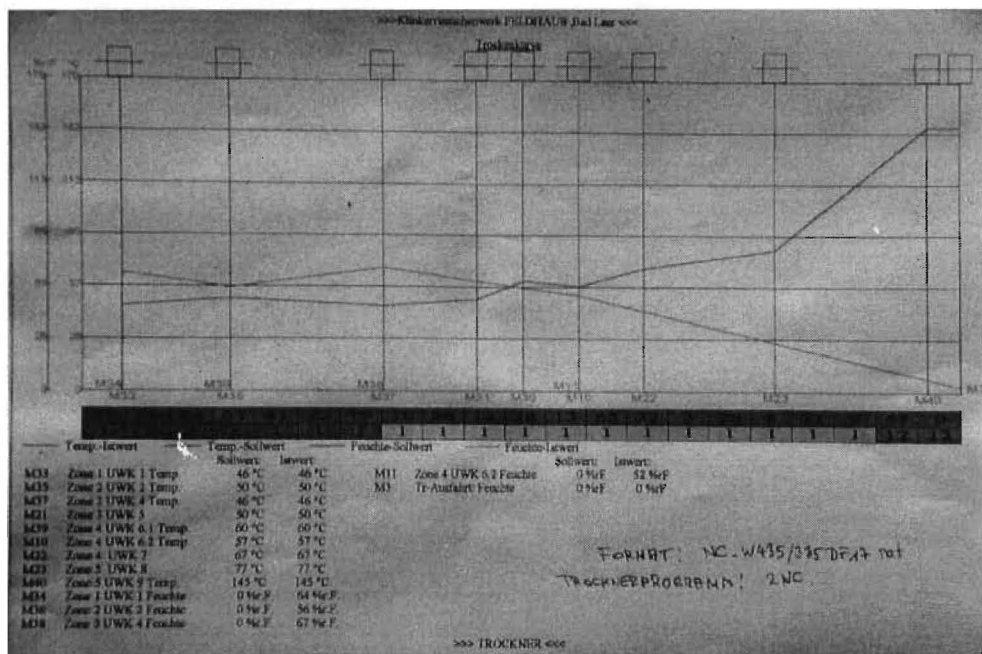


Abbildung 15: Beispiel einer Temperaturkurve für den Trockenofen
ansteigende Kurve = Temperaturverlauf; fallende Kurve = Feuchte

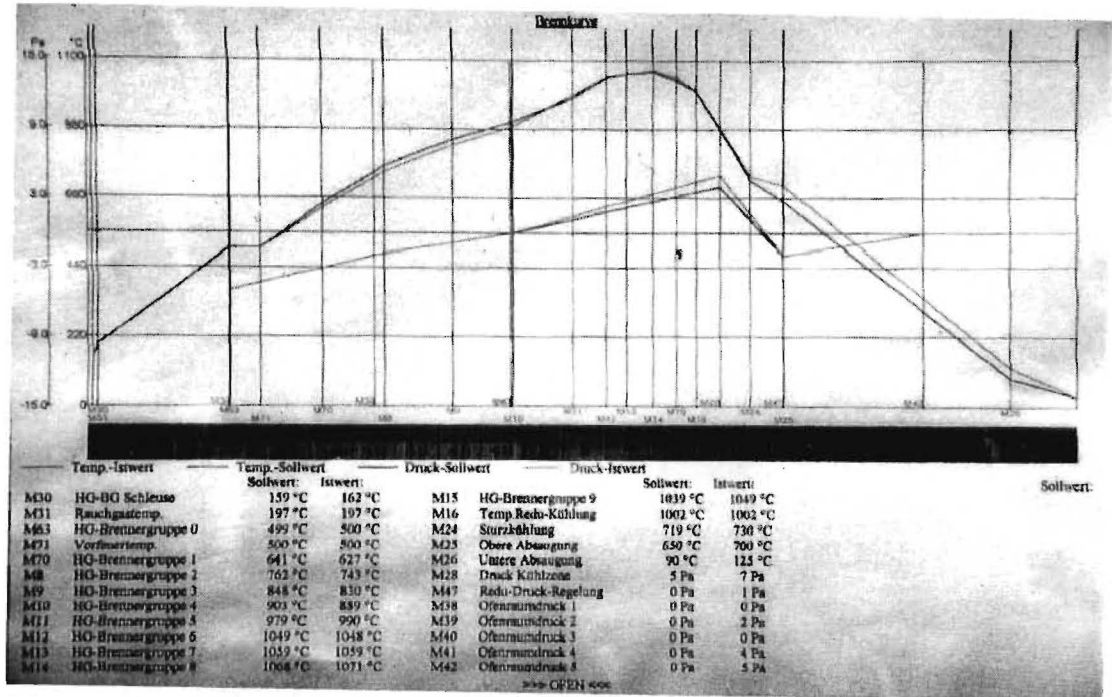


Abbildung 16: Beispiel einer Temperaturkurve für den Brennofen
 Obere Kurve = Temperaturverlauf; untere Kurve = Druckverlauf

Sämtliche Trockner- und Brennprogramme sind im Server eines Intranet gespeichert, werden produktabhängig abgerufen und automatisch als Sollwerte der Regelgrößen vorgegeben.

3.1.2.2 Investitionsphase

Nachdem die einzelnen Prozessschritte entwickelt und erprobt waren, konnte im III. und IV. Quartal 2000 die Auftragsvergabe für die Investitionen eingeleitet werden, die bei den einzelnen Lieferanten teilweise erhebliche Entwicklungsarbeiten erforderten. Inzwischen wurden alle erforderlichen Komponenten geliefert, montiert und elektrisch angeschlossen. Im einzelnen handelt es sich um folgende Maschinen:

(Im folgenden Text werden mehrfach Begriffe wie Abfall, Abfallrutsche, Abfallentsorgung usw. verwendet. In der vorliegenden Arbeit beziehen sich diese Begriffe ausschließlich auf überschüssiges Tonmaterial, das an den betreffenden Bearbeitungsstationen anfällt, in die Aufbereitung zurück gefördert und erneut verwendet wird.)

Zuführungsbänder der Firma VHV Anlagenbau GmbH Inbetriebnahme ohne Probleme

4 Kastenbeschicker mit Abzugsbändern der Firma Andreas Hässler Anlagenbau

Die Kastenbeschicker fassen jeweils 150 bis 200 t Rohmaterial. Sie wurden

beschafft, da die Winkelriemchen in verschiedenen Farben und Ausführungen benötigt werden. Zwar ist die erforderliche Masse je Winkelriemchen relativ klein, so daß die Austragsleistung der Kastenbeschicker nicht sehr groß sein muß, das große Volumen der Beschicker bietet jedoch den Vorteil, daß eine Beschickerfüllung sehr lange ausreicht, und damit Winkelriemchen konstanter Materialzusammensetzung und Farbe über einen längeren Zeitraum hinweg erzeugt werden können. Dadurch konnte die bisherige Befüllung der Fertigungslinie mit Radladern bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung und Energieeinsparung ersetzt werden.

Siebrundbeschicker der Firma Rieter Werke GmbH

Inbetriebnahme ohne Probleme

Strangpresse mit Vakuomaggregat der Firma Händle GmbH

Inbetriebnahme ohne Probleme

Besandungseinrichtung der Firma Hagedorn Maschinenbau

Diese Einrichtung ist noch nicht endgültig montiert.

Abschneider der Firma Freymatic AG

Der Abschneider verursachte Probleme dadurch, daß die Schneidevorrichtung vibrierte und sogar in Schwingungen geriet, so daß ein mechanischer Schwingkreis entstand. Die Schwingungen übertrugen sich auf die Stahlkonstruktion des Maschinenständers. Als Gegenmaßnahme mußte die gesamte Konstruktion versteift werden.

Transportgliederkette für die Winkelriemchen.

Hier traten Probleme dadurch auf, daß die benötigte Genauigkeit der Kette nicht erreicht wurde. Die vorgegebenen Maßtoleranzen wurden überschritten. Die Kette muß deshalb neu gefertigt werden. Die Umbauzeit betrug etwa 2 Wochen. Für die Montage mußte die gesamte Produktionsanlage abgeschaltet werden. Testläufe waren in dieser Zeit nicht möglich.

Nachgeschaltete Rollenbahn der Firma Novocerit Transportanlagen GmbH

Inbetriebnahme ohne Probleme

Harfenabschneider zum Schneiden der Winkelriemchen

Bei den ersten Versuchen zur Inbetriebnahme ergaben sich erhebliche Probleme. Es wurde festgestellt, daß sich das Material, das durch den Drahtschnitt heraus gedrückt wird, in den Zahnstangen und in der Lagerkonstruktion absetzt und Störungen verursacht. Maßnahmen zur Beseitigung des Fehlers wurden eingeleitet.

Batzenbahn

Die Batzenbahn wurde in Betrieb genommen.

Schäleinrichtung

Die Anlage ist noch nicht in Betrieb.

Roboter zum Einlegen der Batzen

Die bei dem Roboter installierte Seitenkanal-Verdichtung zum Ansaugen der Batzen und Riemchen mußte ausgetauscht werden, da die Saugleistung zu schwach war. Die Sensibilität des Roboters mußte durch Änderungen in der Software verbessert werden. Dazu war ein erheblicher Programmieraufwand erforderlich.

Batzeneinschieber

verschiedene Führungen mußten korrigiert werden.

Schneidehubtisch

Der Schneidehubtisch wurde neu abgedichtet. Führungsbleche und die Rahmenkonstruktion mußten verstärkt werden.

Schneidtisch

1 Schneidtisch wurde für Testzwecke gefertigt. Korrekturen wurden erforderlich und sind in Arbeit.

Schneidharfe

1 Schneidharfe ist für Testzwecke im Einsatz.

Schneidrahmen

1 Schneidrahmen ist für Testzwecke im Einsatz.

Abfallschieber

Hier gab es keine Probleme. Für die Abfallführung sind jedoch Rutschen erforderlich, die sich zur Zeit in Bau befinden.

Winkelriemen- Umsetz- und Stapelgreifer

Diese Anlage erwies sich als äußerst problematisch, da die erforderliche Positioniergenauigkeit zunächst nicht erreicht wurde. Dies ist vermutlich auf Toleranzen der 4 gesteuerten Achsen des Roboters zurückzuführen, die sich je nach Position addieren oder subtrahieren. Deshalb mußte eine zusätzliche Hub- und Senkeinrichtung gebaut werden. Dabei wurde festgestellt, daß die Höhe der Roboter neu ausgerichtet werden muß.

Rollenbahn

Bei der Montage und Inbetriebnahme ergaben sich keine Schwierigkeiten.

Päckchenschieber

Die Anlage ist montiert, konnte aber noch nicht getestet werden.

Hilfsrahmen

Die Hilfsrahmen in der gelieferten Ausführung mußten korrigiert werden.

Hilfsrahmen – Bereitstellförderer

Die Förderer mußten in der Länge auf die korrigierten Maße der Hilfsrahmen geändert werden.

Umsetz- und Stapelroboter

Die Reichweite des Geräts und die Beseitigung der Ausschußware mußten geändert werden. Dafür wurde eine zusätzliche Abfallentsorgungsbahn in Auftrag gegeben.

Formlingsbereitstellung für Setzroboter

Auch hier ergab sich hoher Programmieraufwand, um die Formlinge in der erforderlichen Positioniergenauigkeit bereitzustellen. Ferner mußten die Antriebe verstärkt und die Drehmomentstützen geändert werden.

Setzroboter

Diese Komponenten sind das Kernproblem der gesamten Produktionsanlage. Aufgrund des engen Baumaßes beeinflussen sich die Roboter gegenseitig. Zusätzlich erschwert die geforderte Sortenvielfalt der Winkelriemchen mit unterschiedlichen Gewichten und Produktionszahlen das Positionieren. Die Roboter mußten mit einem hohem Programmieraufwand und der Erhöhung der Sensibilität der Greifer umgerüstet werden. Dieser hohe Programmieraufwand war bei Vorhabensbeginn nicht ausreichend bedacht worden. Zu berücksichtigen war ferner, daß Industrieroboter einen rel. großen Bewegungsfehler aufweisen können, da sich aufgrund ihrer Bauweise – ein Arm mit mehreren in Serie geschalteten Gelenken und Achsen – die Einzelfehler addieren.

Werkzeuge zum Setzen stehender Riemchen

Die dazu benötigten Werkzeuge mußten korrigiert werden. Sie befinden sich zur Zeit zum Teil noch in Arbeit.

Meß- und Steuertechnik

Zur Überwachung und Steuerung der gesamten Anlage wurde ein Intranet (digitales, firmeneigenes Netzwerk) entwickelt. Damit kann die komplette Anlage bis zum einzelnen, momentanen Meßwert an jeder Maschine, im Trocken- und Brennofen detailliert eingestellt und überwacht werden. Alle erfaßten Angaben werden gespeichert, so daß z. B. bei Produktionsversuchen mit neuen Ausführungen von Winkelriemchen problemlos auf frühere Meßwerte zurückgegriffen werden kann oder jederzeit ein Fehler- oder Qualitätsnachweis möglich ist (Abbildung 17)

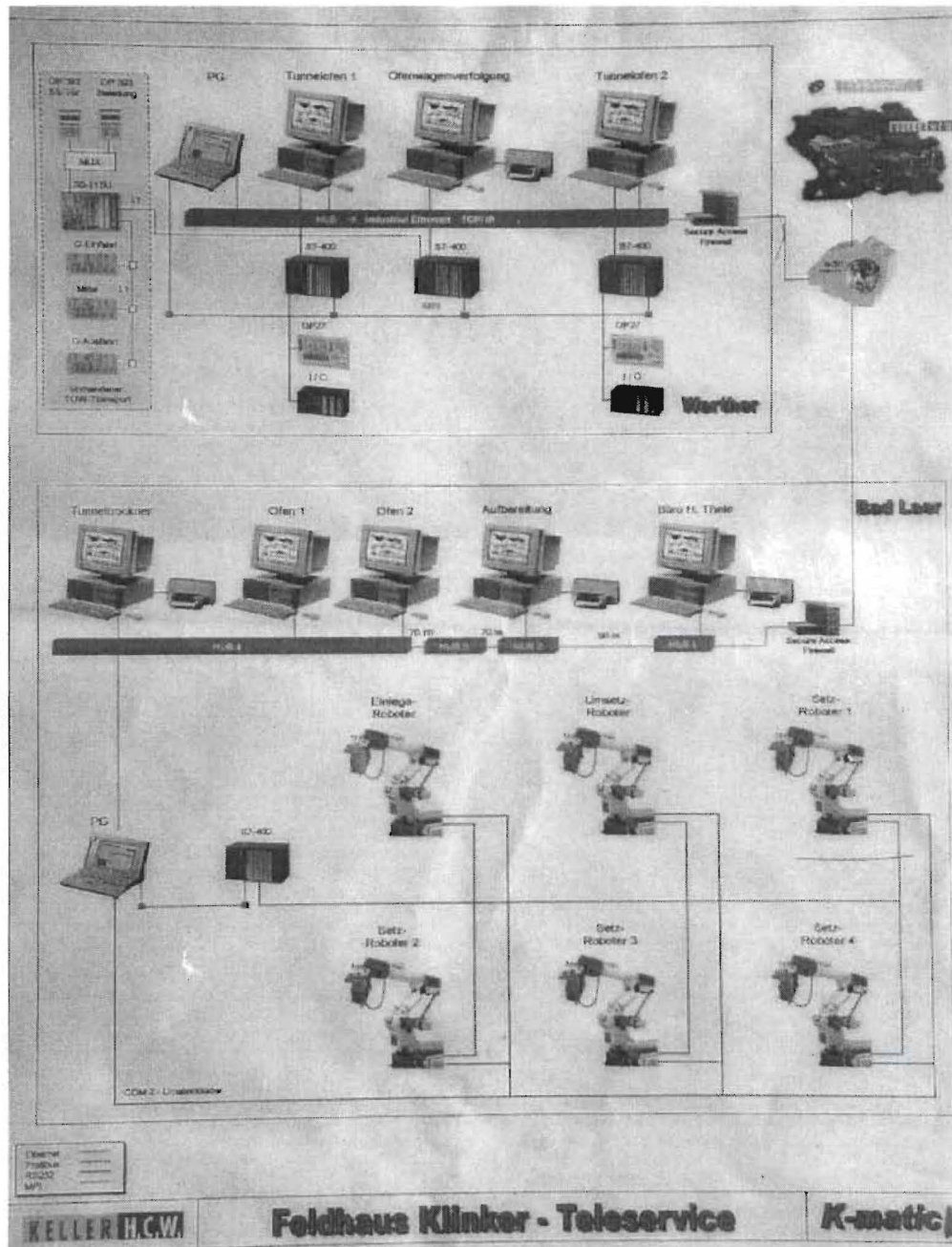


Abbildung 17: Meß- und Steuertechnik als Intranet

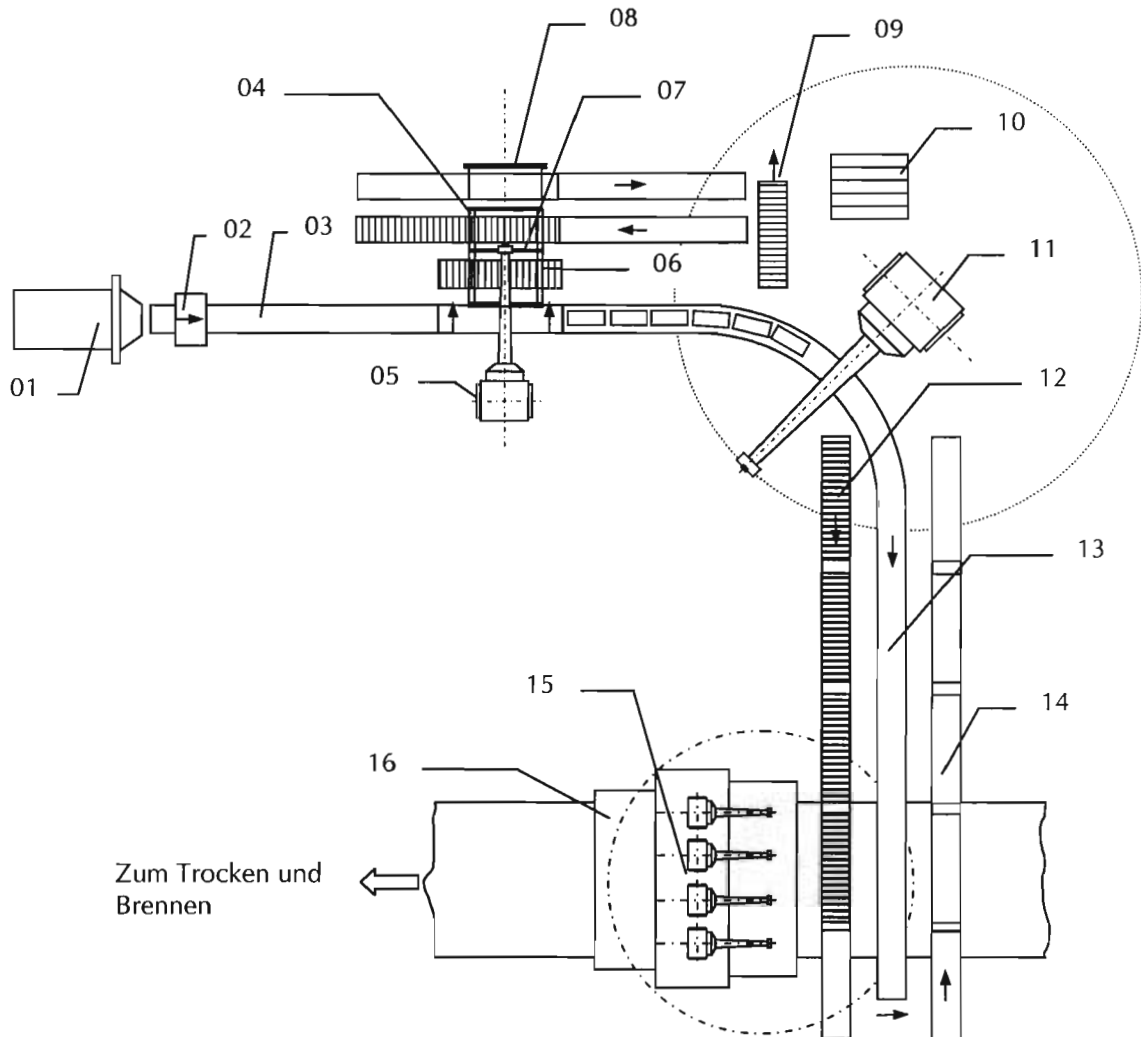
Grundsätzlich wurde festgestellt, daß die erforderliche Positioniergenauigkeit der Greif- und Setzroboter bei der Planung nicht ausreichend berücksichtigt worden war. Aufgrund der geforderten engen Toleranzen beeinflussen sich diese Einrichtungen gegenseitig. Erschwerend wirkt sich die geforderte Sortenvielfalt unserer Produktion aus, die zu unterschiedlichen Produktionsstückzahlen, Gewichten und Abmessungen führt. Ferner mußten sämtliche Greifeinrichtungen mit höherer Sensibilität ausgestattet werden, um die labilen Formteile beim Handling nicht zu verformen. Diese Forderungen konnten meist softwareseitig gelöst werden, erforderten jedoch einen

enormen Aufwand an zusätzlicher Programmierarbeit. Außerdem waren die Greifeinrichtungen zu verbessern.

In der 15. Kalenderwoche (09. bis 12. April 2001) wurde versuchsweise ein Trockenlauf der gesamten Anlage (d.h. ohne Tonmassen) durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, daß einige Hub-, Senk- und Fördereinrichtungen nachgerüstet werden mußten. Am 19.04. und 20.04.2001 war ein erneuter Probelauf mit Tonmassen vorgesehen. Dieser Probelauf ergab, daß weitere Software - Anpassungen vorgenommen werden mußten, um den Ablauf der einzelnen Stationen auf einander abzustimmen. Es mußte daher weiterer Programmieraufwand betrieben werden.

3.1.3 Darstellung der tatsächlich erzielten Ergebnisse

Die entwickelte Produktionsanlage ist schematisch in der folgenden Skizze dargestellt.



Zum Trocken und Brennen

Abbildung 18: Fließbild der kompletten Fertigungsanlage

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 01 = Strangpresse bzw. Preßkopf | 09 = Abfallband |
| 02 = Batzenschneider | 10 = Hilfsrahmen-Stapel |
| 03 = Benarungsband | 11 = Umsetzroboter |
| 04 = Stapelgreifer mit Aufschichtung | 12 = Formlings-Bereitstellungsband |
| 05 = Batzen-Einlegeroboter | 13 = Schwindplatten-Bereitstellungsband |
| 06 = Mehrfachdrahtabschneider | 14 = Hilfsrahmen-Bereitstellungsband |
| 07 = Formlingsumsetzgreifer | 15 = Setzroboter |
| 08 = Richtvorrichtung | 16 = Tunnelofenwaggon |

Die Preßmasse tritt aus der Strangpresse 01 als Winkelstrang aus und wird von einer speziellen Plattenkette aufgefangen. Nächster Arbeitsgang ist das Schneiden des Tonstranges in Batzen mit einer Länge von 500 mm (Pos. 02). Es folgt

die Benarbung und Besandung, um die gewünschten dekorativen Oberflächen zu erzielen (Pos.03). Danach wird der Batzen vom Batzen-Einlegeroboter 05 zum Mehrfachdrahtabschneider 06 gefördert, wo er auf Riemchenbreite geschnitten wird. Der Formlingsumsetzgreifer 07 schichtet die Riemchen je nach Riemchenstärke vier- bis 13-fach auf den Hilfsrahmen. Die Richtvorrichtung 08 ist in der folgenden Abbildung genauer dargestellt.

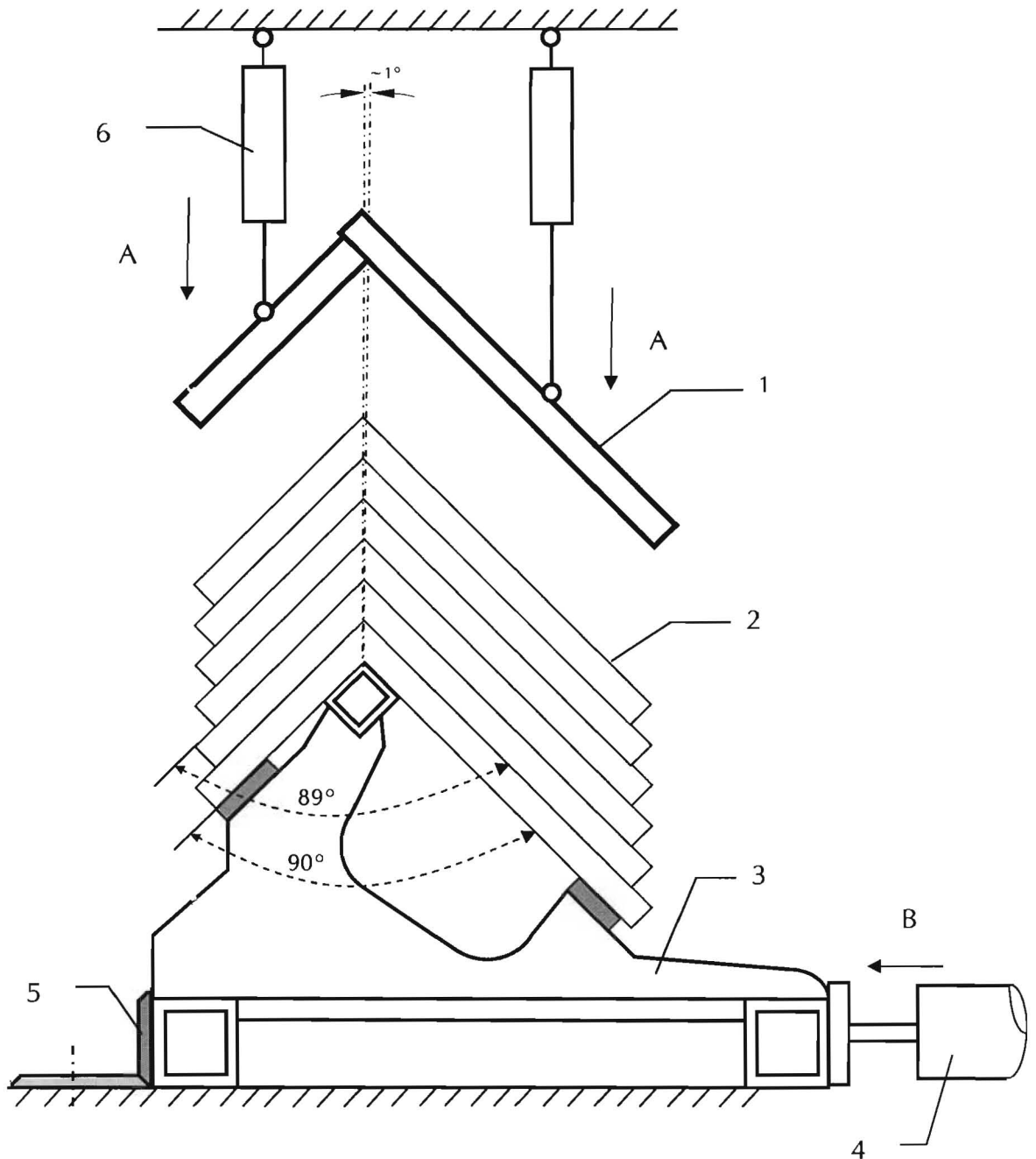


Abbildung 19: Detaillierte Darstellung der Richtvorrichtung Pos.08 aus Abb.18

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 = Druckzylinder zum Richten | 4 = Druckzylinder zur Positionierung des Hilfsrahmens |
| 2 = Winkelriemchen | 5 = Anschlag mit Klammereinrichtung |
| 3 = Hilfsrahmen | 6 = Gegenhalter während des Richtvorgangs |

Die Abbildung 19 zeigt die Winkelabweichung mit zunehmender Schichthöhe. Deshalb werden nach dem Schneiden je nach Stärke nur je 4 bis 13 Riemchen übereinander geschichtet und mit der Richtvorrichtung 08/Abb.18 nachgerichtet. Nicht maßhaltige Winkelriemchen werden über das Abfallband 09/Abb.18 entfernt und gehen in die Materialaufbereitung zurück. Die geschnittenen Formlinge sind sehr labil und werden deshalb anschließend vom Umsetzroboter 11/Abb.18 in Hilfsrahmen auf das Formlings-Bereitstellungsband 12/Abb.18 gesetzt und zur thermischen Bearbeitung transportiert. Die Hilfsrahmen werden auf dem Hilfsrahmen-Bereitstellungsband 14/Abb.18 zugeführt. Parallel dazu werden Schwindplatten auf Band 13/Abb.18 bereitgestellt. An der Beladestation der Ofenwagen 16/Abb.18 werden die Formlinge von 4 Setzrobotern 15/Abb.18 übernommen und unter Zwischenlage von Schwindplatten auf den Ofenwagen positioniert.

3.2 Diskussion der Ergebnisse

Inzwischen ist die Entwicklung soweit fortgeschritten, daß etwa 15 verschiedene Ausführungen der Winkelriemchen auf der neu entwickelten Anlage hergestellt werden können. Der gewaltige Fortschritt in der Winkelriemchenherstellung, der mit der neuen Anlage erreicht wird, ergibt sich aus der nächsten Abbildung:

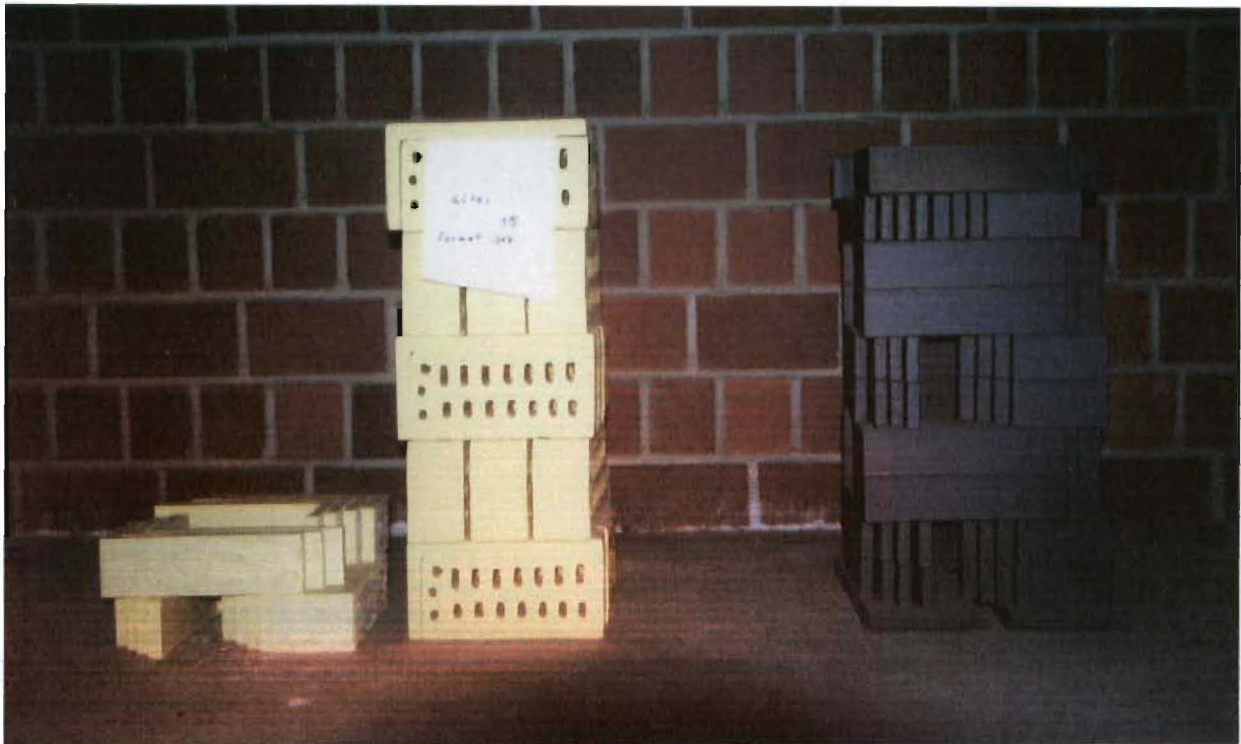


Abbildung 20: Produktionsvergleich konventionelles Verfahren mit Trägerstein zum neu entwickelten Produktionsverfahren für Winkelriemchen

In Bildmitte ist ein in Ofenhöhe geschichteter Turm (Höhe 620 mm naß) aus der konventionellen Fertigung der Winkelriemchen mit Vollsteinen (vergl. Abbildung 1) zu erkennen. Daraus ergeben sich nur 14 Winkelriemchen (57 mm breit), der Rest (> 85 %) ist Ausschuß. Auf der linken Seite ist die dieser konventionellen Fertigung etwa entsprechende Winkel - Riemchenzahl (16 Stück), gefertigt nach der neu entwickelten Methode, aufgeschichtet. Auf der rechten Seite ist ein ebenfalls in Ofenhöhe geschichteter Turm aus Winkelriemchen der neuen Produktionsmethode zu erkennen, der jetzt, bei gleichem Volumen, wie bei dem Produktionsverfahren mit Vollstein, aber 80 Winkelriemchen enthält.

Ein weiterer Vorteil der neuen Produktionsmethode besteht darin, daß die Farbgebung der Winkelriemchen beim Brennen besser beherrschbar ist. Man arbeitet im Brennofen mit der sogenannten Reduktion, das heißt man reduziert den Sauerstoffgehalt kurzzeitig unter den stöchiometrischen Bedarf und erhält dadurch je nach Grundmaterial dunkelbraun bis rötlich verlaufende Farbtöne im gesamten

Brenngut. Dies war bei der Produktionsmethode mit Vollsteinen in diesem Umfang nicht möglich, da die Luftumspülung der Werkstücke nicht im gleichen Maß zustande kam.

Bei dem großen technischen Umfang des Vorhabens war zu erwarten, daß noch einige Änderungen und Verbesserungen erforderlich sind:

Die Vergrößerung der Riemchenoberfläche durch Sanden und Benarben und der dazu erforderliche Druck führen zur einseitigen Verlängern und Richtungsabweichung des Stranges. Dabei spielt auch die Präzision der Benabungsrollen eine große Rolle. Neben der Beschaffung sehr präziser, genau rechtwinklig zum Strang laufender Benabungsrollen ist deshalb auch geplant, die Unterseite der Winkelriemchen noch stärker zu profilieren (vergleiche Abbildung 9).

Der Schamotteanteil in den Riemchen liegt derzeit bei 5 %. Er sollte noch reduziert werden, da die Standzeit wichtiger Maschinenelemente durch die abrasive Wirkung der Schamotte verkürzt wird.

Bei der Produktion glatter, unbesandeter Winkelriemchen werden bisher ~ 50% der möglichen Produktionsleistung erreicht, dies entspricht etwa einer Stranggeschwindigkeit von 8 m/min. Angestrebt wird eine Produktionsgeschwindigkeit von bis zu 20 m/min, was nach weiteren Anpassungen und Verbesserungen erreichbar scheint.

3.3 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse

3.3.1 Ökologische Bewertung

Bisher entstanden bei der konventionellen Produktion von 1 500 t/a Winkelriemchen durch die erforderlichen Trägersteine jährlich etwa 8 800 t Ziegelbruch. Dieser Aufwand an Material, Wasser und Energie entfällt aufgrund der durchgeführten Verfahrensentwicklung bis auf ~ 500 t, die für die Schwindplatten benötigt werden. Die ökologisch relevanten Einsparungen berechnen sich wie unten angegeben.

Insgesamt waren bisher für die Produktion von 8 800 t gebranntem Material für die Trägersteine etwa 9 300 t Rohton mit Naturfeuchte (~ 5% Wasser) erforderlich. Diese Menge kann bis auf einen Anteil von etwa 5% für die Schwindplatten entfallen. Es werden somit für die gleiche Menge an Winkelriemchen rund 9 000 Tonnen Ton weniger benötigt, die zu folgender Einsparung führen (es wird eine Materialmischung aus etwa 1/3 Westerwälder Ton und 2/3 Ton aus der eigenen Werksgrube verwendet):

1. Transporte für Tonbeschaffung; Verbrauch an Dieselöl pro Jahr

Transporte Westerwald 3 000 t/a Ton	Nutzlast 26 t = 115 Fuhren Entfernung 225 km einfach ergibt insgesamt 51.750 km/a	Treibstoffverbrauch (Diesel) 38 l/100 km; entsprechender Verbrauch 19.665 l/a
--	--	---

Transporte Werksgrube 6 000 t/a Ton	Nutzlast 26 t = 231 Fuhren Entfernung 33 km einfach ergibt insgesamt 15.246 km/a	Treibstoffverbrauch (Diesel) 38 l/100 km; 5.793 l/a
--	---	--

2. Tonabbau; Verbrauch Diesel- und Schmieröl pro Jahr

9.000 t/a Ton	Verbr. 2 Radlader: 1,182 l/t Verbrauch Raupe: 0,591 l/t Verbrauch Schmieröl 25 l je Maschine alle 150 Betr.-Std	Treibstoffverbrauch (Diesel) 15.957 l/a Schmierölverbrauch: 950 l/a
---------------	--	--

3. Zugabe Anmachwasser 18%

9 000 t/a Ton naturfeucht	Zugabe 15 %; Gesamtge- wicht dann: 10.350 t	Wasserverbrauch: 1.350.000 l/a
------------------------------	--	--

4. Aufbereitung, Fördertechnik, Presse; Verbrauch elektrische Energie

10 350 t/a mit Anmachwasser	Jährl. Verbrauch: 1 600 MWh; davon 82,5 % für Trägerstein	Verbrauch elektr. Energie: 1.320 MWh/a
--------------------------------	---	--

5. Trockner und Brennofen; Verbrauch elektrische Energie

10 350 t/a Verbrauch für Trägerstein
 mit Anmachwasser 207 MWh Verbrauch elektr. Energie:
207 MWh/a

6. Trockner und Brennofen; Verbrauch Erdgas

8 300 t/a Verbrauch 60 m³/t = Verbrauch Erdgas:
 Gebranntes Material = 593,76 kWh/t **4.928 MWh/a**

7. Brecher zur Zerkleinerung der Trägersteine; Verbrauch elektr. Energie

8 300 t/a Verbrauch 38,00 kWh/t Verbrauch elektr. Energie:
 Gebranntes Material **315 MWh/a**

Die erreichte jährliche Umweltentlastung durch Wegfall des Trägersteines ist in untenstehender Tafel zusammengestellt:

Pos.	Arbeitsgang	Jährl. Energieeinsparung	Jährl. Einsparung in MWh	Jährl. CO ₂ -Vermeidung in t
1	Tontransporte	25.458 l Dieselöl	249,23	72,072 ¹⁾
2	Tonabbau	15.957 l Dieselöl	156,22	45,174 ¹⁾
4	Aufbereitung		1.320,00	264,000 ²⁾
5	Elektr. Energie Brennen		207,00	41,400 ²⁾
6	Erdgas Brennen	498.000 m ³ Erdg.	5.917,81	1.065,206 ³⁾
7	Elektr. Energie Brecher		315,00	1.067,400 ²⁾
	Summen		8.165,26	2.555,252

Verwendete Umrechnungsfaktoren:

¹⁾: bei Verbrennung von 1 l Dieselöl werden 2,831 kg CO₂ freigesetzt

²⁾: für die Erzeugung elektr. Energie wird mit 0,2 kg CO₂ je kWh gerechnet

³⁾: bei Verbrennung von Erdgas werden 0,18 kg CO₂ je kWh freigesetzt.

Tafel 1: Zusammenstellung der möglichen, jährlichen Einsparung an Energie und CO₂ - Ausstoß durch das neue Produktionsverfahren

Zusätzlich werden jährlich 1 350 m³ Wasser, 9 000 t Ton und 950 l Schmieröl eingespart. Die zu Beginn des Vorhabens vorgegebenen Ziele hinsichtlich der Reduzierung von Umweltbelastungen werden also in vollem Umfang erreicht.

3.3.2 ökonomische Betrachtung

Die Realisierung der angeführten ökologischen Entlastungen durch Wegfall des Trägersteins führt zu einer jährlichen Einsparung von:

Pos.	Arbeitsgang	Bezugsgröße	Einsparung je Einheit	Summe DM
1	Ton Westerwald, Treibstoff	115 Fahren pro Jahr	10,52 DM/t	31.560,00
	Ton Westerwald, Material	3 000 t	33,00 DM/t	99.000,00
	Tontransp. v. Werksgrube	231 Fahren pro Jahr	1,54 DM/t	9.240,00
2	Tonabbau	15 957 l Diesel/a	1,60 DM/l	25.531,20
		950 l Schmieröl/a	5,00 DM/l	4.750,00
3	Anmachwasser	1 620 m ³ /a	2,20 DM/m ³	3.564,00
4	Aufbereitung	1 320 MWh/a	0,26 DM/kWh	343.200,00
5	Brennen, elektr. Energie	175 MWh/a	0,26 DM/kWh	45.500,00
6	Brennen, Erdgas	5344 MWh/a	0,05 DM/kWh	267.200,00
7	Brechen Trägersteine	323 MWh/a	0,26 DM/kWh	84.500,00
	Summe			914.045,20

Tafel 2: Zusammenstellung der möglichen Kosteneinsparungen pro Jahr

Dieser Einsparung von 914 045,- DM/a sind die Entwicklungs- und Investitionskosten in Höhe von 6 925 155,- DM, gerechnet mit einer Nutzungsdauer von 7 Jahren = 989.307,86 DM pro Jahr gegenüber zu stellen. Es verbleibt ein Verlust von 75.262,86 DM/a. Nur wenn man die Zuwendung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Höhe von 1 250 000,- DM abrechnet, verbleiben die bisherigen Entwicklungs- und Investitionskosten in Höhe von 5.675.155,00 DM, bzw. bei einer Nutzungsdauer von 7 Jahren die vergleichbaren jährlichen Abschreibungen von 810.736,43 DM/a. unter der erreichten Kostensenkung. Hierzu sind allerdings Zins- bzw. Kapitalkosten und die noch ausstehenden, weiteren Anpassungskosten für die restlichen Ausführungen der Winkelriemchen zu addieren.

Diese Betrachtung zeigt, daß es dringend erforderlich ist, schnellstmöglich sämtliche Ausführungen der Winkelriemchen auf das neue Produktionsverfahren umzustellen und gleichzeitig eine Produktionssteigerung um etwa 25 % durchzuführen. Der entsprechende Absatz sollte angesichts der anstehenden Verschärfung der WärmeschutzVO und der steigenden Energiepreise mittelfristig erreicht werden, da die Klinkersysteme zu 60% für Renovationen in Zusammenhang mit Wärmedämm - Verbundsystemen (WDV) eingesetzt werden.

3.4 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Für die Verbreitung der Entwicklungsergebnisse sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Kunden- und Architekten - Informationen,
- Architektenmappen,
- Displays,
- Werbemaßnahmen über Elementhersteller,
- Veröffentlichungen in Bauzeitschriften.

Außerdem kann in Zusammenarbeit mit der DBU möglicherweise ein längerer Videofilm über die Verfahrensentwicklung und die Produktion der Winkelriemen gedreht werden, der den Dritten Fernsehprogrammen und anderen interessierten Stellen zur Veröffentlichung angeboten werden soll.

4.0 Fazit

Vorhabensergebnis ist die Entwicklung einer Verfahrenstechnik zur Herstellung von Winkelriemchen mittels Strangpressen ohne Verwendung des bisher erforderlichen Trägersteins. Daraus ergeben sich große ökologische und ökonomische Vorteile, weil bei gleicher Produktionsleistung der Material- und Energieverbrauch sowie die erforderliche Transportleistung zur Materialbereitstellung um bis zu 85 % reduziert werden konnten. Um dieses Ziel zu erreichen wurden

- neuartige Preßköpfe und Mundstücke zur Formgebung des Tonstranges mittels FEM-Berechnung und Simulation entwickelt,
- eine neuartige Verfahrenstechnik zum Fördern und Bearbeiten der vor dem Brennen noch äußerst labilen Winkelriemchen entwickelt, die durch die weitgehende Verwendung von automatischen, rechnergesteuerten Greif- und Transportvorrichtungen (Robotern) gekennzeichnet ist, die in dieser Form und Umfang sicher erstmalig in der Grobkeramik eingesetzt werden,
- die Brenntechnik durch spezielle Setzarten der Formlinge weiter verbessert wurde,
- die gesamte Produktionstechnik in ein internes Kommunikationsnetz (Intranet) eingebunden wird, um jeden Arbeitsgang zu überwachen und zu beeinflussen sowie jederzeit Qualitätsnachweise führen zu können.

Das Angebot an Riemchen umfaßt etwa 100 verschiedene Ausführungen. Sie unterscheiden sich in Breite, Stärke (17 und 9 mm), Oberfläche (genarbt, gesandet, glatt) und in der Farbe (von annähernd weiß über rötliche verlaufende Farbtöne bis dunkelbraun). Von dieser Vielzahl wurde bisher die Fertigung von 15 Ausführungen erprobt. Für alle weiteren Ausführungen des Angebots müssen die produktionstechnischen Daten noch ermittelt werden. Ferner muß die erreichte Produktionsgeschwindigkeit von etwa 8 m/min noch weiter bis auf etwa 20 m/min erhöht werden.

Darüber hinaus wird durch die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens ein neuer Stand der Technik in der Herstellung unsymmetrischer Keramikprofile durch Strangpressen geschaffen. So könnte das Vorhaben z.B. den Anstoß dazu geben, winkelförmige Klinkersteine oder porosierte, winkelförmige Ziegel herzustellen. Dadurch würden saubere Ecken entstehen und die Vorfertigung von Mauerwerkstafeln mittels Setzmaschinen aus Klinker- oder Ziegelsteinen erleichtert werden. Porosierte Winkelziegel könnten zudem die Wärmedämmung im Eckbereich der Bauten verbessern.

5.0 Literaturverzeichnis

- [1] Horst Kuchling; Taschenbuch der Physik
Verlag Harri Deutsch Thun und Frankfurt/Main
- [2] Prof. Dipl.-Ing. Friedrich Rügge (Herausgeber);
Die Formgebung auf Strangpressen (ab Seite 237)
Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1975 ; Bauverlag Wiesbaden und Berlin;
- [3] Dr.-Ing. C.O. Pels Leusden;
Die Bedeutung der Materialströmung in der Schneckenpresse für die
Formgebung
Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1969; S. 190 – 216
- [4] H.Buggisch, W. Hoffmann, S. Huth, B. Maar, G. Wittum
Preßwerkzeug-Simulations-Modell
Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Bau- und Baustoffmaschinen,
Frankfurt a. M., November 1997, Heft Nr. 11

Anhang

Prospekt über die angebotenen Klinkerriemchen der Firma
Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co KG.

Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co KG
Bad Laer

**"Weiterentwicklung eines Verfahrens zur
Herstellung von Winkelriemchen ohne
Trägerstein für die Produktion von Dünnbett-
Winkelriemchen"**

Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter AZ 16574/02 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Karl-Heinz Thele, BL und Dipl.-Ing.(FH) Theo Mager

August 2003

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	16574/02	Referat	21/0	Fördersumme	122.895,00 €
Antragstitel	Entwicklung eines Energie sparenden Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein; Weiterentwicklung für die Produktion von Dünnbett-Winkelriemchen				
Stichworte	Verfahren; Bau Emission; Branche; Energie; Gebäude; Ressource; Stein				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
15 Monate	01.04.2002	30.06.2003	2		
Zwischenberichte:	alle 6 Monate Kurzbericht				
Bewilligungsempfänger	Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co. KG Remseder Str. 11 49196 Bad Laer			Tel	05424/2920-0
				Fax	05424/2920-129
				Projektleitung Karl Heinz Thele	
				Bearbeiter Theo Mager	
Kooperationspartner	keine				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
Zuvor war ein energie- und materialsparendes Verfahren zur Herstellung von 18 mm starken Winkelriemchen <u>ohne</u> Trägerstein entwickelt worden. Zur Vervollständigung soll dieses Verfahren jetzt auf die Produktion 9 mm starker Winkelriemchen (Dünnbettriemchen) mit beliebig strukturierter Oberfläche übertragen werden. Außerdem soll versucht werden die Schwindplatten, die noch zwischen Ofenwagen und der ersten Lage der aufgesetzten Winkelriemchen verwendet werden müssen, durch Flachriemchen zu ersetzen. Dadurch könnte weiteres Material, sowie Energie zum Trocknen und Brennen der Winkelriemchen eingespart werden.					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
Um die angeführten Ziele zu erreichen, sind folgende Arbeitsschritte (AS) vorgesehen:					
1. Beseitigung des Verzugs der 9 mm starken Winkelriemchen während der Trocknung durch Rezepturänderung der Materialmischung;					
2. Beseitigung des erhöhten Staubanfalles beim Verpressen und Besanden durch moderne Luftabsaugung mit Feinfiltrierung;					
3. Änderung der Steigung der Extruderschnecke um höhere Formlingsdichten zu erzielen und Einbau zusätzliche Führungsrollen zur Verbesserung der Oberflächenbenarbeitung;					
4. Verbesserung von Transporteinrichtungen, Sensibilisierung der Greifer der Setzroboter und Ausbau der Signalübertragung;					
5. Anpassung von Schäleinrichtung, Schneidtisch und Roboter zum Einlegen der Batzen an die labilen Dünnbettriemchen, sowie Ausbau der Abfallentsorgungsbahn für überschüssigen Ton;					
6. Entwicklung der Setztechnik zum Stapeln der Winkelriemchen auf den Ofenwagen, sowie der Trocknungs- und Brennkurven;					
7. Erprobung der Produktion sämtlicher nachgefragten Ausführungen der Winkelriemchen;					
8. Abschluss des Vorhabens einschließlich der Berichterstattung und der Verbreitung der Vorhabensergebnisse					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190					

Ergebnisse und Diskussion

Während der Vorhabensdauer konnten noch nicht alle Dünnbettriemchen – insgesamt werden über 30 verschiedene Ausführungen benötigt - auf das neue Produktionsverfahren umgestellt werden. Trotzdem bestärken die bisher erzielten Ergebnisse die Gewissheit, mit der beschriebenen Verfahrensentwicklung auf dem richtigen Weg zu sein. Auch die Reaktion der Kunden ist durchaus positiv. Sie schätzen die höhere Winkelgenauigkeit der Winkelriemchen, die aufgrund der neu eingeführten, maschinellen Setzweisen der Riemchen am Bau und im Fertigbau benötigt werden.

Um diesen Ansprüchen auf Dauer zu entsprechen, müssen die Fertigungsdaten für alle gefertigten Ausführungen der Winkelriemchen gesondert festgelegt werden. Dies sind:

Rezepturen für die Pressmassen,
Verfahrensweisen für die Formgebung,
Oberflächenbehandlung und Fördertechnik,
Setzarten, Steuerung der Setzroboter,
Verfahrgeschwindigkeiten und Temperaturverläufe beim Trocken- und Brennprozess.

Diese Datenmenge soll in einer Datenbank organisiert werden. Es wird angestrebt, bei Fertigung einer bestimmten Ausführung der Winkelriemchen eine automatische Programmierung der relevanten Fertigungseinrichtungen aufgrund der Datenbank zu erreichen. Diese konsequente Verknüpfung des Informationsflusses mit der Fertigung dürfte in der gesamten Keramik- und Ziegelindustrie einmalig sein.

Der Entwicklungsprozess für die einzelnen Fertigungsschritte war sehr langwierig, weil die zahlreichen Änderungen bei der Formgebung, bei der Oberflächenbehandlung und bei der Fördertechnik jeweils umfangreiche maschinentechnische Änderungen erforderten. Die Lieferfristen zogen sich oft quälend in die Länge. Das Gleiche gilt für die Änderungen der Steuerungssoftware, die jeweils ausführlich auf Fehlerfreiheit getestet werden musste.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Verfahren wurde durch breit gestreute Druckerzeugnisse bekannt gegeben. Außerdem wurden entsprechende Informationen durch Veröffentlichungen in Tageszeitungen sowie im Internet verbreitet. Ferner wurde die neuartige Fertigungstechnik im März 2003 einer Gruppe polnischer Stipendiaten vorgeführt, die auf Einladung der DBU in Deutschland weilten. Präsentation und Werksbesichtigung fanden großen Anklang.

Die Klinkerriemchen einschließlich der Winkelriemchen sind im Internet unter der Adresse www.feldhaus-klinker.de ausführlich beschrieben. Alle Ausführungen können nach Farbe und Oberfläche sortiert einzeln abgerufen werden.

Zusätzlich weisen Baustoffhändler im Internet auf die Feldhaus-Produkte hin. Die betreffenden Seiten können unter den Stichworten "Winkelriemchen" und "Feldhaus" aufgerufen werden.

Fazit

Im vorhergehenden Entwicklungsvorhaben wurde eine Verfahrenstechnik entwickelt, um Winkelriemchen mit einer Stärke von 18 mm ohne Trägerstein herzustellen. Ziel des Anschlussvorhabens war der Übertrag des Verfahrens auf die Produktion von 9 mm starken Winkelriemchen. Aufgrund der äußerst labilen Werkstücke mussten erhebliche Änderungen und Ergänzungen am Verfahren vorgenommen werden, wie Entwicklung neuer Presskopf-Einlagen und Vorsatzplatten, Umbau der Extruderpresse, um eine höhere Schubkraft am Strangaustritt und damit eine höhere Dichte der Formlinge zu erzeugen. Neue Materialzusammensetzungen waren erforderlich, die Oberflächenbehandlung der dünnen Riemchen musste verbessert werden, Das Setzen der Riemchen auf die Ofenwagen und die Trocken- und Brenntechnik mussten erheblich geändert werden.

Durch den Wegfall des bisher notwendigen Trägersteins zur Herstellung von Winkelriemchen, wird eine erhebliche Energie- und Materialeinsparung erzielt. Die ökologischen Ziele wurden somit erreicht.

Die technologische Bewertung ergibt, daß mit dem Vorhaben ein neuer technischer Stand der keramischen Industrie in Formgebung, Fördertechnik und Trocken- und Brenntechnik erreicht wurde.

Die Entwicklungs- und Investitionskosten waren rel. hoch. Deshalb kann die Amortisation erst mittelfristig erreicht werden, Ohne die Zuwendung der DBU ergäbe sich hier eine negative Bewertung.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Bilder, Zeichnungen und Grafiken	02
Verzeichnis der Tabellen.....	03
Verzeichnis der Begriffe, Abkürzungen und Definitionen.....	04
1.0 Zusammenfassung.....	05
2.0 Einleitung.....	06
3.0 Hauptteil.....	11
3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte, der angewandten Methoden und der tatsächlich erzielten Ergebnisse.....	11
3.1.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte.....	11
3.1.2 Darstellung der angewandten Methoden	13
3.1.3 Darstellung der tatsächlich erzielten Ergebnisse	31
3.2 Diskussion der Ergebnisse	32
3.3 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse	34
3.3.1 Ökologische Bewertung	34
3.3.2 technologische Bewertung.....	37
3.3.2 ökonomische Betrachtung	38
3.4 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse.....	39
4.0 Fazit	40
5.0 Literaturverzeichnis.....	41

Verzeichnis der Bilder, Zeichnungen und Grafiken

Abbildg. 1	Seite 7	=	Kantenverkleidung durch Winkelriemchen
Abbildg. 2	Seite 8	=	Konventionelle Herstellung von Winkelriemchen
Abbildg. 3	Seite 9	=	Fließbild der bereits entwickelten Fertigungsanlage
Abbildg. 4	Seite 13	=	Aus dem Extruder auslaufender Winkelstrang
Abbildg. 5	Seite 14	=	Schnitt durch einen Presskopf
Abbildg. 6	Seite 15	=	Vorsetzplatte
Abbildg. 7	Seite 16	=	Niederhalter gegen Verzug beim Batzenschnitt
Abbildg. 8	Seite 16	=	Abstützung des freien Schenkels
Abbildg. 9	Seite 17	=	Richten der Winkelschenkel durch Schneidwalze
Abbildg. 10	Seite 18	=	Eingang der Benarbeitungsstation
Abbildg. 11	Seite 19	=	Zuführung der Winkelriemchen zu den vier Setzrobotern
Abbildg. 12	Seite 20	=	Abgriff der Winkelriemchen durch die Setzroboter
Abbildg. 13	Seite 21	=	Besatzart mit doppelt gekreuzten Winkelriemchen
Abbildg. 14	Seite 22	=	Schüsselung der Riemchen durch die Besatzart
Abbildg. 15	Seite 23	=	Neues Gruppierungsschema für die Setzroboter
Abbildg. 16	Seite 24	=	Neue Besatzart mit einfach gekreuzten Winkelriemchen
Abbildg. 17	Seite 25	=	Neue Besatzart der Dünnbettwinkelriemchen mit Abstand zum Ofenwagen
Abbildg. 18	Seite 27	=	Trocknerkurve für Dünnbett - Winkelriemchen
Abbildg. 19	Seite 29	=	Bildschirmmaske zur Überwachung des Trockenofens
Abbildg. 20	Seite 30	=	Brennkurve für Dünnbett - Winkelriemchen
Abbildg. 21	Seite 32	=	Blick in die Fertigungshalle für Winkelriemchen

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Seite 23	= Datensatz zum Setzschema eines Dünnbett - Winkelriemchens
Tabelle 2	Seite 36	= Zusammenstellung der möglichen, jährlichen Einsparung an Energie und CO ₂ - Ausstoß durch das neue Produktionsverfahren
Tabelle 3	Seite 38	= Zusammenstellung der möglichen Kosteneinsparungen pro Jahr

Verzeichnis der Begriffe, Abkürzungen und Definitionen

°C	= Grad Celsius
€/kWh	= Kosten in EURO je Kilowattstunde
€/t	= Kosten in EURO je Tonne
CO ₂	= Kohlendioxid
K/h	= Temperaturänderung in Kelvin pro Stunde in Trockner u. Brennofen
km/a	= jährliche Fahrleistung
kN	= 10 ³ Newton
kp	= Masseneinheit
l/100 km	= Treibstoffverbrauch auf 100 km
l/t	= mengenbezogener Treibstoffverbrauch von Abbaumaschinen
m/min	= Geschwindigkeit des erzeugten Tonstranges
mm	= Millimeter
MN	= 10 ⁶ Newton (~ 100 t)
MWh	= Megawattstunden
MWh/a	= Megawattstunden pro Jahr
N	= Newton = 1 kg m/s ² = 0,102 kp
OD	= Ofenraumdruck (Brennofen)
PTFE	= Polytetrafluoräthylen, Handelsname "Teflon"
PU	= Polyurethan
t	= Tonne (~ 10 ⁴ N)
t/a	= Tonnen pro Jahr
t/d	= Tonnen pro Tag
TOW	= Tunellofenwagen
TOW/d	= Tunellofenwagen pro Tag (Leistung des Brennofens)
TTW	= Tunelltrocknerwagen
TTW/d	= Tunelltrocknerwagen pro Tag (Leistung des Trockenofens)
WDV	= Wärme-Dämm-Verbund
WDVS	= Wärmedämmverbundsystem

"Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein für die Produktion von Dünnbett-Winkelriemchen"

1.0 Zusammenfassung

Zur Verklinkerung von Gebäuden werden neben flachen Riemchen in zahlreichen Ausführungen, die sich in Farbe, Stärke und Oberflächengestaltung unterscheiden, auch entsprechende Winkelriemchen in großen Mengen benötigt. Die Herstellung der Winkelriemchen war bisher sehr aufwendig, da sie im Extrusionsverfahren nur als Teil eines Vollsteins hergestellt werden konnten. Das bedeutet aber, daß die anhängenden Vollsteine und damit etwa 85 % dieser Produktion als Ausschuss anfallen. Dies stellt eine erhebliche Vergeudung an Energie und Material dar und sollte deshalb aus ökologischen und ökonomischen Gründen verbessert werden. Ein neues Produktionsverfahren für Winkelriemchen mittels Extruder war jedoch, trotz zahlreicher Versuche verschiedener Ziegelwerke, bisher nicht bekannt geworden.

Im vorangehenden Vorhaben

"Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein"

war deshalb ein Produktionsverfahren entwickelt worden, um die Winkelriemchen durch Extrudieren, ohne Trägerstein, herzustellen und dadurch den Energie- und Materialverbrauch entscheidend zu reduzieren. Diese Entwicklung betraf Winkelriemchen mit einer Stärke von 18 mm.

Bei der versuchsweisen Produktion von Dünnbett-Winkelriemchen, die eine Stärke von nur 9 mm aufweisen, zeigten sich aber noch verschiedene Probleme, die gelöst werden mussten, um die zuvor erarbeiteten ökologischen und ökonomischen Vorteile auch bei der Herstellung der Dünnbett-Winkelriemchen zu nutzen. Vor allem mussten Verzugserscheinungen beseitigt werden, die aufgrund der labilen Werkstücke wesentlich häufiger auftraten, als bei den zuvor erprobten 17 mm starken Winkelriemchen. Zusätzlich erhöhten die Kunden die Anforderungen an die Genauigkeit des Rechten Winkels. Nach DIN105 muß er mit einer Toleranz von $1,5^\circ$ eingehalten werden. Die Verblendung von Bauten erfolgt inzwischen jedoch auch durch maschinelle Setzweisen und damit wesentlich exakter als bei Handarbeit. Dies führt zu höheren Genauigkeitsansprüchen an die Rechtwinkligkeit der Winkelriemchen von < 1 , da sich Abweichungen am Bau durch eine Art Treppenbildung an den Kanten bemerkbar machen.

Im Vorhaben musste daher das gesamte Fertigungsverfahren überarbeitet werden. Um Winkelriemchen höherer Dichte zu extrudieren, wurden höhere

Schubkräfte der Presse benötigt. Die Vorsetzplatten und Mundstücke wurden ebenfalls neu gestaltet. Beim Trennen und Benarben der Dünnbett – Winkelriemchen entstand ein tonnenförmiger Verzug, der durch zusätzliche Niederhalter, Ritzen der Innenseite und einen Richtarbeitsgang beseitigt wurde.

Probleme bereitete die Setztechnik. Man versteht darunter das Setzen der Formlinge auf die Ofenwagen. Die Setzroboter mussten mit neuen Greifeinrichtungen ausgerüstet werden, um die fragilen Werkstücke schonend zu greifen. Auftretende Fliehkräfte durch die schnellen Bewegungen der Setzroboter führten ebenfalls zu Verformungen. Deren Beseitigung erforderte umfangreiche Programmierarbeiten. Schließlich wurde die Setzweise als Grund für weitere schüsselförmige Verformungen der Winkelriemchen erkannt, was die Entwicklung neuer Setzschemata mit abermaliger Änderung der Programmierung der Setzroboter erforderte.

Schließlich musste die thermische Bearbeitung verbessert werden, um Rissbildung zu vermeiden. Risse entstanden dadurch, daß die Strömungsverhältnisse der Warmluft im Trockenofen vom Besatzgewicht beeinflusst wurden. Diese waren aufgrund des geringeren Besatzes bei den Dünnbett-Winkelriemchen völlig anders, als bei den 18 mm starken Winkelriemchen. Parallel zur Verbesserung der Luftströmung um die Formlinge wurden auch Änderungen am Ofen-Prozessrechner für Trockner und Brennofen erforderlich. Erstmals in der Ziegelei-technik wurden die Verläufe der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit ermittelt, um daraus eine angepasste Feuerführung beim Brennprozess zu ermöglichen. Zusätzlich wurde versucht, eine psychrometrische (= von der Luftfeuchte abhängige) Temperaturdifferenzregelung für den Tunneltrockner zu entwickeln. Dazu wurde eine neue Feuerungsanlage für den Bereich der Kühlgrenztemperaturregelung eingebaut, sowie die erforderliche Software entwickelt. Die gewünschten Verbesserungen konnten nachgewiesen werden.

2.0 Einleitung

Die Fassaden von Wohn- und Geschäftshäusern werden entweder aus mineralischen Putzen, Kunstharz-Putzen oder zunehmend aus Vormauerschalen, meist als Verblendung, ausgeführt. Unter "Verblendung" wird eine aus verfugtem Ziegelmaterial bestehende Wandoberfläche verstanden, die aber auch auf Innenwänden für dekorative Aufgaben eingesetzt wird. Als Ziegelmaterial werden in der Regel Klinkerriemchen verwendet, die bei Neu- und Altbauten oft in Zusammenhang mit Wärmeschutzmaßnahmen eingesetzt werden. Man spricht dann von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS). Für diese Fassadenausführungen ist die Verwendung von Klinkerriemchen, insbesondere in Norddeutschland und im europäischen Ausland, weit verbreitet.

Zur relativ einfachen Verarbeitung dieser Klinkerriemchen schuf das Unternehmen das "Feldhaus Wohnwert-System". Es besteht aus einer Palette von Verarbeitungsmaterialien, wie Tiefengrund, Spezial-Leichtputz, Sicherheits- und Spezialklebern und speziellem Fugenmörtel, die optimal auf die Verlegung von Klinkerriemchen in Verbindung mit WDVS abgestimmt sind. Ferner gehören zum System Winkelriemchen, um auch Kanten und Ecken exakt zu verkleiden.

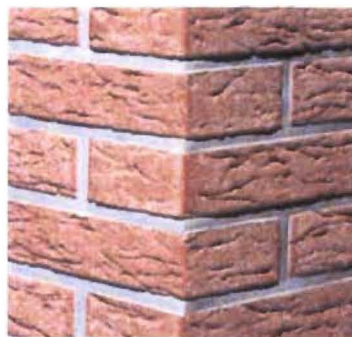


Abbildung 1: Kantenverkleidung durch Winkelriemchen

Um den vielfältigen Wünschen der Kunden nachzukommen, werden die Winkelriemchen entsprechend den linearen Riemen von der Firma Klinkerriemchenwerk Feldhaus GmbH & Co KG mit Stärke 17 mm in 100 Ausführungen und Stärke 9 mm in etwa 30 Varianten hergestellt.

Die Herstellung der Winkelriemchen war bisher sehr aufwendig, da sie gemäß Abbildung 2 im Extrusionsverfahren nur als Teil eines Vollsteins hergestellt werden konnten. Das bedeutete aber, daß die anhängenden Vollsteine und somit etwa 85 % dieser Produktion als Ausschuss anfielen. Dies stellte eine erhebliche

Vergeudung an Energie und Material dar und sollte deshalb aus ökologischen und ökonomischen Gründen verbessert werden. Ein Produktionsverfahren für spezielle Winkelriemchen mittels Extruder wurde jedoch, trotz zahlreicher Versuche verschiedener Ziegelwerke, nicht bekannt.

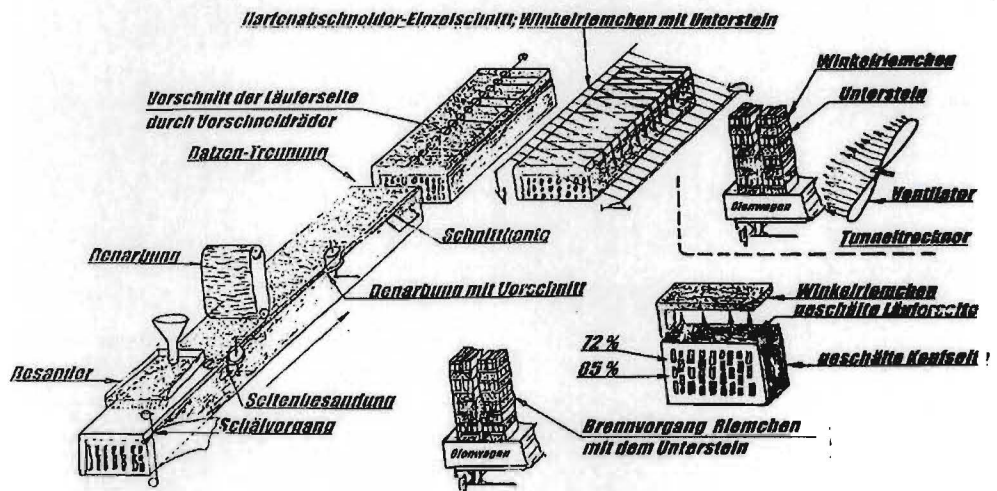


Abbildung 2: Konventionelle Herstellung von Winkelriemchen

Ziel des Vorhabens war deshalb die Entwicklung eines Produktionsverfahrens, um die Winkelriemchen durch Extrudieren, ohne Trägerstein, herzustellen und dadurch den Energie- und Materialverbrauch entscheidend zu reduzieren. In einem ersten Projekt wurde ein Produktionsverfahren entwickelt, um die Winkelriemchen durch Extrudieren ohne Trägerstein herzustellen. Diese Entwicklungsarbeiten sind im Bericht "Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen ohne Trägerstein" vom Dezember 2001 (DBU-Aktenzeichen 16574/01) beschrieben.

Das neue Produktionsverfahren ist schematisch in der nächsten Abbildung dargestellt.

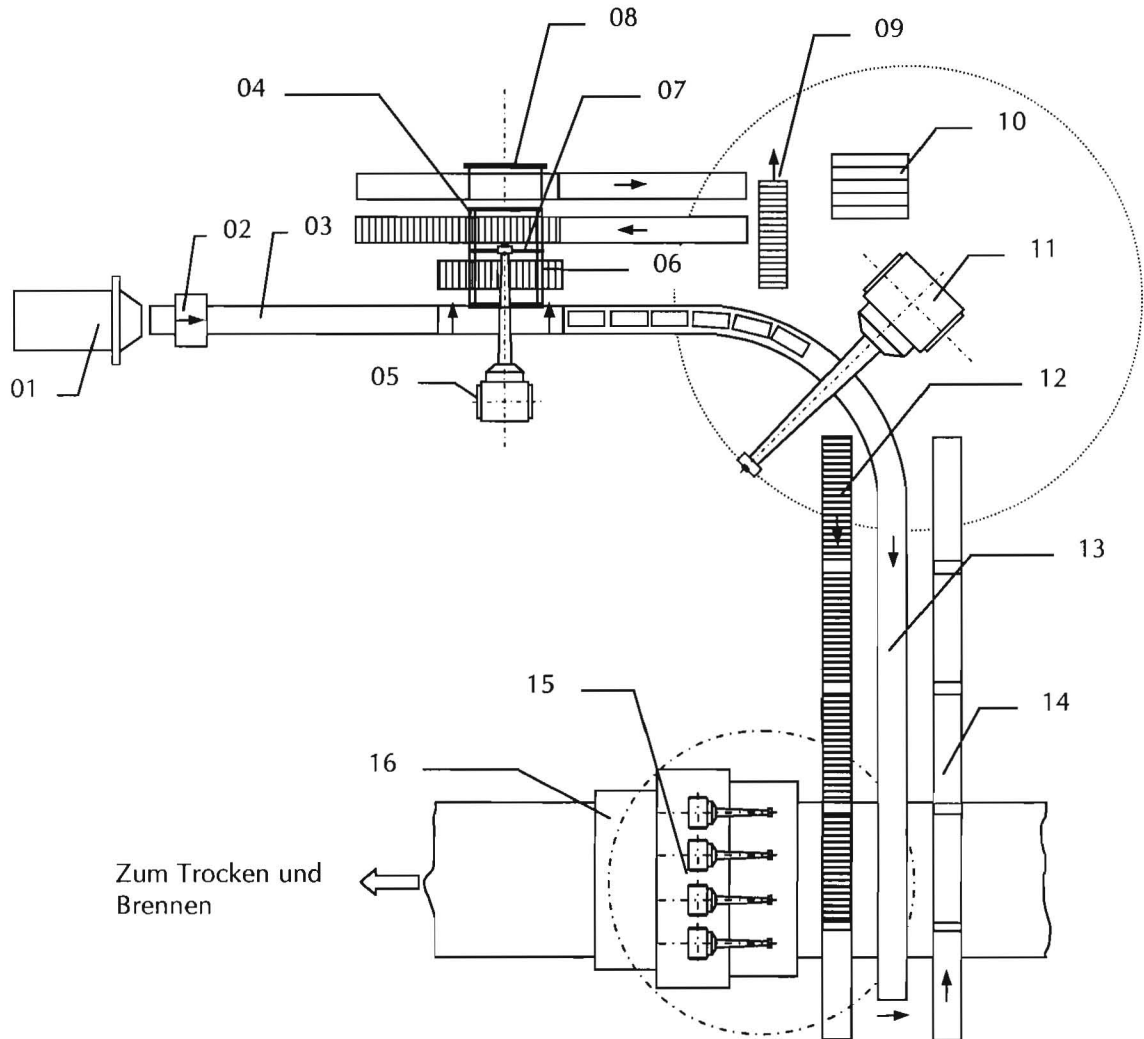


Abbildung 3: Fließbild der bereits entwickelten Fertigungsanlage

- | | |
|------------------------------------|---|
| 01 = Strangpresse bzw. Presskopf | 09 = Abfallband |
| 02 = Batzenschneider | 10 = Hilfsrahmen-Stapel |
| 03 = Benarungsband | 11 = Umsetzroboter |
| 04 = Stapelgreifer mit Aufsichtung | 12 = Formlings-Bereitstellungsband |
| 05 = Batzen-Einlegeroboter | 13 = Schwindplatten-Bereitstellungsband |
| 06 = Mehrfachdrahtabschneider | 14 = Hilfsrahmen-Bereitstellungsband |
| 07 = Formlingsumsetzgreifer | 15 = Setzroboter |
| 08 = Richtvorrichtung | 16 = Tunnelofenwagen |

In diesem ersten Vorhaben wurde erkannt, daß die Formgebung des Tonstrangs maßgeblich durch die Gestaltung des Presskopfes beeinflusst wird, der zusammen mit dem am Materialaustritt der Strangpresse befindlichen Mundstück oder Vorsetzplatte als Einheit angesehen werden muß. Deshalb wurde in diesem Bereich mit den Entwicklungsarbeiten begonnen. Zunächst wurden optimale Presskopf-Innenformen mittels FEM-Simulationsprogrammen auf dem PC entwickelt. Nachdem wichtige Erkenntnisse erarbeitet waren, wurden diese Presskopf - In-

nenformen mittels CNC-Technik aus Kunststoff hergestellt und dann als Negativ für das Ausfüllen des Presskopfes mit PU verwendet. Danach wurden Probeextrusionen durchgeführt. Dieser Vorgang wurde mehrfach wiederholt, bis der Tonstrang in Winkelform glatt und geradlinig aus dem Extruder auslief. Dadurch stehen optimale Presskopf - Innenformen jetzt als Meisterstücke zur Verfügung, von denen beliebig viele Presskopf-Ausfütterungen abgegossen werden können, wie sie für den laufenden Betrieb aufgrund der abrasiven Wirkung des Tons periodisch erforderlich sind.

Nachdem das Extrusionsverfahren feststand, wurden die weiteren Bearbeitungsverfahren für die Winkelriemchen entwickelt. Hier musste ein erheblicher Aufwand getrieben werden, da die Winkelriemchen vor dem Brennen außerordentlich labil sind. Schwierigkeiten bereitete insbesondere das Benarben und Besanden, das Schneiden des Tonstrangs in Batzen von 500 mm Länge und das anschließende Schneiden auf Winkelriemchen – Breite. Auch das Fördern der Formlinge bis zum Setzen auf die Ofenwagen erforderte neuartige Einrichtungen in Form von Förder- und Setzautomaten (im Folgenden als Roboter bezeichnet). Nach dem Schneiden und Richten werden die Formlinge unter Verwendung neu entwickelter Schwindplatten auf die Ofenwagen gesetzt. Es wurde eine ausgeklügelte Setzweise entwickelt, um die Formlinge im Brennofen allseits gleichmäßig von heißer Luft zu umspülen. Die Setzweise wird von vier parallel arbeitenden Setzrobotern realisiert.

Der Produktionsanlauf erwies sich als problematisch, da zunächst alle Transport- und Bearbeitungsstationen auf höchste Genauigkeit getrimmt und zeitlich aufeinander angepasst werden mussten. Da sämtliche Vorgänge rechnergesteuert ablaufen, war hierzu ein erheblicher Programmieraufwand erforderlich. Weitere Schwierigkeiten entstanden durch die zahlreichen Ausführungen an Riemchen hinsichtlich der Maße, der Farbe und der Oberflächengestaltung. Im ersten Projekt konnten die Ausführungen in 18 mm Stärke festgelegt und erprobt werden.

Bei der Produktion von Dünnbett – Winkelriemchen, die eine Stärke von nur 9 mm aufweisen, zeigten sich jedoch noch weitere Probleme, die gelöst werden mussten, um die technischen und ökologischen Ziele zu erreichen und eine reibungslose Produktion zu sichern. Im Einzelnen waren folgende Aufgaben zu lösen:

1. Beseitigung des Verzugs der Winkelriemchen während der Trocknung,
2. Beseitigung des erhöhten Staubanfalles beim Verpressen und Besanden,
3. Verbesserung der Oberflächenbenarbung,
4. Anpassen von Transport, Setzroboter, Sensorik und Signalübertragung,
5. Verbessern bzw. Fertigstellen folgender Anlagen: Schälleinrichtung, Schneidtisch, Roboter zum Einlegen der Batzen, Abfallentsorgungsbahn*),
6. Besatzänderung der Ofenwagen, u. a. Ersatz bzw. Verbesserung der Schwindplatten, Anpassung der Trocken- und Brenntechnik,
7. Anfahren und Erproben der neuen Produktionstechnik mit den Dünnbett-Winkelriemchen.

*) Abfall = Abschnitte überschüssigen Materials, die wieder verwendet werden.

3.0 Hauptteil

Ziel des Vorhabens war daher die Weiterentwicklung des Verfahrens zur Herstellung von Winkelriemchen in den verschiedenen Ausführungen, insbesondere von Winkelriemchen in einer Stärke von 9 mm (Dünnbetriemchen). Außerdem sollte versucht werden, die Schwindplatten, die jetzt als Unterlage unter den zum Trocknen und Brennen aufgesetzten Gruppierungen von Winkelriemchen dienen, zu ersetzen. Dadurch sollte weiteres Material eingespart und der Besatz der Ofenwagen erhöht werden.

3.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte, der angewandten Methoden und der tatsächlich erzielten Ergebnisse

3.1.1 Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte

AS 1: Beseitigung des Verzugs der Winkelriemchen während der Trocknung

Um Verzugserscheinungen zu unterbinden, muß eine Rezepturänderung durch Beimischung von Schieferton und weiterer Stoffe vorgenommen werden. Dies bedingt auch eine Änderung der Steigung der Schnecke im Extruder, um den Pressdruck zu erhöhen und dadurch Dichte und Druckfestigkeit der Rohlinge zu verbessern. Außerdem ist ein Zusatz von gemahlenem Ziegelbruch zu erproben. Dies erfordert als zusätzliche Anlagen:

- Silo,
- Dosierschnecke und
- Feinstdosierer für die Farben rot, weiß und gelb.

Diese Anlagen müssen konstruiert und gebaut werden. Aufgrund der geänderten Materialzusammensetzung müssen neue Mundstücke bzw. Vorsetzplatten entwickelt und hergestellt werden.

AS 2 : Beseitigung des erhöhten Staubanfalles beim Verpressen und Besanden

Wird die Produktionsgeschwindigkeit erhöht, so entsteht beim Verpressen und Besanden der Winkelriemchen ein erhöhter Staubanfall in der Produktionshalle. Dieser Staubanfall überschreitet den zulässigen Wert von 5 mg/m^3 . Es wird ein Staubanfall von $< 1 \text{ mg/m}^3$ angestrebt. Dies kann durch eine moderne Absaugung mit trockenem Feinfilter erreicht werden. Die beste Methode ist zu ermitteln.

AS 3: Verbesserung der Oberflächenbenarbung

Bei der Herstellung der Dünnbetriemchen gibt es große Probleme in der Besandungsanlage. Abhilfe soll durch ein zusätzliches Walzengestell der Firma Hagedorn, und durch zusätzliche Führungsrollen erreicht werden. Weitere positive Auswirkungen werden von der Änderung der Extruderschnecke (AS 1) erwartet.

AS 4: Verbesserung von Transport, Setzroboter und Signalübertragung

Der Transport und das Roboter-Handling der Dünnbett-Winkelriemchen erfordern Änderungen der Fördertechnik, da die labilen Rohlinge wesentlich empfindlicher sind, als die bisher eingerichteten 18 mm starken Riemchen. Ferner müssen die Greifer der Roboter noch weiter sensibilisiert werden. Zusätzlich müssen die Signalgeber (Lichttaster, Laserschranken, US-Sensoren) angepasst bzw. geändert werden.

AS 5: Verbessern bzw. Fertigstellen folgender Anlagen: Schäleinrichtung, Schneidtisch, Roboter zum Einlegen der Batzen, Abfallentsorgungsbahn

Die Schäleinrichtung muß angepasst und in Betrieb genommen werden. Am Schneidetisch müssen Führungsbleche und die Rahmenkonstruktion verstärkt werden. Evtl. muß die Heizung der Zuführplattenkette von der Presse bis zur Batzenabnahme verbessert werden, um ein Festkleben der Rohlinge bei Unterschreiten des Taupunktes zu vermeiden. Die Sensibilität des Roboters zum Einlegen der Batzen muß für die Dünnbettriemchen nochmals verbessert werden. Die Rutschen für die Abfallführung (abgeschnittene Tonstreifen, die wieder verwendet werden) müssen in Betrieb genommen werden.

AS 6: Entwicklung der Setztechnik und der Trocknungs- und Brennkurven

Für das Setzen der Dünnbett-Winkelriemchen auf die Ofenwagen soll versucht werden, die bisher verwendeten Schwindplatten durch bis zu drei Lagen flacher Riemchen zu ersetzen. Evtl. sind noch weitere Zwischenlagen erforderlich. Deshalb ist es besonders wichtig, daß diese Zwischenlagen durch verwendbare Produkte, nämlich die normalen flachen Riemchen, gebildet werden. Allerdings ist dazu eine weitere Produktionsabstimmung erforderlich, um stets die erforderlichen Stückzahlen zur Verfügung zu haben. Die Dünnbett-Winkelriemchen erfordern neue Trocknungs- und Brennkurven, die zu ermitteln sind. Aufgrund der geringen Masse und der höheren Stückzahlen dieser Produkte ergibt sich ein anderes Verhalten sowohl im Trockner, als auch im Brennofen. Deshalb können die Werte aus der Behandlung der 18 mm starken Winkelriemchen nicht übernommen werden, sondern bestenfalls als Anhaltswerte dienen.

AS 7: Erprobung der Produktion sämtlicher Winkelriemchen-Ausführungen

Nach den angeführten Arbeiten muß die Gesamtanlage mit den verschiedenen Ausführungen der Dünnbettriemchen erprobt werden. Dabei muß die Produktionsgeschwindigkeit langsam gesteigert werden, um annähernd auf die für flache Riemchen übliche Produktionsleistung von ~ 20 m/min zu kommen.

AS 8: Abschluss des Vorhabens

Das Vorhaben wird mit der Berichterstattung und der angemessenen Verbreitung der Vorhabensergebnisse abgeschlossen.

3.1.2 Darstellung der angewandten Methoden

Der Rechte Winkel der Winkelriemchen muß nach DIN 105 mit einer Toleranz von $1,5^\circ$ eingehalten werden. Die Verblendung von Bauteilen erfolgt inzwischen jedoch auch durch maschinelle Setzweisen und damit wesentlich exakter als bei Handarbeit. Dies führt zu höheren Genauigkeitsansprüchen an die Rechtwinkligkeit der Winkelriemchen, da sich Abweichungen am Bau durch eine Art Treppenbildung an den Kanten bemerkbar machen. Die Kundenanforderungen, insbesondere der Fertigbauunternehmen, werden deshalb immer höher, die zulässigen Abweichungen liegen inzwischen bei $< 1^\circ$.

Die Verfahrensentwicklung zur Herstellung von Dünnbett-Winkelriemchen bot erwartungsgemäß erhebliche Schwierigkeiten, die durch die erwähnten Genauigkeitsanforderungen noch erhöht wurden. Im Einzelnen mussten folgende Aufgaben bearbeitet werden (die Reihenfolge entspricht dem Verfahrensablauf):

1. Anpassung der Formgebung

Zur Verpressung der Dünnbett-Winkelriemchen wurde die Strangpresse mit Sensoren zur Erfassung wichtiger Daten wie Druck, Vakuum, Stranggeschwindigkeit ausgerüstet.

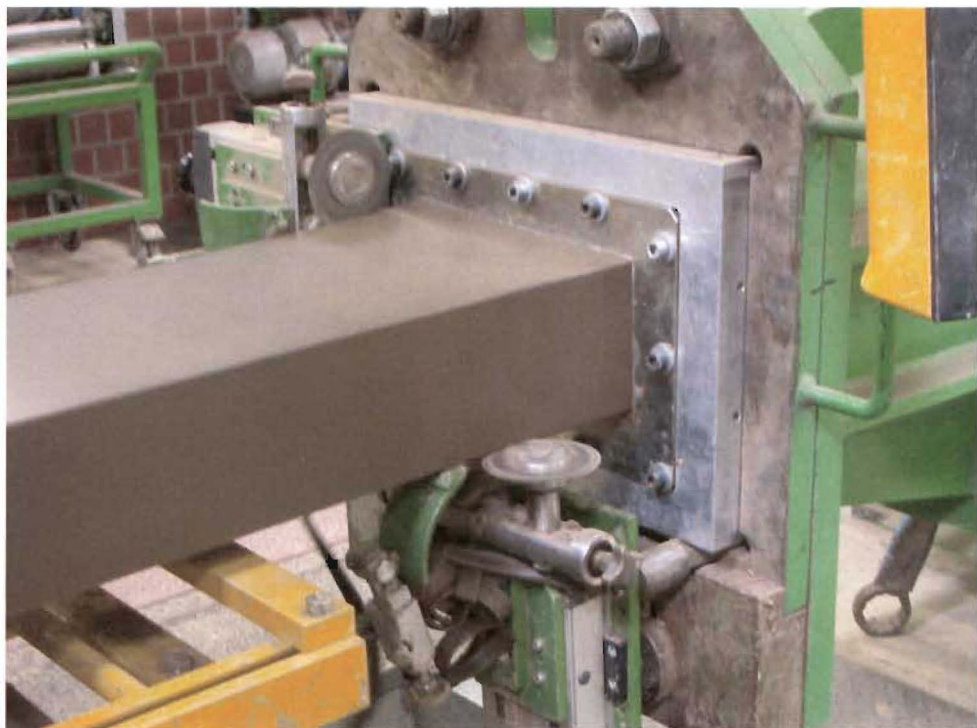


Abbildung 4: Aus dem Extruder auslaufender Winkelstrang

Um dem Problem der Schüsselung, d. h. der tonnenförmigen Verbiegung der Schenkel, vorzubeugen und spannungsfrei zu Pressen, mussten der Presskopf und die Kunststoffeinsätze überarbeitet werden. Die PU-Beschichtung wurde ebenfalls geändert. Es zeigte sich, dass der Kunststoffeinsatz mit der zugehörigen Vorsetzplatte zu jedem Winkelriemchen-Typ neu dimensioniert werden muß.

Außerdem wurden höhere Schubkräfte der Presse gefordert, um Winkelriemchen höherer Dichte zu extrudieren. Deshalb musste die Steigung der Extruderschnecke und die Übersetzung des Antriebsgetriebes geändert und an die Dünnbett-Winkelriemchen angepasst werden. Die Abbildung 5 zeigt einen Schnitt durch einen Presskopf.

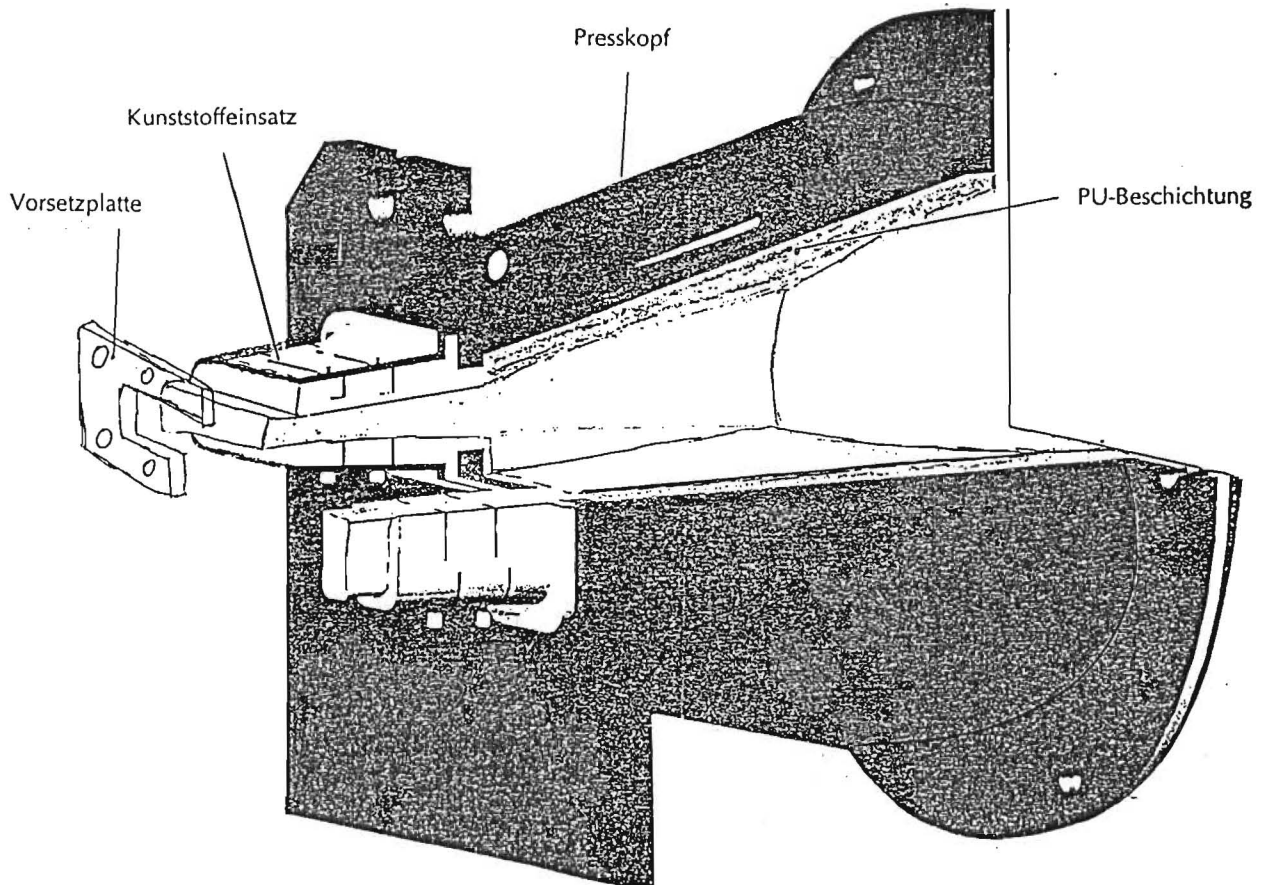


Abbildung 5: Schnitt durch einen Presskopf

Eine der zahlreichen, unterschiedlichen Vorsetzplatten, die ebenfalls aus Kunststoff gefertigt werden, ist in der nächsten Abbildung dargestellt.

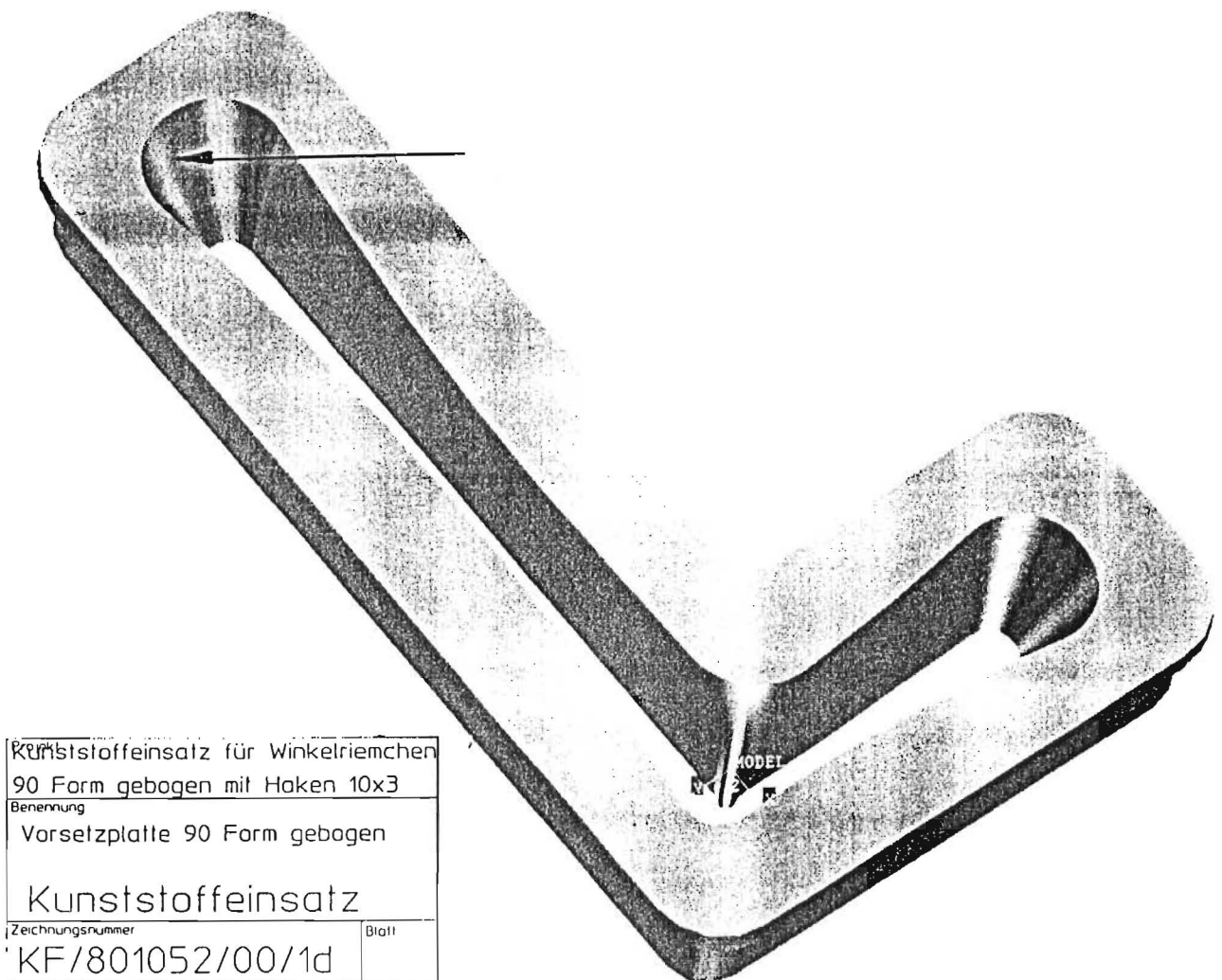


Abbildung 6: Vorsetzplatte

2. Verbesserung der Oberflächenbearbeitung

Beim Trennen der Dünnbett-Winkelriemchen auf der Kastengliederkette ergab sich ein Verzug nach oben beim Rückzug der Schnitteinrichtung. Es musste ein zusätzlicher Niederhalter und ein Richtarbeitsgang gemäß Abbildung 7 eingeführt werden. Nach dem Schneiden in einzelne Riemen werden diese nochmals kurz auf den zum Transport dienenden Winkelrahmen gepresst.

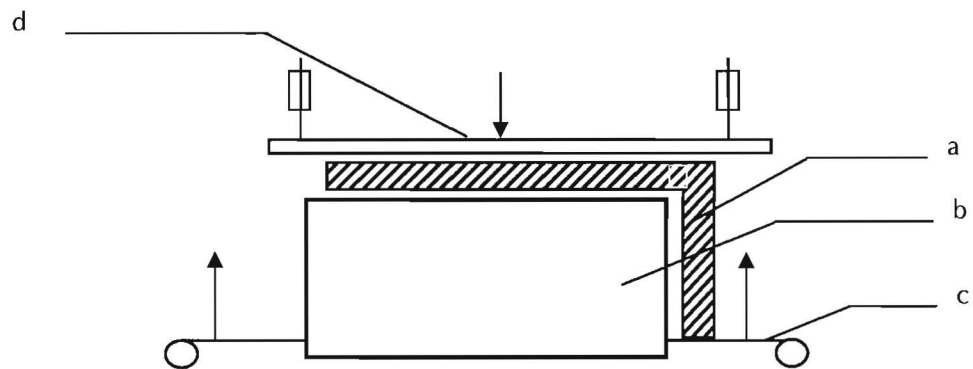


Abbildung 7: Niederhalter gegen Verzug beim Batzenschnitt

- a = Dünnbettwinkelriemchen
- b = Kastengliederkette
- c = Batzenschnitt mit Draht
- d = Niederhalter

Bei der Oberflächenbehandlung auf der Kastenkette verbogen die Benarbungs- und Besandungsrollen die freien Schenkel der Winkelriemchen. Sie mussten durch eine Stützkonstruktion stabilisiert werden, um das Verbiegen, besonders in den Ecken, zu verhindern (Abbildung 8)

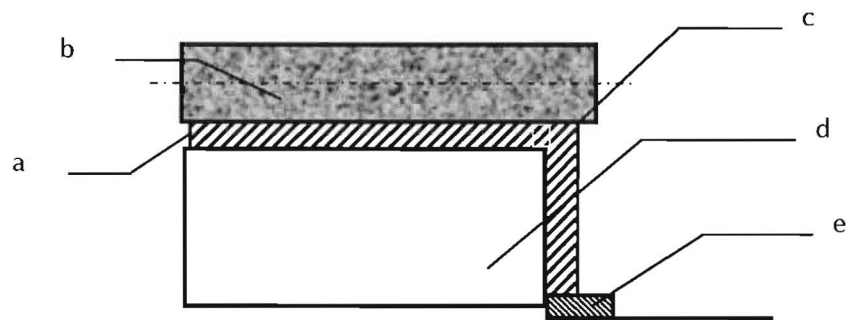


Abbildung 8: Abstützung des freien Schenkels

- a = Dünnbettwinkelriemchen
- b = Benarbungsrolle
- c = abgebogene Ecke
- d = Kastengliederkette
- e = Stützkonstruktion

Trotz dieser Maßnahmen verbog sich die Läuferseite der Winkelriemchen (Schüsselung) beim Benarben und Besanden so stark, daß Ausschuss entstand. Zur Behebung dieses Fehlers wurde eine zusätzliche Schneidwalze entwickelt, gefertigt und montiert, Aufgabe dieser Schneidwalze ist es, die Spannungen die durch das Benarben und Besanden in die Werkstücke gebracht werden, durch die innen angreifenden Schneiden zu kompensieren. Die Verbiegung konnte da-

durch in ausreichendem Maß beseitigt werden (Abbildung 9)

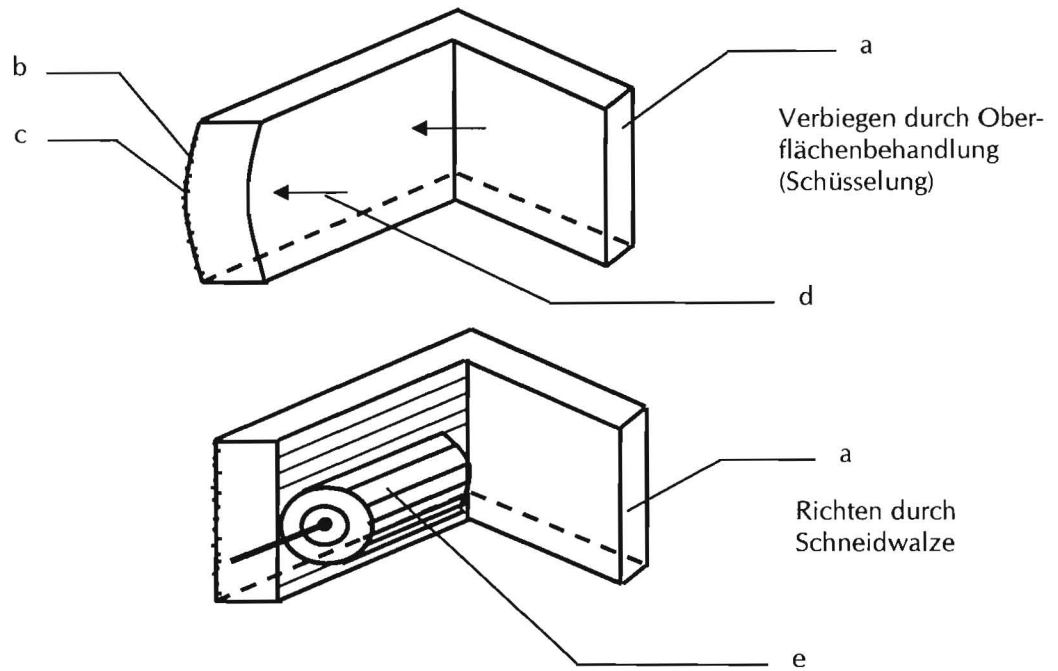


Abbildung 9: Richten der Winkelschenkel durch Schneidwalze

- a = Dünnbettwinkelriemchen
- b = Benabung
- c = Besandung
- d = Richtung der Verbiegung
- e = Schneidwalze zur Planierung

Die Benabungsstation ist in Abbildung 10/Seite 18 dargestellt. Eine senkrecht stehende Benabungswalze ist gut zu erkennen.



Abbildung 10: Benarbeitungsstation

3. Beseitigung des erhöhten Staubanfalles bei Farbgebung und Besanden

Da Gefahr bestand, daß der Staubanfall den zulässigen Wert in der Fertigungshalle von 5 mg/m^3 beim Spritzen von gemahlten Eisenverbindungen (Redox-Mittel zur Farbgebung) und beim Besanden überschritt, wurde eine Staubabsaugung mit Trockenfilter eingebaut. Die Anlage wurde durch die Firma Hellmich GmbH & Co. KG, Kirchlengern geliefert und montiert. Der Staubanfall in der Produktionshalle konnte auf $< 1 \text{ mg/m}^3$ gesenkt werden.

4. Verbesserung der Setztechnik

Beim Setzen der Schwindplatten auf den Tunnelofenwagen musste festgestellt werden, daß der Arbeitsdruck der Setzroboter für das Ansaugen der Schwindplatten getrennt gesteuert werden muss, um den Transport der sensiblen Schwindplatten zu ermöglichen. Auf mechanischer Seite waren dazu verschiedene Umbauteile erforderlich. Das Setzen der Winkelriemchen durch die Setzroboter erfolgt durch sehr schnelle dreidimensionale Bewegungen. Für uns überraschend

musste festgestellt werden, daß die Dünnbettriemenchen durch die bei schnellen Geschwindigkeits- und Richtungswechseln auftretenden Fliehkräfte verformt wurden. Zur Abhilfe wurde versucht, die Fliehkräfte in den kritischen Phasen zu berechnen. Ziel war es, einen Steuerungsmodus zu finden, der die schädlichen Beschleunigungsspitzen vermied, aber trotzdem den Arbeitsgang nicht allzu sehr verlangsamte. Außerdem wurden weichere Greifer an den Setzrobotern angebracht. Für diese Änderungen mussten die elektrischen und pneumatischen Schaltpläne umgearbeitet und die Software zur Steuerung der Setzroboter zu einem großen Teil neu entwickelt werden. Ferner war die Dokumentation auf den neuesten Stand zu bringen.

Die nächste Abbildung zeigt die Zuführung der Winkelriemchen zu den Setzrobotern, sowie den Abgriff durch Ansaugen von oben und den Gegenhalter von unten.

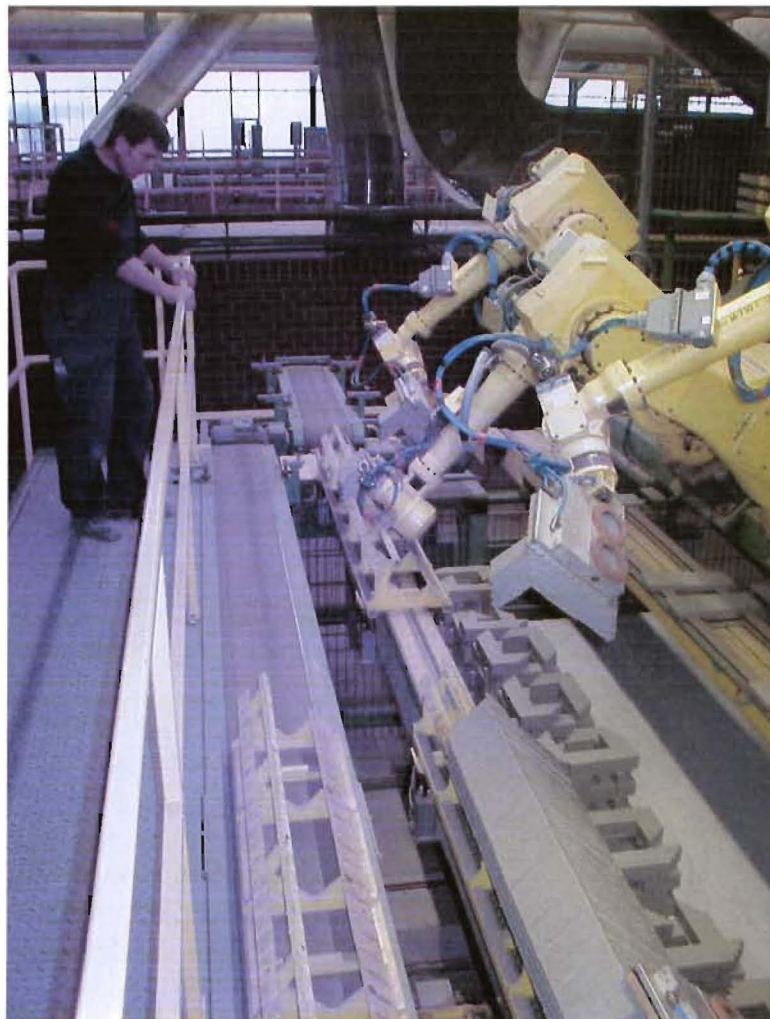


Abbildung 11: Zuführung der Winkelriemchen zu den vier Setzrobotern

Unterhalb der Zuführung ist ein Ofenwagen mit Gruppierungen der bereits gesetzten Winkelriemchen zu erkennen. Etwa in Bildmitte befindet sich ein leerer

Hilfsrahmen der in Richtung zum Betrachter zum erneuten Beladen zurück gefahren wird.

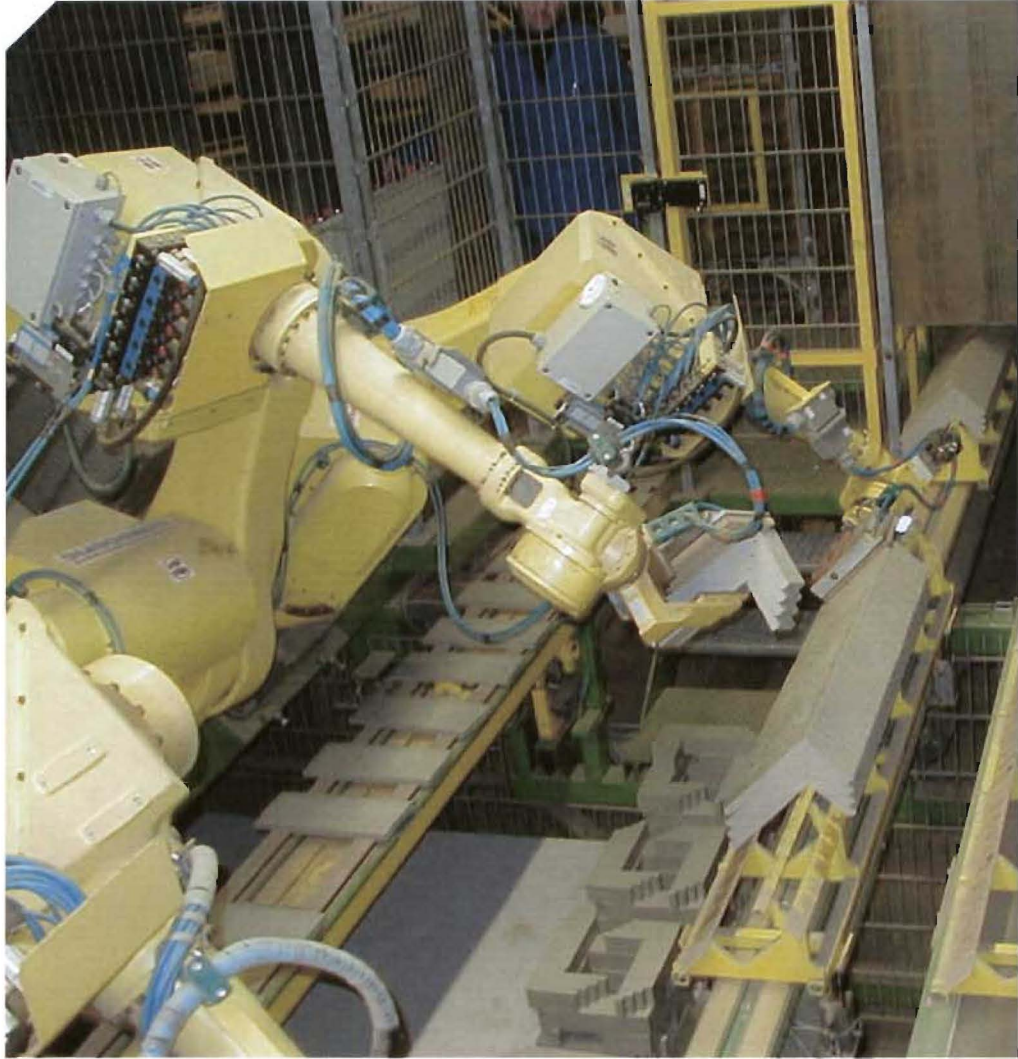


Abbildung 12: Abgriff der Winkelriemchen durch die Setzroboter

In Abbildung 12 ist der Abgriff der Winkelriemchen durch die Setzroboter, vor allem das untere Greifteil, gut zu erkennen. Links unterhalb der Setzroboter befindet sich die Zuführung der Schwindplatten. Diese Platten werden unter jeder Gruppe von Winkelriemchen auf dem Ofenwagen positioniert.

Es wurde festgestellt, daß die bereits erwähnte Schüsselung, d.h. eine tonnenförmige Wölbung der Riemchen, nicht nur durch das Bearbeiten hervorgerufen wird, sondern auch durch die Belastung beim Setzen entstehen kann.



Abbildung 13: Besatzart mit doppelt gekreuzten Winkelriemchen

Auf Abbildung 13 sind die Gruppierungen der Winkelriemchen, die durch die Setzroboter ausgeführt werden und in dieser Art zur "Schüsselung" führen, deutlich zu erkennen. Abbildung 14 dokumentiert den Verzug, der durch diese Besatzart entstand.

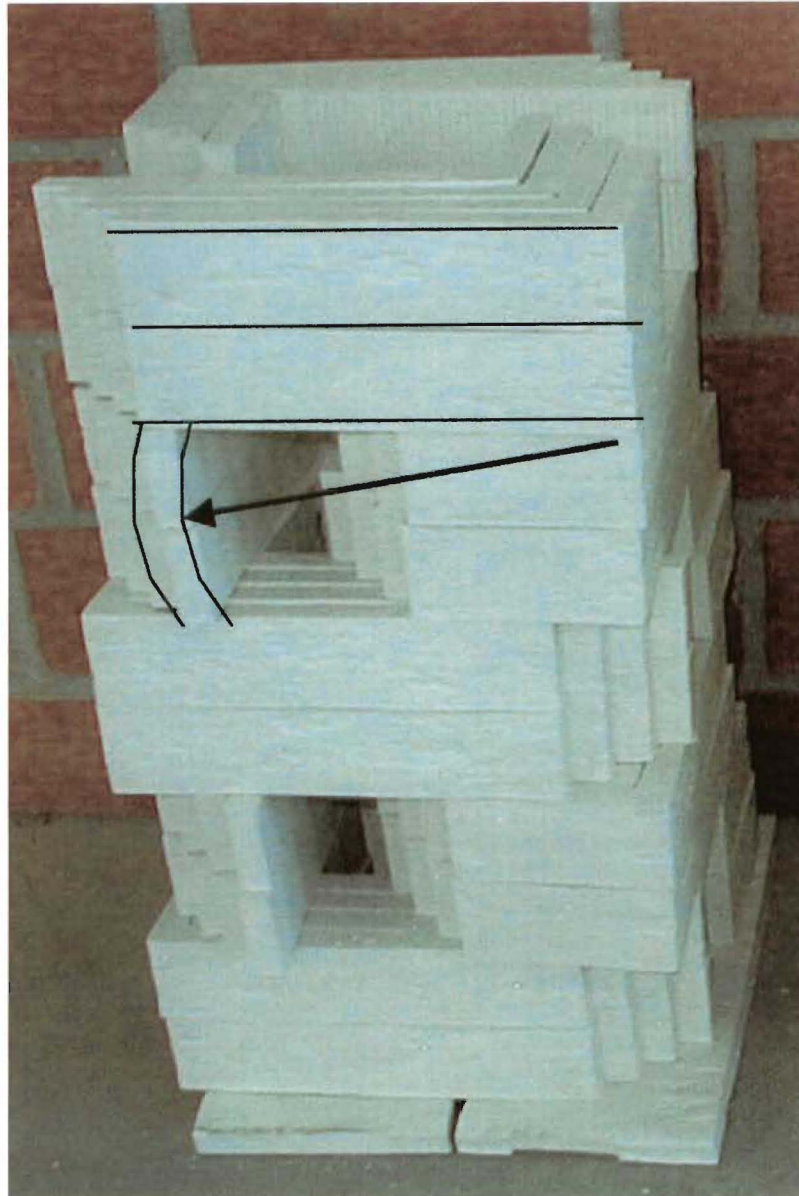


Abbildung 14: Schüsselung der Riemchen durch die Besatzart nach Abbildung 13

Die Winkelriemchen wurden bisher entsprechend Abbildung 14 doppelt gekreuzt, d. h. es wurden jeweils 2 Lagen gleichsinnig übereinander gelegt. Die Verbiegung an den Läuferenden, die bei den 9 mm-Winkelriemchen durch diese Besatzart entstand, ist in Abbildung 14 durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Es musste deshalb ein neues Gruppierungsschema entwickelt werden. Dabei waren die technischen Möglichkeiten der Setzroboter zu berücksichtigen. Es wurden verschiedene Schemata ausgearbeitet und die mögliche Realisierung mit den Setzrobotern geprüft. Als optimal erwies sich die in der nächsten Abbildung gezeigte Anordnung. Dieses Gruppierungsschema diente als Grundlage für die anschließende Programmierung der Setzroboter.

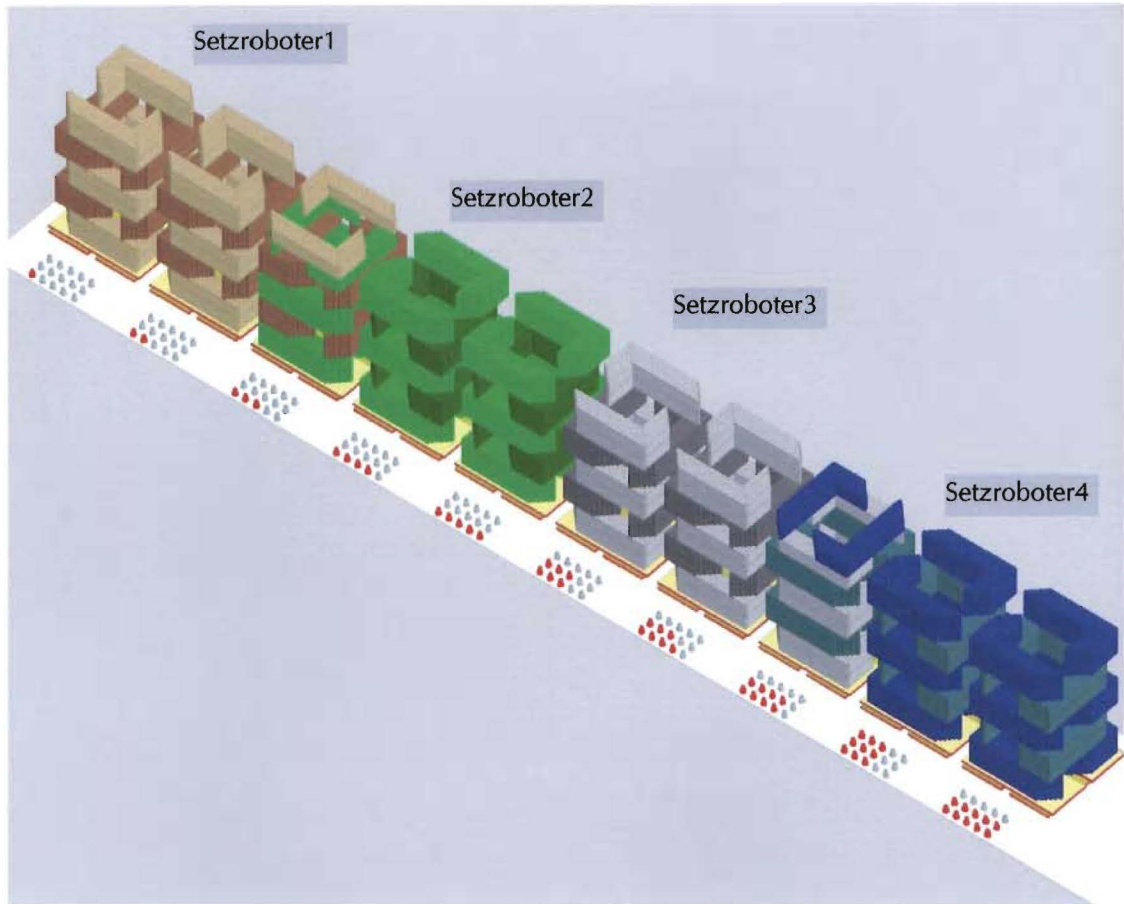


Abbildung 15: Neues Gruppierungsschema für die Setzroboter

Ferner wurden die einzelnen Setschemata gespeichert, wie in folgendem Beispiel gezeigt:

Setzschema-Bezeichnung	Setzschema 2010
Abmessungen des Formlings	B x H x T = 240 x 115 x 52 mm
Anzahl Formlinge je TTW	7 200
Gewicht pro Formling (nass)	805 g
Tonnage (Beladung je Ofenwagen)	4,87 t
Wasserinhalt je Formling	129 g entspr. 16%
Paketreihen pro TTW	9

Tafel 1: Datensatz zum Setzschema eines Dünnbett - Winkelriemchens

Die positiven Auswirkungen der geänderten Besatzart sind in der nächsten Abbildung zu erkennen.

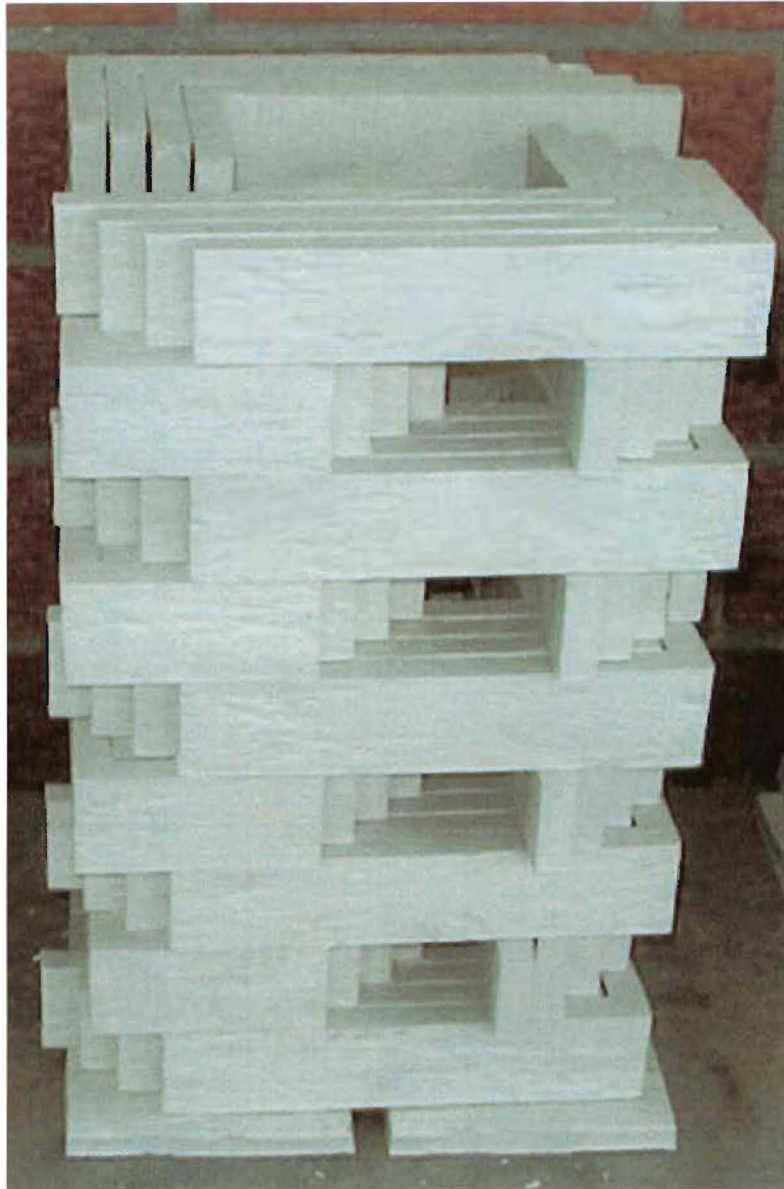


Abbildung 16: Neue Besatzart mit einfach gekreuzten Winkelriemchen

Die Schlüsselung konnte durch die neue Besatzart nach Abbildung 16 beseitigt werden, die allerdings erhebliche Änderungen in der Programmierung der Setzroboter erforderte.

5. Beseitigung des Verzugs der Winkelriemchen während des Trocken- und Brennprozesses.

Diese Aufgabe erforderte eine Änderung der Material - Rezeptur Bisher war zur Herstellung der Winkelriemchen eine Zugabe von Ziegelbruch als Magerungsmittel bis zu 20% erforderlich. Da dieser Ziegelbruch mit großem Energieaufwand hergestellt werden muß, wurde nach natürlichen Ersatzprodukten, wie Schieferton u. w. gesucht. Hierzu wurde ein Auftrag an das Institut für Ziegelforschung Essen E.V. vergeben. Die Entwicklung verlief Erfolg versprechend. Da die

Rissproblematik nicht beseitigt werden konnte, wurde das gleiche Institut, beauftragt, in Zusammenarbeit mit dem Projektleiter, Herrn Thele, den Trockenprozess zu optimieren. Dies betraf den Verlauf der Trocknerkurven (Trocknerkurven), der Aufheizgeschwindigkeit sowie die Dilation (Temperaturabhängige Ausdehnung).

Es wurde ermittelt, daß die Risse dadurch entstanden, daß die Strömungsverhältnisse der Warmluft im Trockenofen vom Besatzgewicht beeinflusst wurden. Das Materialgewicht beträgt bei Trocknung der Standard-Winkelriemchen etwa 8 Tonnen je Trockenofenwagen (TTW), bei den Dünnbett-Winkelriemchen aber nur etwa 4 Tonnen je TTW. Durch diesen großen Unterschied ändern sich die Temperatur- und Strömungsverhältnisse der eingeblasenen Heißluft innerhalb des Trockenofens so gravierend, daß die Dünnbettriemchen zum großen Teil Trockenschäden erlitten.



Abbildung 17: Neue Besatzart der Dünnbettriemchen mit Abstand zum Ofenwagen, um die Werkstücke gleichmäßig mit Luft zu umspülen.

Wie Abbildung 17 zeigt wurden die Gruppen der Winkelriemchen hoch gestellt, so daß die Trocknerluft auch zwischen Ofenwagen und Schwindplatten durchströmen kann. Dazu musste auch der Tunneltrockener in seinem Strömungsverhalten geändert werden, um bei Trocknung der Standard- und Dünnbettriemchen jeweils die optimalen Strömungsverhältnisse einstellen zu können. Dies erforderte die Installation zusätzlicher Rohrleitungen im Einblasbereich der Heizluft sowie in der Nassluftabsaugung.

Parallel dazu wurden auch Änderungen am Prozessrechner für Trocken- und Brennofen erforderlich. Es wurden erstmals in der Ziegeleitechnik die Verläufe der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit ermittelt, um eine angepasste Feuerführung beim Brennprozess zu ermöglichen. Zusätzlich wurde versucht, eine psychrometrische (= von der Luftfeuchte abhängige) Temperaturdifferenzregelung für die Tunneltrockner zu entwickeln. Dazu wurde eine neue Feuerungsanlage für den Bereich der Kühlgrenztemperaturregelung eingebaut sowie die erforderliche Software entwickelt. Die gewünschten Verbesserungen konnten nachgewiesen werden.

Die verbesserten Verläufe des Trocken- und Brennprozesses ergeben sich aus den folgenden Abbildungen.

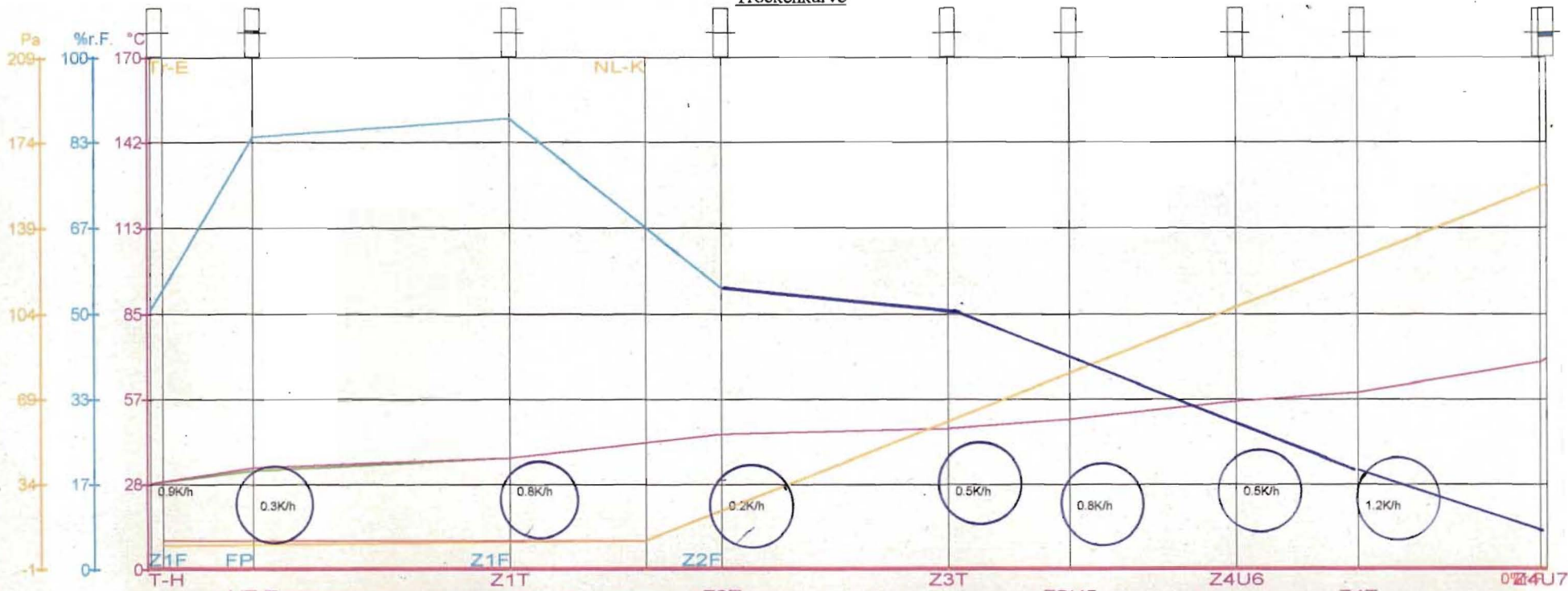
In Abbildung 18 ist die Trocknerkurve für die Dünnbettriemchen dargestellt. Im Vergleich zum Trockenverfahren bei den 18 mm starken Riemchen (siehe erster Bericht, Abbildung 15/Seite 25) verläuft die Trocknung wesentlich schonender. Die Temperatur steigt nicht über 70°C, die erst am Ausgang erreicht wird. Für jede Trockenzone wird der Temperaturanstieg pro Stunde in K/h ermittelt, der zusammen mit dem Verlauf der rel. Luftfeuchte im Trockner die Qualität des Trockenprozesses bestimmt. Die Leistung des Trockenofens für Dünnbett - Winkelriemchen beträgt mit dieser Einstellung 7,6 TTW/d bzw. 58 t/d. Der Vergleichswert für die 18 mm starken Riemchen beträgt 9,3 TTW/d. Bezogen auf die Stückzahl wird jedoch etwa die gleiche Leistung erreicht.

Aufgrund zu kalter Rohlingstemperaturen gab es Taupunktunterschreitung auch im Trockner. Dieser erhielt deshalb noch einen Vortrockner (Siehe Abbildung 19/Seite 29). Dies hat den Vorteil, daß im Winter abgestellte Ware von draußen im Trockner nicht im Taupunkt gefahren wird. Durch den Vortrockner, der auf 34° aufheizt, wurde somit das Verhalten des Trockners verbessert. Die Differenz zwischen Vortrockner und dem Beginn des eigentlichen Trockners beträgt nicht mehr als 4°C.

Die Halle, in der der Trockner untergebracht ist, erhielt eine Wetterstation. Temperatur und rel. Hallenfeuchte werden mitgeschrieben und bei der Trocknersteuerung berücksichtigt.

>>>Klinkerriemchenwerk FELDHAUS „Bad Laer“ <<<

Trockenkurve



63	3	70	29	59	71	69	10	47	66	20	30	11	56	68	50	2	54	42	9	60	25	4	61	0
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

	Temp.-Istwert	Temp.-Sollwert	Feuchte-Sollwert	Feuchte-Istwert	3.Kurve-Sollwert	3.Kurve-Istwert
	Sollwert:	Istwert:	Sollwert:	Istwert:	Sollwert:	Istwert:
T-H	Temp-Halle (provisor.)	28 °C	28 °C	-	Heißluft-Temp.	108 °C 110 °C
VT-T	Vortrock.: Warmluft-Temp.	34 °C	33 °C	Z1F	Feuchte-Halle(provisor.)	0 %r.F. 50 %r.F.
Z1T	Zone 1 UWK 1 Temp.	37 °C	37 °C	FP	Vortrock.: Feuchte	0 %rF 84 %rF
Z2T	Zone 2 UWK 2 Temp.	45 °C	45 °C	Z1F	Zone 1 UWK 1 Feuchte	0 %r.F. 88 %r.F.
Z3T	Zone 3 UWK 4 Temp.	47 °C	47 °C	Z2F	Zone 2 UWK 2 Feuchte	0 %r.F. 55 %r.F.
Z3U5	Temperatur: Zone 3 UWK 5	50 °C	50 °C	Z3F	Zone 3 UWK 4 Feuchte	0 %r.F. 49 %r.F.
Z4U6	Zone 4 UWK 6.1 Temp.	56 °C	56 °C	Z4F	Zone 4 UWK 6.2 Feuchte	0 %rF 20 %rF
Z4T	Zone 4 UWK 6.2 Temp.	59 °C	59 °C	AF	Trockner-Ausf.:Feuchte	0 %rF 4 %rF
Z4U7	Temperatur: Zone 4 UWK 7	69 °C	69 °C	Tr-E	Druck Trockner-Einfahrt	9 Pa 11 Pa
Z5U9	Zone 5 UWK 9 Temp.	109 °C	109 °C	NL-K	Druck NL-Kanal/Anfang	0 Pa 11 Pa
Z5T	Temperatur: Zone 5 UWK 8	78 °C	78 °C	HL-D	HL-Druck Trock.-Ausfahrt	0 Pa 199 Pa
-	Heißluft-Temp.	108 °C	110 °C			

Abbildung 18:
Trocknerkurve für
Dünnbettriemchen

>>> TROCKNER <<<

Die PC-Trocknermaske wurde komplett neu entwickelt. Das Bedienungspersonal kann dort jetzt jeden Wert des Trockenofens sehen und per Mausclick beeinflussen. Das Ganze ist sehr bedienungsfreundlich gestaltet. Die Abbildung 19 auf der nächsten Seite ist ein Ausdruck der Bildschirmmaske zur Überwachung des Trockenofens. Dieser umfassende Einsatz der Informationstechnologie wurde in der Baukeramik in diesem Umfang bisher nicht bekannt. Neu sind insbesondere die Überwachungsfunktion für die relative Luftfeuchte in der Halle, im Vortrockner in der zugeführten und abgesaugten Luft, in den einzelnen Sektionen des Trockners, sowie die daraus abgeleiteten Änderungen in der Temperaturführung.

Die Abluftmengen des Trockenofens werden mittels Blendenmessungen erfasst. Dies hat den Vorteil, dass aus drei Messwerten der eigentlich ausgetriebene Wassergehalt berechnet werden kann. Wegen der enormen Gewichtsunterschiede zwischen den normalen und den Dünnbett -Winkelriemchen ist diese Maßnahme für das riss- und spannungsfreie Trocknen unbedingt erforderlich. Durch die Visualisierung sämtlicher Messwerte am PC, kann der Besatz für jeden TOW auf 2 Stellen hinter Komma bestimmt werden.

Abbildung 20/Seite 30 zeigt eine Brennkurve für die Dünnbett-Winkelriemchen. Gegenüber der Brennkurve für die 18 mm starken Riemchen fällt der flachere Anstieg der Kurve auf (siehe erster Bericht, Abbildung 15/Seite 26). Die Brenntemperatur ist jedoch höher. Auch hier werden wieder Anstieg und Abfall der Temperatur je Zeiteinheit überwacht, da sie maßgebend für die Steuerung und die Qualität des Produktes sind.

>>>Klinkerriemchenwerk FELDHAUS ,Bad Laer <<<

GrafMainWindow

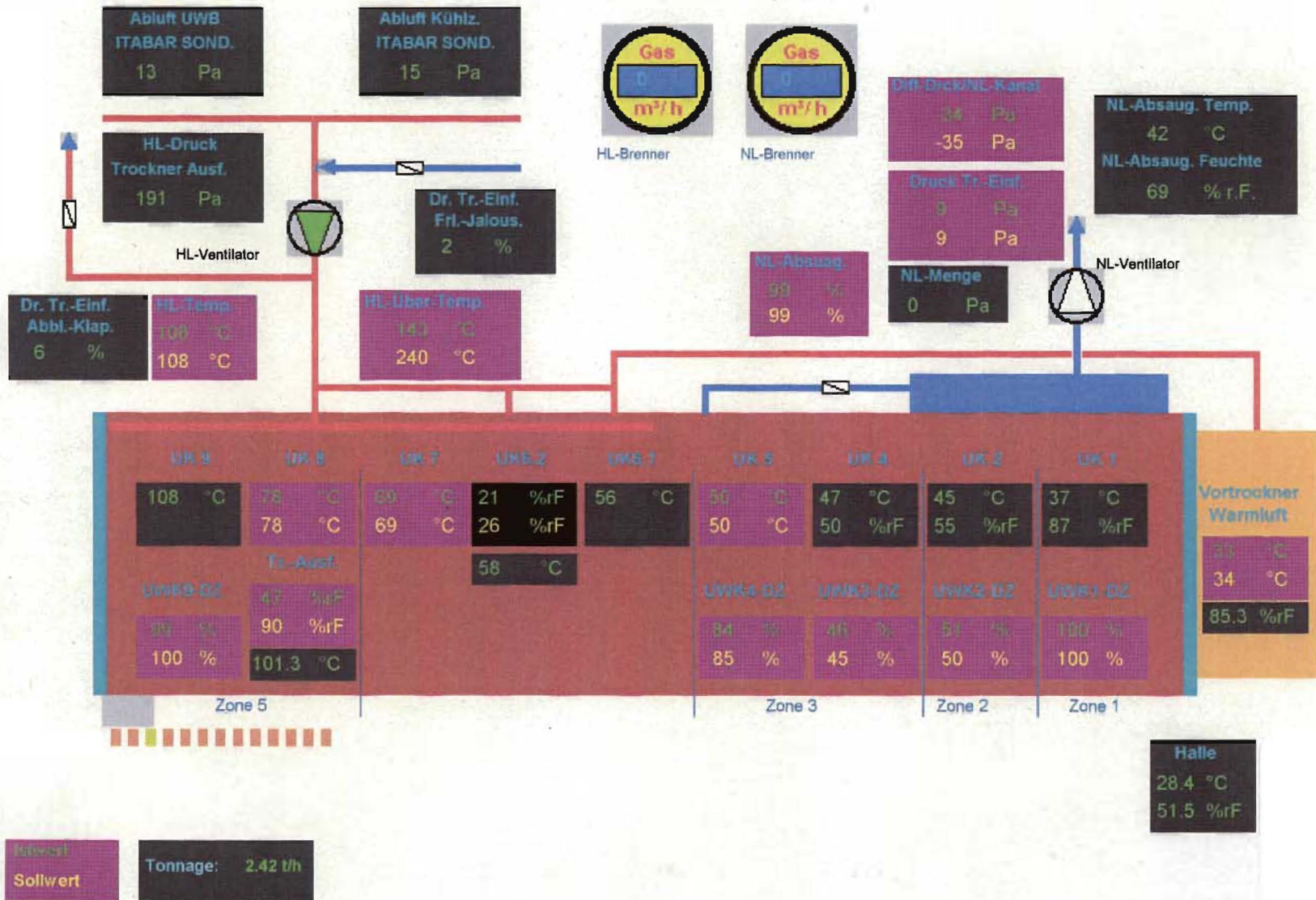
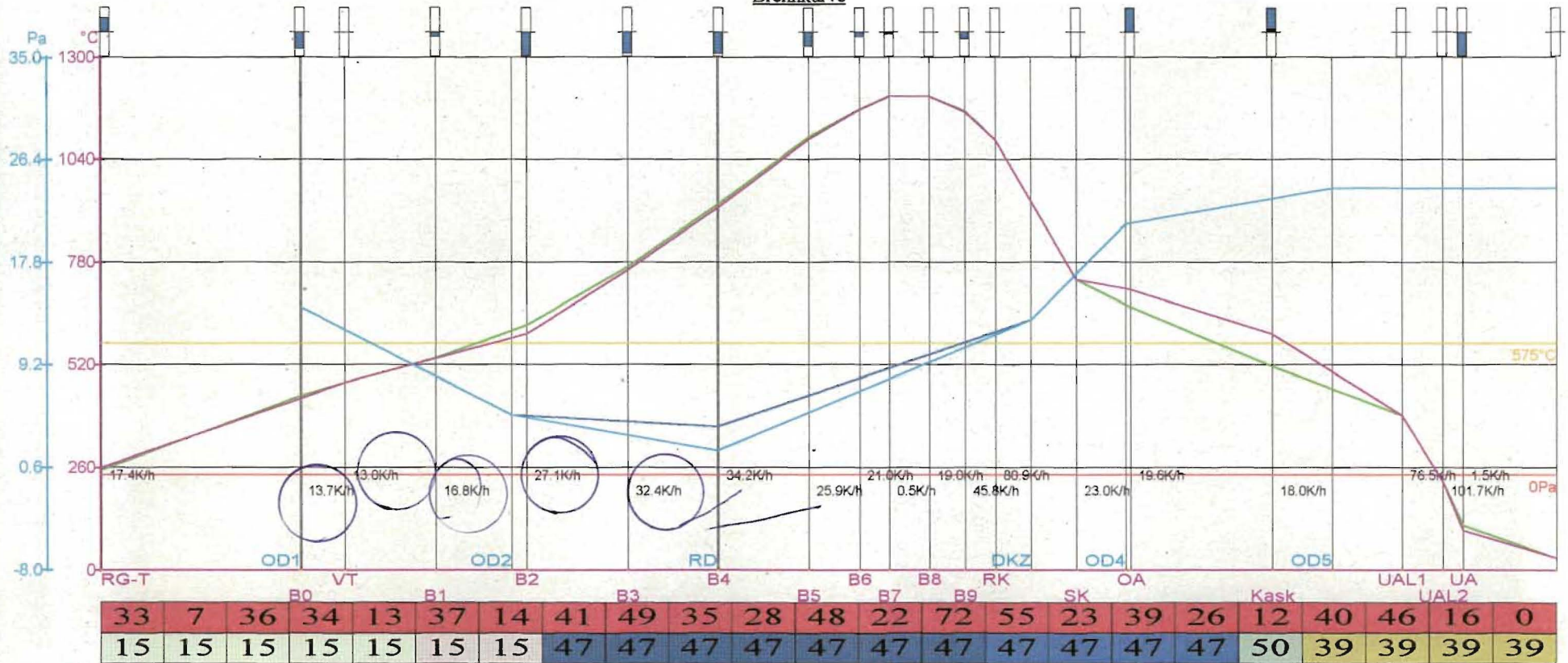


Abbildung 19:
Bildschirmmaske zur Überwachung des Trockenofens

>>>Klinkerriemchenwerk FELDHAUS ,Bad Laer <<<

Brennkurve



Temp.-Istwert Temp.-Sollwert Druck-Sollwert Druck-Istwert

Symbol	Name	Sollwert:	Istwert:	Symbol	Name	Sollwert:	Istwert:	Symbol	Name	Sollwert:	Istwert:
RG-T	RG-Temperatur	260 °C	254 °C	RK	Temp.Redu-Kühlung	1088 °C	1088 °C	OD5	Ofenraumdruck 5	0 Pa	0 Pa
B0	HG-Brennergruppe 0	434 °C	441 °C	SK	Sturzkühlung	735 °C	735 °C				
VT	Vorfeuertemp.	474 °C	474 °C	OA	Obere Absaugung	710 °C	667 °C				
B1	HG-Brennergruppe 1	536 °C	538 °C	Kask	Kaskaden-Temperatur-Reg.	599 °C	517 °C				
B2	HG-Brennergruppe 2	598 °C	621 °C	UAL1	Temp.UA R-Leitung 1	391 °C	391 °C				
B3	HG-Brennergruppe 3	760 °C	769 °C	UAL2	Temp.UA R-Leitung 2	224 °C	224 °C				
B4	HG-Brennergruppe 4	920 °C	929 °C	UA	Untere Absaugung	100 °C	113 °C				
B5	HG-Brennergruppe 5	1090 °C	1096 °C	OD1	Ofenraumdruck 1	0 Pa	14 Pa				
B6	HG-Brennergruppe 6	1165 °C	1167 °C	OD2	Ofenraumdruck 2	0 Pa	5 Pa				
B7	HG-Brennergruppe 7	1200 °C	1201 °C	RD	Redu-Druck-Regelung	2 Pa	4 Pa				
B8	HG-Brennergruppe 8	1200 °C	1200 °C	DKZ	Druck Kühlzone	13 Pa	13 Pa				
B9	HG-Brennergruppe 9	1160 °C	1163 °C	OD4	Ofenraumdruck 4	0 Pa	21 Pa				

Abbildung 20:
Brennkurve für
Dünnbetriemchen

>>> OFEN <<<

3.1.2 Darstellung der tatsächlich erzielten Ergebnisse

Während der Vorhabensdauer konnten noch nicht alle Ausführungen der Dünnbett-Winkelriemchen auf die neue Produktionsweise umgestellt werden. Trotzdem bestärken die bisher erzielten Ergebnisse unsere Gewissheit, mit der beschriebenen Verfahrensentwicklung auf dem richtigen Weg zu sein. Auch die Reaktion der Kunden ist durchaus positiv. Sie schätzen die höhere Genauigkeit der Winkelriemchen, die aufgrund der neuen, maschinellen Setzweisen der Riemchen am Bau und im Fertigbau benötigt werden.

Um diesen Ansprüchen auf Dauer zu entsprechen wird es nötig sein, für jede Ausführung der 18 und 9 mm starken Winkelriemchen sämtliche Fertigungsdaten gesondert festzulegen. Dies sind:

- Rezepturen für die Pressmasse,
- Verfahrensweisen für die Formgebung,
- Oberflächenbehandlung und Förderung,
- Setzarten, Steuerung der Setzroboter,
- Durchlaufgeschwindigkeiten und Temperaturverläufe beim Trocken- und Brennprozess

Diese Datenmenge von über 50 Messwerten je Riemchensorte soll in einer Datenbank organisiert werden. Es wird angestrebt, bei Fertigung eines bestimmten Winkelriemchens eine automatische Programmierung der relevanten Fertigungseinheiten aufgrund der Datenbank zu erreichen.

Der Entwicklungsprozess für die einzelnen Entwicklungsschritte war sehr langwierig, weil die zahlreichen Änderungen bei der Formgebung, bei der Oberflächenbehandlung und bei der Fördertechnik jeweils umfangreiche maschinentechnische Änderungen erforderten. Die Lieferfristen zogen sich oft quälend in die Länge. Das Gleiche gilt für die Änderung der Steuersoftware, die jeweils ausführlich auf Fehlerfreiheit getestet werden musste.

Hinzu kam, daß während der Vorhabensdauer innerhalb von vier Wochen zweimal die Ofendecke des Brennofens einbrach, wobei die Versuchsteile jeweils unbrauchbar wurden. Diese Schadenfälle waren auf einen bisher nicht erkannten Konstruktionsfehler beim Ofenbau zurückzuführen.

3.2 Diskussion der Vorhabensergebnisse

Mit Durchführung der beiden Entwicklungsphasen zur Herstellung von Winkelriemchen in 18 und 9 mm Stärke durch Extrusion von rechtwinkligen Tonsträngen entstand ein moderner Fertigungsbetrieb für Winkelriemchen, der sich von konventionellen Betrieben der Baukeramik deutlich abhebt. Die folgende Abbildung vermittelt hierzu einen guten Eindruck.



Abbildung 21: Blick in die Fertigungshalle für Winkelriemchen

Trotzdem stehen noch einige Entwicklungsaufgaben an. Die Herstellung der Mundstücke muß noch verbessert werden. Zurzeit vergehen von der konstruktiven Festlegung bis zur Fertigung jedes Mundstückes etwa vier Wochen. Dann erst können praktische Versuche durchgeführt werden, für die wieder zwei bis drei Monate veranschlagt werden müssen. Hinzu kommen für das Verpressen, Trocknen und Brennen der versuchsweise erzeugten Werkstücke nochmals drei Wochen.

Das Verfahren zur Herstellung der Mundstücke ist demnach sehr zeitaufwendig, insbesondere auch deshalb, weil für jede Tonart und gewünschte Farbe jeweils eigene Mundstück-Ausführungen benötigt werden. Aktuell sind zurzeit die Farben weiß, gelb, anthrazit, rot, mit verschiedener Reduktion (Farbgebung) und OF-Behandlungen.

Da laufend neue Farben und Produkte hinzukommen, wird die gesamte Verfahrenstechnik auch in Zukunft einer permanenten Entwicklung bedürfen. Diese Anforderungen werden noch zunehmen, da sich das Unternehmen laufend weitere, auch internationale Absatzmärkte erschließt. Aus diesen neuen Märkten sind jedoch andauernd neue Farb- und Formatwünsche zu erwarten. Diese Anforderungen führten inzwischen bereits zu 300 neue Riemchensorten, zu denen jeweils das passende Winkelriemchen geliefert werden muss. Das bisher erarbeitete Know-how bildet für die Produktion entsprechend den neuen Kundenanforderungen eine wichtige Grundlage. Trotzdem müssen laufend neue Erkenntnisse in der Verfahrenstechnik erarbeitet werden.

3.3 Ausführliche Ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse

3.3.1 Ökologische Bewertung

Die ökologische Bewertung des Anschlussvorhabens hat sich gegenüber der ersten Entwicklungsphase nicht geändert. Diese Betrachtung soll deshalb an dieser Stelle nochmals wiedergegeben werden.

Bisher entstanden bei der konventionellen Produktion von 1 500 t/a Winkelriemchen durch die erforderlichen Trägersteine jährlich etwa 8 800 t Ziegelbruch. Dieser Aufwand an Material, Wasser und Energie entfällt aufgrund der durchgeführten Verfahrensentwicklung bis auf ~ 500 t, die für die Schwindplatten und als Magerungsmittel für die Pressmasse benötigt werden.

Insgesamt waren bisher für die Produktion von 8 800 t gebranntem Material für die Trägersteine etwa 9 300 t Rohton mit Naturfeuchte (~ 5% Wasser) erforderlich. Diese Menge kann bis auf einen Anteil von etwa 5% für die Schwindplatten entfallen. Es werden somit für die gleiche Menge an Winkelriemchen rund 9 000 Tonnen Ton weniger benötigt, die zu folgender Einsparung führen (es wird eine Materialmischung aus etwa 1/3 Westerwälder Ton und 2/3 Ton aus der eigenen Werksgrube verwendet):

1. Transporte für Tonbeschaffung; Verbrauch an Dieselöl pro Jahr

Transporte Westerwald 3 000 t/a Ton	Nutzlast 26 t = 115 Fahren Entfernung 225 km einfach ergibt insgesamt 51.750 km/a	Treibstoffverbrauch (Diesel) 38 l/100 km; entsprechender Verbrauch 19.665 l/a
--	--	---

Transporte Werksgrube 6 000 t/a Ton	Nutzlast 26 t = 231 Fahren Entfernung 33 km einfach ergibt insgesamt 15.246 km/a	Treibstoffverbrauch (Diesel) 38 l/100 km; 5.793 l/a
--	---	--

2. Tonabbau; Verbrauch Diesel- und Schmieröl pro Jahr

9.000 t/a Ton	Verbr. 2 Radlader: 1,182 l/t Verbrauch Raupe: 0,591 l/t Verbrauch Schmieröl 25 l je Maschine alle 150 Betr.-Std	Treibstoffverbrauch (Diesel) 15.957 l/a Schmierölverbrauch: 950 l/a
---------------	--	--

3. Zugabe Anmachwasser 18%

9 000 t/a Ton naturfeucht	Zugabe 15 %; Gesamtge- wicht dann: 10.350 t	Wasserverbrauch: 1.350.000 l/a
------------------------------	--	--

4. Aufbereitung, Fördertechnik, Presse; Verbrauch elektrische Energie

10 350 t/a mit Anmachwasser	Jährl. Verbrauch: 1 600 MWh; davon 82,5 % für Trägerstein	Verbrauch elektr. Energie: 1.320 MWh/a
--------------------------------	---	--

5. Trockner und Brennofen; Verbrauch elektrische Energie

10 350 t/a mit Anmachwasser	Verbrauch für Trägerstein 207 MWh	Verbrauch elektr. Energie: 207 MWh/a
--------------------------------	--------------------------------------	--

6. Trockner und Brennofen; Verbrauch Erdgas

8 300 t/a Gebranntes Material	Verbrauch 60 m ³ /t = = 593,76 kWh/t	Verbrauch Erdgas: 4.928 MWh/a
----------------------------------	--	---

7. Brecher zur Zerkleinerung der Trägersteine; Verbrauch elektr. Energie

8 300 t/a Gebranntes Material	Verbrauch 38,00 kWh/t	Verbrauch elektr. Energie: 315 MWh/a
----------------------------------	-----------------------	--

Die erreichte jährliche Umweltentlastung durch Wegfall des Trägersteines ist in untenstehender Tafel zusammengestellt:

Pos .	Arbeitsgang	Jähr. Energieeinsparung	Jähr. Einsparung in MWh	Jähr. CO ₂ -Vermeidung in t
1	Tontransporte	25.458 l Dieselöl	249,23	72,072 ¹⁾
2	Tonabbau	15.957 l Dieselöl	156,22	45,174 ¹⁾
4	Aufbereitung		1.320,00	264,000 ²⁾
5	Elektr. Energie Brennen		207,00	41,400 ²⁾
6	Erdgas Brennen	498.000 m ³ Erdg.	5.917,81	1.065,206 ³⁾
7	Elektr. Energie Brecher		315,00	1.067,400 ²⁾
	Summen		8.165,26	2.555,252

Verwendete Umrechnungsfaktoren:

¹⁾: bei Verbrennung von 1 l Dieselöl werden 2,831 kg CO₂ freigesetzt

²⁾: für die Erzeugung elektr. Energie wird mit 0,2 kg CO₂ je kWh gerechnet

³⁾: bei Verbrennung von Erdgas werden 0,18 kg CO₂ je kWh freigesetzt.

Tafel 2: Zusammenstellung der möglichen, jährlichen Einsparung an Energie und CO₂ - Ausstoß durch das neue Produktionsverfahren

Zusätzlich werden jährlich 1 350 m³ Wasser, 9 000 t Ton und 950 l Schmieröl eingespart. Die zu Beginn des Vorhabens vorgegebenen Ziele hinsichtlich der Reduzierung von Umweltbelastungen können mittelfristig in vollem Umfang erreicht werden.

3.3.1 Technologische Bewertung

Mit der Durchführung der vorliegenden Entwicklung wurde für die gesamte baukeramische Industrie ein neuer Stand der Technik geschaffen. Er betrifft die Formgebung durch die Einführung

- neuer Rezepturen für die Pressmassen,
- gegossener Presskopfeinsätze aus Polyurethan,
- von rel. schnell reproduzierbaren Vorsetzplatten aus Kunststoff.

Die Kunststoffteile können bei Verschleiß durch weitere Abgüsse von Musterformen schnell ersetzt werden.

Mit der Förderung der Winkelriemchen auf Winkelträgern und die Richtarbeitsgänge wurden ebenfalls für die Branche neue Wege beschritten. Ganz besonders gilt dies auch für den Einsatz von vier parallel arbeitenden Setzrobotern, die je nach aufgerufenem Programm unterschiedliche Setzschemata ausführen.

Erstmals in der Ziegeleitechnik wurden die Verläufe der Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit ermittelt, um eine angepasste Feuerführung beim Brennprozess zu ermöglichen. Zusätzlich wurde versucht, eine psychrometrische (= von der Luftfeuchte abhängige) Temperaturdifferenzregelung für die Tunnelrockner zu entwickeln.

Die Einführung der Informationstechnik zur lückenlosen Überwachung der Fertigungsabläufe und der Aufbau der erwähnten Datenbank für die Verfahrensdaten, die umfassende Datensätze jeder einzelnen Ausführung von Winkelriemchen zuordnet, wie auch deren automatische Übergabe als Steuerdaten an die Bearbeitungsstationen dürfte in dieser Konsequenz bisher in keinem Betrieb der Baukeramik durchgeführt worden sein.

3.3.1 Ökonomische Bewertung

Die Realisierung der angeführten ökologischen Entlastungen durch Wegfall des Trägersteins führt aufgrund der inzwischen eingetretenen Preiserhöhungen von etwa 5% gegenüber der ersten Entwicklungsphase zu höheren, jährlichen Einsparungen gemäß Tafel2:

Pos.	Arbeitsgang	Bezugsgröße	Einsparung je Einheit	Summe EURO
1	Ton Westerwald, Treib-	115 Fuhren pro	5,65 €/t	16.950,00
	Ton Westerwald, Material	3 000 t	17,72 €/t	53.160,00
	Tontransp. v. Werksgrube	231 Fuhren pro	0,83/t	4.980,00
2	Tonabbau	15 957 l Diesel/a	0,87 €/l	13.882,59
		950 l Schmieröl/a	2,70 €/l	2.565,00
3	Anmachwasser	1 620 m ³ /a	1,20 €/m ³	1.944,00
4	Aufbereitung	1 320 MWh/a	0,13 €/kWh	171.600,00
5	Brennen, elektr. Energie	175 MWh/a	0,13 €/kWh	22.750,00
6	Brennen, Erdgas	5344 MWh/a	0,035 €/kWh	187.040,00
7	Brechen Trägersteine	323 MWh/a	0,13 €/kWh	42.250,00
	Summe			517.121,59

Tafel 3: Zusammenstellung der möglichen Kosteneinsparungen pro Jahr

Dieser Einsparung von 517 122,- €/a sind die gesamten Entwicklungs- und Investitionskosten in Höhe von 4.840.776,- €, gerechnet mit einer Nutzungsdauer von 8 Jahren mit 605.097 €/a gegenüber zu stellen. Es verbleibt ein Verlust von 87.975 €/a. Nur wenn man die gesamte Zuwendung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Höhe von 750.065 € abrechnet, verbleiben die bisherigen Entwicklungs- und Investitionskosten in Höhe von 4.090.711€ bei einer Nutzungsdauer von 8 Jahren mit jährlichen Abschreibungen von 511.339/a. um 5.783 €/a unter der erreichbaren Kostensenkung.

Diese Betrachtung zeigt, wie dringend erforderlich es war, schnellstens sämtliche Ausführungen der Winkelriemchen auf das neue Produktionsverfahren umzustellen und gleichzeitig eine Produktionssteigerung um etwa 25 % durchzuführen. Der entsprechende Absatz sollte angesichts der anstehenden Verschärfung der WärmeschutzVO, der steigenden Energiepreise und der Bemühungen im Export mittelfristig erreicht werden, da die Klinkersysteme zu 60% für Renovationen in Zusammenhang mit Wärmedämm - Verbundsystemen (WDV) eingesetzt werden.

3.4 Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Nach Abschluss der ersten Entwicklungsphase wurden zur Verbreitung der Entwicklungsergebnisse folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Kunden- und Architekten - Informationen,
- Architektenmappen,
- Displays,
- Werbemaßnahmen über Elementhersteller,
- Veröffentlichungen in Bauzeitschriften.

Außerdem wurde das neue Produktionsverfahren durch Veröffentlichungen, die von der DBU in Tageszeitungen initiiert wurden, sehr bekannt. Diese Informationen werden von der DBU auch über das Internet verbreitet.

Die neue Fertigungstechnik wurde im März 2003 einer Gruppe polnischer Stipendiaten vorgeführt, die auf Einladung der DBU in Deutschland weilten. Präsentation und Werksbesichtigung fanden großen Anklang.

Die Klinkerriemchen einschließlich der Winkelriemchen sind im Internet unter der Adresse www.feldhaus-klinker.de ausführlich beschrieben. Alle Ausführungen können nach Farbe und Oberfläche sortiert einzeln abgerufen werden.

Zusätzlich weisen Baustoffhändler im Internet auf die Feldhaus-Produkte hin. Die betreffenden Seiten können unter den Stichworten "Winkelriemchen" und "Feldhaus" aufgerufen werden. Dabei wird jedoch nicht speziell auf das neue Herstellverfahren für die Winkelriemchen hingewiesen, vielmehr stehen die in Verbindung mit Wärmedämmsystemen erreichbaren Vorteile im Vordergrund.

4.0 Fazit

Im vorhergehenden Entwicklungsvorhaben wurde eine Verfahrenstechnik entwickelt, um Winkelriemchen mit einer Stärke von 18 mm ohne Trägerstein herzustellen. Ziel des Anschlussvorhabens war der Übertrag des Verfahrens auf die Produktion von 9 mm starken Winkelriemchen.

Aufgrund der äußerst labilen Werkstücke mussten erhebliche Änderungen und Ergänzungen am Verfahren vorgenommen werden. Es mussten neue Presskopf-Einlagen und Vorsatzplatten entwickelt werden. Die Extruderpresse musste umgebaut werden, um eine höhere Schubkraft am Strangaustritt und damit eine höhere Dichte der Formlinge zu erzeugen. Ferner mussten neue Materialzusammensetzungen gefunden werden. Das Schneiden und die Oberflächenbehandlung der dünnen Riemchen musste verbessert werden, zusätzliche Richtvorgänge wurden erforderlich. Das Setzen der Riemchen auf die Ofenwagen musste erheblich geändert werden. Gründe dafür waren

- der Verzug der Winkelriemchen durch die Fliehkräfte beim schnellen Setzen durch die Setzroboter
- der tonnenförmige Verzug der Riemchen aufgrund der bisherigen Setzweise,
- die Rissbildung und Verzug durch die Trocken- und Brenntechnik.

Diese Schwierigkeiten konnten beseitigt werden. Es stellte sich jedoch heraus, daß die zahlreichen Ausführungen der Winkelriemchen jeweils eine individuelle Verfahrenstechnik von der Materialrezeptur bis zur Trocken- und Brenntechnik erfordern. Es wurde damit begonnen, die fertigungstechnischen Daten in einer Datenbank zusammenzustellen. Es besteht das Ziel, diese Datensätze bei Aufruf auf die einzelnen Komponenten der Fertigungslinie zu übertragen, so daß eine weitgehend automatische Programmierung für jede Ausführung der Winkelriemchen erreicht werden kann.

Da durch den Wegfall des bisher notwendigen Trägerstein zur Herstellung von Winkelriemchen verzichtet werden kann, wird eine erhebliche Energie- und Materialeinsparung erzielt. Die ökologischen Ziele wurden somit erreicht.

Die technologische Bewertung ergibt, daß mit dem Vorhaben ein neuer technischer Stand in der keramischen Industrie erreicht wurde. Er betrifft die Formgebung, die Fördertechnik und die Trocken- und Brenntechnik.

Die ökonomische Bewertung besagt, daß erst mittelfristig mit einem positiven Aspekt gerechnet werden kann, da die Entwicklungs- und Investitionskosten nur über einen längeren Zeitraum von etwa 8 Jahren amortisiert werden können. Ohne eine Zuwendung der DBU ergäbe sich eine negative Bewertung.

4.0 Literaturverzeichnis

- [1] DIN 105

- [2] Prof. Dipl.-Ing. Friedrich Rügge (Herausgeber);
Die Formgebung auf Strangpressen (ab Seite 237)
Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1975 ; Bauverlag Wiesbaden und Berlin;

- [3] Dr.-Ing. C.O. Pels Leusden;
Die Bedeutung der Materialströmung in der Schneckenpresse für die
Formgebung
Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1969; S. 190 – 216

- [4] H.Buggisch, W. Hoffmann, S. Huth, B. Maar, G. Wittum
Preßwerkzeug-Simulations-Modell
Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Bau- und Baustoffmaschinen,
Frankfurt a. M., November 1997, Heft Nr. 11