

# **High-Speed Dekantier-Zentrifugation (HSD): Ein neuer Weg zur Umsatz- und Ertragssteigerung bei der Produktion von Soja-Protein-Isolaten**

Waldemar Neumüller und Franz Kiel

**Durch die Entwicklung einer neuen Generation von Hochleistungs-Dekantier-zentrifugen, den Prodecantern, und gleichzeitigem Einsatz katalytischer Mengen von Enzym ist es gelungen den traditionellen Prozeß der Soja-Isolat Gewinnung deutlich zu verbessern. Dabei wird mit hohen Feststoffgehalten gearbeitet und auf Entschäumer in der Extraktion völlig verzichtet. Die Reinheit des so erzeugten Isolates erreicht 92%. Die Proteinausbeute liegt mit 80% deutlich über dem traditionellen Verfahren. Damit reduziert sich der Rohstoffeinsatz um 25% und der Wasser- und Energieverbrauch bis zu 80%, ohne die bekannte Qualität der Soja-Isolate zu verändern.**

## **Einleitung**

Soja (*Glycine max*) wird oft als „mystische“ Pflanze bezeichnet, da aus ihr Pflanzenöl, pflanzliches Protein, Fasern und verschiedene pharmakologisch wirksamen Substanzen gewonnen werden können [1-3]. Dabei sind heute das Sojaöl, das Sojaeiweiß und die Phytoöstrogene (Isoflavone) von höchstem wirtschaftlichen Interesse [4]. Der Wert der Pflanze liegt in der Frucht, der Soja-Bohne, die im Vergleich mit anderen Leguminosen mit Abstand den höchsten Ertrag an Öl und Eiweiß liefert [5,6].

Bereits schon vor 3000 Jahren wurde Soja in China kultiviert, um daraus Nahrungsmittel in Form von Tofu zu gewinnen. Vor ca. 200 Jahren kam die Soja-Pflanze in die Vereinigten Staaten und trat von dort Mitte des vorigen Jahrhundert seinen Siegeszug als Nahrungsmittel an [7,8]. Erste Formulierungen als Nahrungsmittel entstanden bereits 1929 durch Mead Johnson, 1939 brachte Borden Special Products die erste Baby-Nahrung auf Sojabasis auf den Markt [9,10]. Durchsetzen konnte sich Soja-Protein aber erst in den 60iger Jahren mit der Entwicklung von Sojaeiweiß-Isolat durch Ralston Purina (PTI), das mit 90% Reinheit die Nachteile der damaligen Sojaverarbeitung beseitigte.

Die Reinheit des ersten industriell hergestellten Soja-Isolats ist bisher noch unübertroffen und wurde für Sojaprotein zum internationalen Maßstab [11]. Deshalb müssen Soja-Isolate heute mit mindestens 90% Protein bezogen auf Trockensubstanz erzeugt werden, um als Isolat bezeichnet zu werden [12]. Bleibt die Reinheit unter diesem Wert, wird ein solches Produkt

nur noch als Konzentrat gehandelt, was einen deutlich niedrigeren Verkaufswert zur Folge hat.

Die Entwicklung der letzten 50 Jahre hat unterschiedliche „Isolierte Soja Proteine (ISP)“ auf den Weltmarkt gebracht, die sich in Ihrer Funktionalität durchaus unterscheiden. So wird heute mehr denn je gefordert, daß die Löslichkeit der Soja-Isolate gesteigert und der Eigengeschmack der Soja-Bohne, der sogenannte „beany taste“ weiter vermindert wird.

Diese Forderungen stehen vor dem Hintergrund des neuen Soja-Booms in den USA. Ausgelöst wurde dieser Boom durch die zuständige Kontrollbehörde FDA (Food and Drug Administration). Im Oktober 1999 hatte diese Behörde genehmigt, daß Firmen öffentlich damit werben dürfen, daß Soja das Risiko von Herzerkrankungen senken kann [13,14]. Dieses hat zur Folge, daß nun Soja-Produkte mit sogenannten „Health Claims“ beworben werden, was letztlich beim Endverbraucher zu einer starken Nachfrage geführt hat.

Dieser neue, durch die FDA mit ausgelöste Soja-Boom führt dazu, daß international die Produktionskapazitäten nicht mehr ausreichen, den steigenden Bedarf an Soja-Produkten, ganz besonders den Soja-Isolaten, zu decken. Daher sind international neue Produktionsanlagen in Planung.

Die hohen Erwartungen in die Steigerung der Produktionskapazitäten von pflanzlichem Soja-Isolat wird durch die Situation im Proteinmarkt Europas weiter gestützt. Besonders die Verknappung an tierischem Eiweiß im Tierfutter durch das Verbot von Tiermehl in der Folge von BSE, die Reduzierung von tierischen Produkten bedingt durch BSE und Maul- und Klauen Seuche und die zunehmende Ablehnung von tierischem Protein durch verschiedenste Tierskandale haben den allgemeinen Trend zu pflanzlichen Produkten erheblich verstärkt [21,22].

Dieses findet seinen Niederschlag in den Preissteigerungen für verschiedenste pflanzliche Rohstoffe. Besonders bei den Soja-Rohstoffen und den daraus hergestellten Produkten wie Sojaprotein-Isolat sind die Steigerungen bemerkenswert, da es nur wenige pflanzliche Rohstoffe von solch industrieller Bedeutung gibt.

Das starke Wachstum für Soja-Protein macht daher ein Überdenken der gegenwärtigen Isolat-Produktion nach mehr Effizienz, geringerer Umweltbelastung und höherer Flexibilität der Anlagen notwendig.

### **Der klassische Prozeß der Isolat-Gewinnung**

Seit Anfang der 60iger Jahre des letzten Jahrhunderts wird Sojaprotein-Isolat industriell hergestellt [23,24]. Das Verfahren hat sich seit dieser Zeit wenig verändert obwohl sich die Anforderungen nach besserer Ausnutzung der Rohstoffe, Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs und einer Reduzierung der Emissionen deutlich erhöht haben. Besonders in Europa haben diese Anforderungen so stark zugenommen, daß hier eine Produktion von Soja-Isolat wirtschaftlich nicht möglich wäre.

Daher finden sich die führenden Soja-Isolat erzeugenden Unternehmen in den Anbaugebieten, wie den USA, Brasilien und Argentinien. Ohne Bedeutung ist noch die Volksrepublik China, doch wird sich das auf mittlere Sicht ändern.[25]

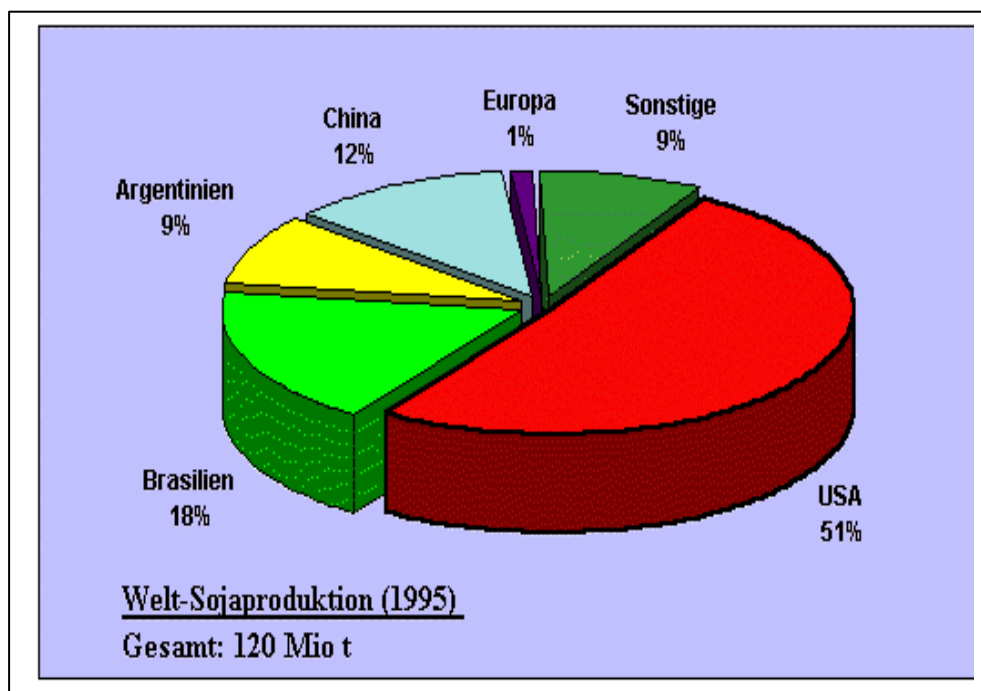


Abbildung 1: Soja produzierende Länder

Anders als in Europa sind in diesen Erzeugerländern die Kosten für Energie und Wasser, aber auch Maßnahmen in den Umweltschutz, deutlich geringer.

Traditionell wird Soja-Isolat überwiegend aus den bei der Sojaöl-Extraktion verbleibenden Rückständen, den speziell verarbeiteten und getrockneten „white flakes“ hergestellt. Hierzu werden die Soja-Bohnen zu Plättchen gewalzt und anschließend mit Hexan extrahiert. Der dabei anfallende Feststoff wird schonend unter Vakuum erhitzt, bis das Hexan entfernt ist. Dieses Verfahren ist Voraussetzung, um eine hohe Alkali-Löslichkeit der Proteine zu erhalten.

Bei der Verarbeitung zu den Isolaten werden die Flakes zunächst in dampfbetriebenen Kochern erhitzt, um Trypsin - Inhibitoren zu inaktivieren /denaturieren, und anschließend dann mit Alkali bei pH 8-10 und Temperaturen von 50-70°C extrahiert. Die alkalische Suspension wird über Dekantierzentrifugen in Flüssigphase und Feststoff getrennt, wobei der Feststoff nachgewaschen wird. Der Feststoff ist faserreich und kann noch als Tierfutter oder weiter gereinigt, als Ballaststoff verwendet werden. Die abgetrennte Flüssigkeit wird zusammengeführt, mittels Separator nachgeklärt und mit Säure auf den isoelektrischen Punkt des Soja-Proteins eingestellt (pH 4,4-4,6). Hierbei koagulierte das Eiweiß. Nach einer längeren Verweilzeit wird der entstehende Protein-Quark erneut durch Dekanter abgetrennt, gewaschen, neutralisiert und getrocknet.

Um die geforderte Reinheit zu erreichen, wird mit verdünnten Lösungen gearbeitet. Im Normalfall beträgt die Trockensubstanz der Extraktionslösung weniger als 5%, wobei nach der Proteinfällung der Feststoff noch mehrfach nachgewaschen wird. Bei der Fällung und Wäsche entsteht eine Molke, die als Abwasser entsorgt wird.

Zur Veranschaulichung sind in Tabelle 1 einige typische Produktionsparameter für die Produktion von 10.000 Tonnen Isolat bei 8000 Betriebsstunden per anno dargestellt. Die verwendeten white flakes haben im allgemeinen einen Proteingehalt von 46% und einen Feststoffgehalt (TS) von 90%.

Parameter	pro Stunde	pro Jahr (8000h)
<b>Eingesetzter Rohstoff (to)</b>	<b>3,90</b>	<b>31.200</b>
Gefördertes Volumen (m <sup>3</sup> )	97	776.000
<b>Wasserbedarf (to)</b>	<b>130</b>	<b>1040.000</b>
Abwassermenge (to)	120	960.000
<b>Elektrische Leistung (MW)</b>	<b>5</b>	<b>40.000</b>
Zu entsorgende Biomasse (to)	1,62	13.000
<b>Produzierte Menge Isolat (to)</b>	<b>1,25</b>	<b>10.000</b>
Anfallende Faserfraktion (to)	0,85	6.800
Ausbeute an Protein (%)	≤ 65	≤65

*Tabelle 1: Produktionsparameter einer 10.000 Tonnen Produktion von Soja-Isolat*

Auffallend ist die große Menge an Biomasse, die gegenwärtig nicht verwendet werden kann. Die prozeßbedingten Lösungen sind stark verdünnt und können wirtschaftlich nicht durch Filtrationen oder Eindampfer genutzt werden. Auch die Ausbeute an Protein ist mit 65% sehr gering. Die Proteinverluste erhöhen zusätzlich die nicht verwertbare Biomasse.

Neben dem Protein tragen im traditionellen Verfahren noch die Fasern zur Wertschöpfung bei, wogegen die Biomasse entsorgt werden muß. Heute wird versucht zusätzlich durch Extraktion von Phytoöstrogenen (Isoflavonen) die Wertschöpfung zu erhöhen.

Aufgrund der hohen Proteinverluste und der verdünnten Medien ist es zu verstehen, daß der traditionelle Prozeß große Verarbeitungsmengen erfordert, um die Anlagen wirtschaftlich zu betreiben (Fixkostendegression).

### **Protex-N: Die richtungsweisende neue Technologie bei der Isolat - Herstellung**

Der Schutz der Umwelt und die optimale Nutzung vorhandener Ressourcen steht in Europa im Mittelpunkt neuer Produktionsanlagen. Besonders wird ein Kostenmanagement immer mehr darauf achten müssen, daß die Wertstoffe Energie und Wasser, die einen wesentlichen Anteil an den Produktionskosten haben, entweder wiederverwendet oder sparsam verbraucht werden.

Vor dem Hintergrund der stark angestiegenen Preise für Primärenergie wie Öl und Gas, aber auch den hohen Kosten für Frisch- und Abwasser, entscheiden diese Kosten stärker als früher mit über die Standortfrage bei dem Bau von neuen Industrieanlagen. Gerade im internationalen Vergleich wäre der Standort Europa für Prozesse von geringer Bedeutung, in denen diese Faktoren eine große Rolle spielen. Dieses trifft, wie schon beschrieben, besonders für die traditionelle Herstellung von Sojaprotein-Isolat zu.

Geprägt durch die amerikanischen Produktionsbedingungen der 60iger Jahre des vorigen Jahrhundert, in denen Energie und Wasser fast unbegrenzt verfügbar waren, hat sich eine Technologie gefestigt, die heute einer umweltorientierten Betrachtungsweise nicht mehr entspricht. Daher gehen Investitionen in diesem Marktsegment klar an Europa vorbei. So laufen zur Zeit die Planungen für neue Soja-Isolat Anlagen in bislang nicht gekannter Größe nur in Brasilien, Argentinien und den USA. Hatten diese Anlagen früher noch einen jährlichen Ausstoß von 10-12.000 Tonnen Isolat, so sind heute 25-30.000 Tonnen das Ziel. Investitionen von 100 Mio. USD pro Anlage sind dabei keine Seltenheit.

Legt man das weltweit prognostizierte Wachstum für Soja-Isolat zugrunde, das in den nächsten 10 Jahren von einer Steigerung um mindestens 500.000 Tonnen per anno ausgeht, hätte dieses ein Investitionsvolumen von 1.7 Mrd. USD zur Folge. Obwohl der europäische Markt gut die Hälfte der Kapazität an Soja-Isolat aufnehmen wird, ist nicht bekannt, daß auch nur eine einzige Anlage in Europa neu entsteht.

In enger Zusammenarbeit zwischen der Fa. Flottweg, Spezialist im Bau von Zentrifugen und PCN Protein Consulting, Experte für industrielle Eiweiß- und Peptidgewinnung, ist es gelungen, das traditionelle Verfahren zur Herstellung von Soja-Isolat weiter zu verbessern und zu optimieren.

Mit der nun überarbeiteten Technik wird es erstmals möglich, auch in Europa wirtschaftliche Einheiten zu planen und zu betreiben, ohne auf die europäischen Anforderungen nach verantwortlichem Umgang mit unseren Ressourcen verzichten zu müssen.

Grundlage des Verfahrens ist eine neu entwickelte Dekantierzentrifuge, die unter dem Namen Prodecanter eingesetzt wird und deren Verbindung mit katalytischen Mengen an Enzym.

## **Material und Methoden:**

### **A) Prozeß**

*Rohstoff:* Es werden gemahlene White Flakes der Firma Cargill eingesetzt. Dieses Mehl ist typische Standardqualität und weist eine durchschnittliche Partikelgröße von 250 µm auf.

*Extraktionsmedium:* Für die Extraktion wird normales Stadtwasser von 18 Grad Deutscher Härte verwendet. Der pH-Wert der Suspension wird mittels einer Natriumhydroxid - Lösung von 8% und einer Salzsäure-Lösung von 5% eingestellt. Die Temperatur der Extraktion liegt zwischen 40°C und 50°C. Es wird ohne weitere Zusätze gearbeitet. Dem Extraktionsmedium werden 400 ml Enzym pro Tonne Rohstoff zugesetzt.

*Zentrifugen:* Für die Auftrennung der Suspension werden Prodecanter S4E der Fa. Flottweg eingesetzt.

*Trocknung:* Die Proteinsuspension wird auf einem Sprühturm der Fa. Bontech, Dänemark, getrocknet. Dabei beträgt die Eintrittstemperatur 180 °C, die Austrittstemperatur 80°C. Die Oberfläche des Sprühturms wird durch ein internes Blasrohr (air brush) ständig von Pulver befreit.

*Kurzbeschreibung des Verfahrens:* Das Mehl wird mit Wasser von 50°C suspendiert (15% TS) und mittels Dampfinkjektion auf 100°C erhitzt. Die Verweilzeit beträgt 2 Minuten. Nach Abkühlung auf 50°C wird der Suspension Natronlauge so lange zugesetzt, bis der pH-Wert von 9 erreicht ist. Diese Lösung wird mittels Standstrecke 15 Minuten lang bewegt, bis dann anschließend eine erste Zentrifugation erfolgt. Der ausgetragene Feststoff wird aufgenommen und erneut wie vor behandelt. Dieses erfolgt ein drittes Mal. Die Abläufe werden zusammengeführt und mit Salzsäure auf einen pH-Wert von 4,4 eingestellt. Nach einer durchschnittlichen Verweilzeit von 30 Minuten wird das koagulierte Protein zentrifugiert. Der ausgetragene Feststoff wird mit Wasser aufgenommen, zentrifugiert, neutralisiert und getrocknet.

### **B) Analysen**

Die getrockneten Protein-Isolate werden auf folgende Funktionalitäten hin untersucht: Wasserbindung (WHC), ÖladSORPTIONSKAPAZITÄT (FAC), Schaumkapazität und Schaumstabilität sowie auf Eiweißlöslichkeit (NSI). Als Referenzprotein dient das Eiweiß-Isolat Supro 500 E der Fa. PTI (USA). Es werden die DIN-Verfahren der Lebensmittelindustrie mit Ausnahme der Bestimmung des NSI-Wertes zugrunde gelegt. Der NSI-Wert wird durch

Ermittlung des Stickstoffgehaltes nach Dumas bestimmt. Der Proteingehalt errechnet sich mit dem Faktor 6,25.

### **Ergebnisse und Diskussion:**

Der Prodecanter ermöglicht es zusammen mit katalytischen Mengen an Enzym die Nachteile der bestehenden Dekanter in der Proteinextraktion zu beseitigen, aber die Vorteile einer hohen Feststoffbelastung zu erhalten.

Mit einem Zentrifugalfeld von bis zu 6000xg ist es möglich feine Partikel zu sedimentieren, die bislang den Einsatz eines Separators erforderten. Dabei ist dem Fachmann bekannt, daß ein Separator nur eine minimale Feststoffbelastung im Zulauf aufweisen darf, damit er wirkungsvoll und wirtschaftlich betrieben werden kann.

Gerade dieser Punkt macht es unmöglich, den traditionellen Prozeß mit einer höheren Feststoffbelastung zu fahren, da Separatoren als Klärer vor der Proteinkoagulation eingesetzt werden. Ohne eine solche Klärung wären aber die gewünschten Reinheiten von 90% Protein nicht zu erreichen.

Ein großer Nachteil von Proteinen ist zudem die Eigenschaft stark zu schäumen. Besonders bei der Trennung mit herkömmlichen Dekantern entsteht durch den Eintrag von Luft schnell ein Schaum, der die Abtrennung der Proteine deutlich verschlechtert. Um dieses zu verhindern, werden im traditionellen Verfahren neben der Verdünnung der Suspension auch meist Entschäumer auf Silikonbasis eingesetzt.

Die Konstruktion der neuen Zentrifuge macht den Einsatz von Entschäumern überflüssig. Durch eine Anzahl von Detail-Lösungen und dem Enzym wurde es nunmehr erreicht, daß der neue Extraktionsprozeß unter hohen Ausbeuten mit einem Feststoffgehalt von 10% gefahren werden kann, ohne Einbußen bei der Reinheit zu erhalten.

Sehr wirkungsvoll dokumentiert die neue Technologie den Stand der Technik dadurch, daß die Proteinausbeute um gut 15 % gegenüber dem traditionellen Verfahren gesteigert werden konnten (80 % Proteinausbeute statt bisher 65%), was bedeutet, daß mit 75% des Rohstoffes



„white flakes“ ausgekommen werden kann, um die gleiche Produktionskapazität an Isolat zu erreichen.

Durch die hohe Trennleistung und der veränderten Prozeßführung wird es möglich, das Abwasser durch Filtration wieder als Prozeßwasser zu verwenden. Die erhaltene Biomasse kann entweder als Fermentationshilfe verkauft oder zur wirtschaftlichen Produktion von Biogas herangezogen werden. Erste Berechnungen zeigen, daß die Nutzung in einer Bigasanlage mit anschließender Verwertung des Gases in einem BHKW (Energienutzung: 40% Strom, 50%Wärme) die Produktionsanlage deutlich unabhängiger von Strom und Öl/Gas und damit von einem möglichen Standort macht.

Tabelle 2 stellt die Prozeßparameter des Protex N Verfahrens für eine 10.000 Tonnen Anlage Isolat dar (White Flakes mit 46% Protein und 90% TS).

Parameter	pro Stunde	pro Jahr (8000h)
<b>Eingesetzter Rohstoff (to)</b>	<b>2,9</b>	<b>23.500</b>
Gefördertes Volumen (m <sup>3</sup> )	40	320.000
<b>Wasserbedarf (to)</b>	<b>45</b>	<b>360.000</b>
Abwassermenge (to)	40	280.000
Wiederverwendetes Filtrat (to)	24	192.000
Wasserverbrauch (to)	16	128.000
Zu entsorgende Biomasse (to)	0,9	7.200
Mit Biogas (to)	0,14	1.200
Verwertbare Energie (MW Biogas)	1,7	13.600
<b>Elektrischer Leistungsbedarf (MW)</b>	<b>3,4</b>	<b>27.000</b>
<b>Produzierte Menge Isolat (to)</b>	<b>1,25</b>	<b>10.000</b>
Anfallende Fasermenge (to)	0,58	4.700
Ausbeute an Protein (%)	>80	>80

**Tabelle 2: Produktionsparameter einer 10.000 Tonnen Produktion von Soja-Isolat nach Protex N**

*Es wird angenommen, daß eine Biogasanlage die Verwertung der Biomasse sicherstellt. Das durch die Biogasanlage behandelte Abwasser wird mittels Membranfiltration aufbereitet. Es wird dabei zugrunde gelegt, daß das aufbereitete Wasser sich aufgrund der Beschaffenheit zu 60% wiederverwenden läßt. Der bei der Biogasbildung anfallende Schlamm kann als hochwertiges Tierfutter abgegeben werden. Das anfallende Biogas wird in einem BHKW zu 40% in Strom und zu 50% in Wärme umgewandelt. 10% der Energie werden als Verlust eingeplant.*

Zwei wesentliche Bereiche unterstreichen bei einem direkten Vergleich einer Isolat-Produktion von 10.000 Tonnen jährlich die Verbesserungen des neuen Prozesses gegenüber dem traditionellen Verfahren: Der Rohstoffeinsatz verringert sich um 8000 Tonnen (=25,6%) und der Wasserverbrauch wird von 130 Tonnen pro Stunde auf 27 Tonnen pro Stunde reduziert. Dieses entspricht einer Verringerung an Frischwasser um 79,2% (103 Tonnen pro Stunde).

Nicht unbedeutend ist aber auch der geringere Strombedarf, der in der Folge der höheren Feststoffkonzentration in der Extraktion zu kleineren/weniger Maschinen führt. Immerhin läßt sich der Strombedarf bei gleicher Produktionskapazität von ca. 5 MW/h auf ca. 3,4 MW/h reduzieren. Nutzt man die Möglichkeiten der Biogasanlage so würde sich der Energiebedarf weiter auf 1,7 MW/h verringern.

Diese Vorteile, Verbesserung der Rohstoffnutzung und Verringerung der Ressourcen Wasser und Energie entsprechen den heutigen Vorstellungen an ein modernes und umweltgerechtes Verfahren.

## Wirtschaftliche Betrachtung der Prozesse

Die Vorteile des neuen Protex N Verfahrens werden bei einer wirtschaftlichen Gegenüberstellung der beiden Herstellungsprozesse, dem traditionellen und dem neuen Isolat-Verfahren, sichtbar. Daher stellt Tabelle 3 eine Näherung der Umsatz- und Ergebniserwartungen der beiden Prozesse dar, würde man in Europa produzieren.

	Trad. Verfahren	Protex N
	Mio. Euro (€)	Mio. Euro (€)
Investition (10.000 to Isolat) ca.	60	40
Umsatz (*) ca.	34	33
Abschreibung 8 Jahre	7,5	5,0
Kosten gerundet ca.	24,4	16,6
White Flakes (450€/to)	14,0	10,6
Wasser (0,5€/to)	0,6	0,1
Heißwasser (28€/to Dampf)	1,0	0,5
Abwasser (1,5€/to)	1,5	0,3
Elekt. Energie (43€/MW)	1,8	0,6**
Trocknung (28€/to Dampf)	1,6	1,6
Hilfsstoffe (Lauge, Säure)+ CIP	1,2	1,0
Enzym	- -	0,2
Personal	1,2	0,7
Sonstiges (2,5% auf Invest)	1,5	1,0
Gewinn vor Steuern (€)	2,1	11,4
In Prozent -vom Umsatz mit Abschr.	6,2	34,5
-vom Umsatz ohne Abschr.	28,2	49,7
(*Umsatz: Isolat 3,1€/kg, Fasern 0,51€/kg **Elektr.Energie: mit Biogasverwertung)		

**Tabelle 3: Vergleich der Umsatz-und Ergebniserwartungen bei der Soja-Isolat Herstellung**

Tabelle 3 zeigt deutlich auf, daß der eigentliche Vorteil der neuen Technologie in der Einsparung von Produktionskosten bei nur zwei drittel der Investitionskosten liegt.

Allein die Wasser und Abwasserkosten machen im traditionellen Prozeß fast 9% der reinen Herstellungskosten aus, würde man mit europäischen Kosten rechnen müssen.

Anders formuliert, produziert man mit dem traditionellen Verfahren nicht in Europa, erhöhen sich die Gewinne vor Steuern allein durch Einsparung der Wasser- und Abwasserkosten (Annahme: 10% der europäischen Kosten) um 90% (von 2,1 auf ca. 4 Mio. Euro). Betrachtet man zusätzlich die Energiekosten, so findet man auch hier ein ähnliches Bild. Die elektrische Energie entspricht fast 8% der reinen Herstellungskosten. Nimmt man die niedrigen Energiekosten der USA oder Brasilien (30% der europäischen Kosten) so erhöht sich der Gewinn vor Steuern um weitere 33% (von 4 auf ca. 5,3 Mio. Euro).

Allein diese Verringerung der Wasser-/Abwasser und Energiekosten erhöht den Gewinn vor Steuern bei Produktion in den Erzeugerländern um 3,2 Mio. Euro, was einer Steigerung des Gewinns vor Steuern um 150 % entspricht.

Bei diesen Zahlen ist es daher nicht verwunderlich, daß Produktionen von Soja-Isolat nach herkömmlichen Verfahren nicht in Europa stattfinden. Die Wettbewerbsfähigkeit wäre damit nicht mehr gegeben. Nimmt man ferner an, daß die Preise für die Primärenergie (Gas, Öl) in den genannten Ländern noch günstiger sind als die europäischen Werte und daß der Transportanteil der Soja-Flakes vernachlässigbar ist, da der Anbau im Erzeugerland liegt, so sind keine vertretbaren Gründe mehr vorhanden in Europa zu produzieren.

Anders sieht dagegen die Situation aus, wird nach dem neuen Protex N-Verfahren gearbeitet. Durch die starke Verringerung der kostentreibenden Betriebsmittel Wasser und Energie wird insgesamt die Produktion in Europa nicht teurer als die Produktion außerhalb von Europa. Ein Standortvorteil ist nicht mehr gegeben.

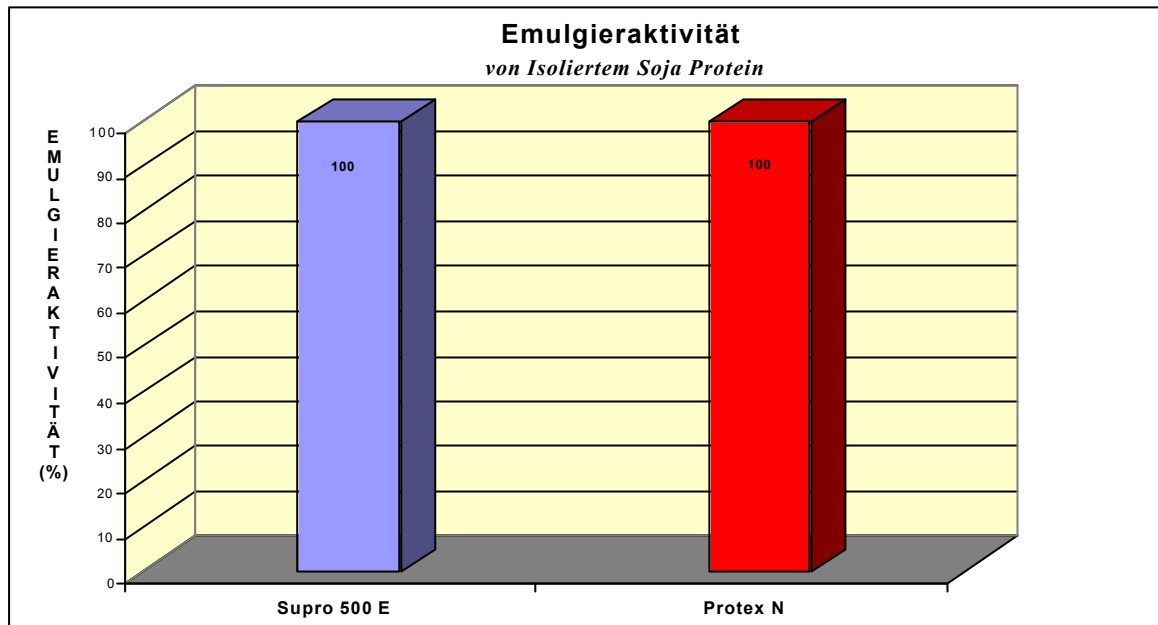
Das Gegenteil tritt ein. Durch die verbesserte Rohstoffnutzung, der besseren Nutzung von Wasser und Energie, der Möglichkeit mit kleineren/weniger Maschinen gleiche Produktivität zu erreichen, erhöht sich der Ertrag in einem Maße, daß der Gewinn vor Steuern nach dem Protex-N-Verfahren bei jeder Betrachtungsweise deutlich über den Gewinnerwartungen bestehender oder geplanter Anlagen in Übersee liegt. So wäre in dem beschriebenen Beispiel der erzielte Gewinn in Europa mit dem Protex-N-Verfahren fünfmal so hoch wie für das traditionelle Verfahren, immerhin noch gut doppelt so hoch im direkten Vergleich mit Übersee.

Die höhere Wertschöpfung im Protex N –Verfahren macht es daher möglich mit kleineren Anlagen international konkurrenzfähig zu produzieren. Kleinere Anlagen bedeuten aber auch geringere Investitionen und damit auch geringeres Produktionsrisiko und ermöglichen nicht nur der Großindustrie in diesem Markt erfolgreich zu sein. Die kleinste wirtschaftliche Protex-N-Anlage liegt heute bei ca. 0,5 Tonnen pro Stunde bei 6000 Betriebsstunden.

### **Qualität des Soja-Isolats**

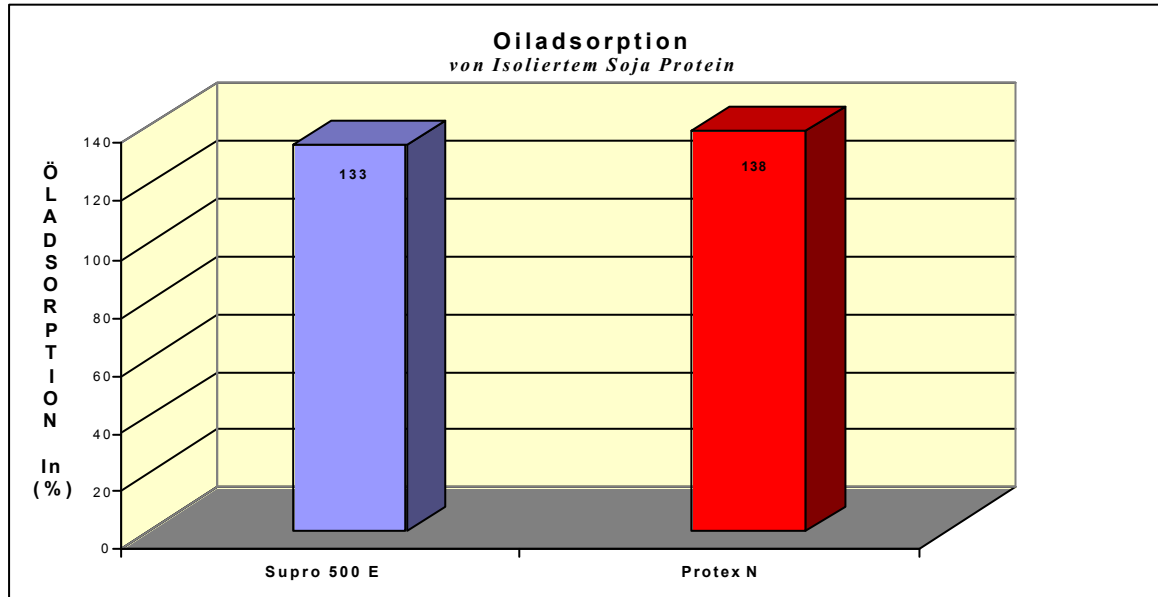
Um im internationalen Markt mit den Produkten bestehen zu können, müssen die Eigenschaften der unterschiedlich produzierten Isolate vergleichbar sein.

Nachstehende Abbildungen stellen die funktionellen Eigenschaften der Isolate gegenüber. Dabei wird als Referenz für das traditionelle Verfahren das Soja-Isolat Supro 500 E der Firma PTI (USA) einem Isolat, hergestellt nach dem Protex-N-Verfahren, gegenübergestellt. Besonders werden die Funktionalitäten Wasserbindung, Ölbindung, Schaumverhalten und Eiweißlöslichkeit betrachtet. Diese Funktionalitäten bestimmen wesentlich die Verwendbarkeit der Produkte in der Nahrungsmittelindustrie.



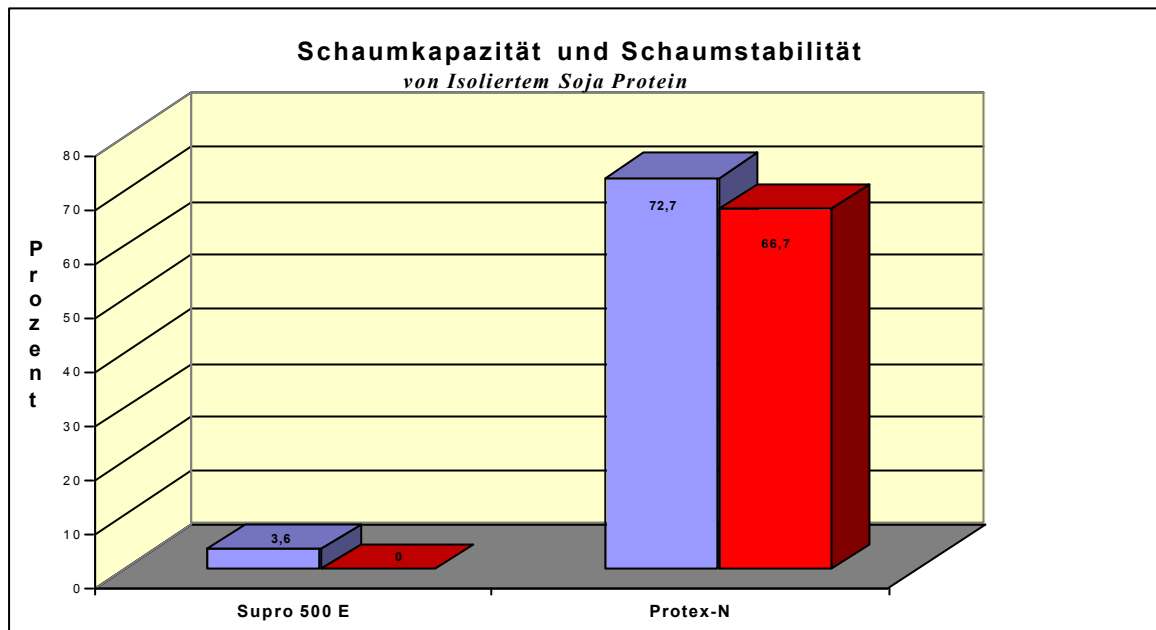
**Abbildung 2: Emulgieraktivität der Soja Isolate**

Der Vergleich der Emulgiereigenschaften zeigt gleiches Verhalten der Isolate. Die Produkte Supro 500E (PTI) und Isolat Protex N entsprechen sich. Damit wirkt sich das veränderte Verfahren nicht auf diese Eigenschaft aus. Ähnliches Bild findet man für die Öladsorption.



**Abbildung 3: Öladsorption der Soja Isolate**

Auch hier ist kein Unterschied bei der funktionellen Eigenschaft festzustellen. Die Ölbindung von Supro 500 ist vergleichbar dem Isolat hergestellt nach dem Protex N Verfahren.



**Abbildung 4: Schaumbildung und Schaumstabilität der Soja Isolate**

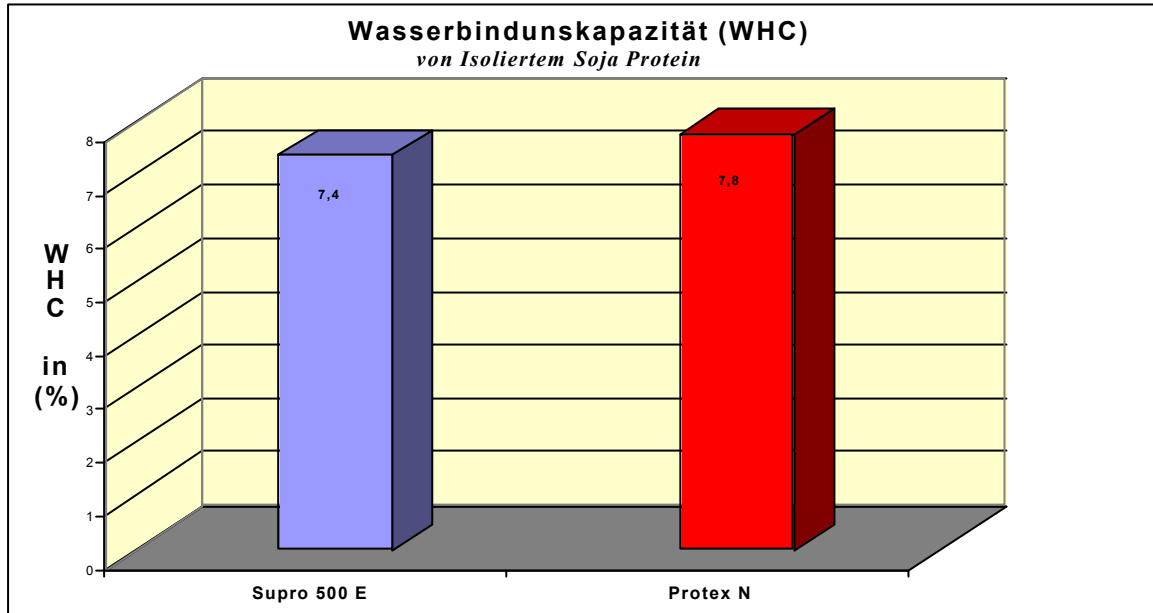
Überaus deutlich zeigt sich dagegen ein Unterschied der Produkte bei der Schaumbildung und der Schaumstabilität. Supro 500 E hat weder eine nennenswerte Schaumbildung noch kann dieser Schaum gehalten werden.

Diese Darstellung zeigt sehr deutlich den Einfluß der Entschäumer im Herstellungsprozeß. Während im Protex N-Verfahren ganz auf Entschäumer verzichtet werden kann, wird im traditionellen Verfahren, z.B. bei Supro 500 E, der Entschäumer zugesetzt, um das Aufschäumen der Extraktionslösung zu unterdrücken. Ohne diese Entschäumer wäre eine wirtschaftliche Trennung und Aufarbeitung der Produkte nicht möglich.

Selbstverständlich wirkt sich dann dieses Anti-Schaummittel auch bei der Funktionalität des Produktes aus, da der Entschäumer produktionstechnisch nicht entfernt werden kann.

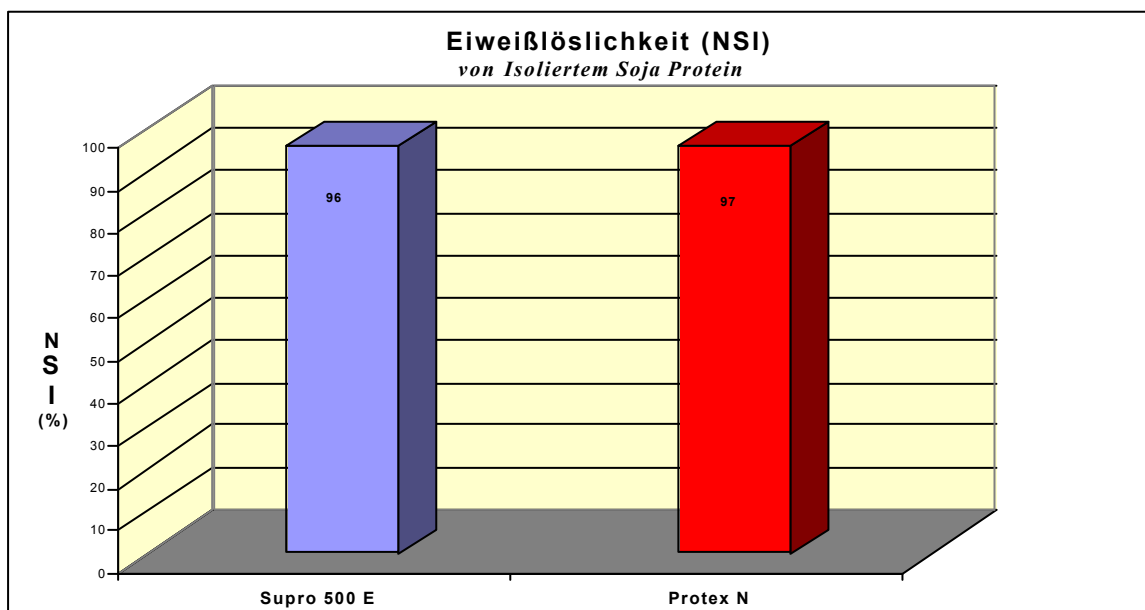
Gerade in dem Bereich Aufschlagfähigkeit sind Isolate nach dem Protex N-Verfahren deutlich den Produkten im traditionellen Verfahren überlegen.

Für viele Applikationen ist eine gut Wasserbindung der Produkte wichtig und wünschenswert. Wie Abbildung 5 deutlich macht, ist das Wasserbindungsvermögen der Isolate identisch. Mit 7-8 Gramm Wasser pro Gramm Protein sind dieses Werte sehr gut.



**Abbildung 5: Wasserbindung der Soja Isolate**

Es wird heute immer mehr gefordert, daß die Produkte eine hohe Löslichkeit aufweisen sollen. Dieses wird normalerweise mit der Löslichkeit an Stickstoff dokumentiert. Wie die Abbildung 6 zeigt, haben alle hier aufgeführten Isolate eine vergleichbar hohe Löslichkeit.



**Abbildung 6: Löslichkeit der Soja Isolate**



Wie die verschiedenen Darstellungen der Funktionalitäten zeigen, sind die Isolate nach dem Protex N - Verfahren den bekannten Produkten gleichwertig.. Dabei ist von entscheidender Bedeutung das die Produkte nach dem Protex-N-Verfahren keine Entschäumer enthalten, die sich negativ auf die Qualität des Produktes auswirken können, wie es am Beispiel des Schaumverhaltens gezeigt wird.

Da die Produktqualitäten übereinstimmen, können alle bestehende Rezepturen unverändert bleiben, ein Austausch der Produkte ist bedenkenlos möglich. Positiv ist dabei, daß sich die Anwendungsmöglichkeiten mit Produkten, hergestellt nach dem neuen Verfahren, erheblich vergrößern, da dem Isolat nicht die Schaumaktivität verloren geht.

## **Zusammenfassung**

Es ist gelungen, die heutigen Anforderungen hinsichtlich Verringerung des Energieverbrauches, Verminderung des Wasserverbrauchs und der Abwassermengen sowie einer besserer Ausnutzung des Rohstoffes auch bei der Herstellung von Soja-Isolat durch eine neue Zentrifugentechnik, katalytischen Mengen an Enzym und einer veränderten Prozeßführung zu erfüllen. Dabei konnten die bekannten Produkteigenschaften der Eiweißisolate vollständig erhalten werden.

Wirtschaftlich besonders positiv wirkt sich dabei aus, daß die Ausbeuten an Isolat um 15 Prozentpunkte (absolut) gesteigert werden konnten. Diese 15 Prozent entsprechen einer Kapazitätssteigerung von 23 Prozent bezogen auf den traditionellen Prozeß.

Durch die Erhöhung der Feststoffkonzentrationen während der Extraktion konnte das geförderte Volumen auf 28 Prozent des im traditionellen Prozeß transportierten Volumens reduziert werden, was bedeutet, daß mit wesentlich kleineren Maschinen gearbeitet werden kann. Kleinere Maschinen bedeuten aber weniger Energiebedarf in der Produktion, weniger Platzbedarf, geringere Gebäudekosten und geringere Infrastruktur.

Neben diesen gerätespezifischen Parametern wurde aber erstmals auch erreicht, daß das Abwasser nicht nur reduziert werden kann, sondern dieses auch als Wertstoff zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit nutzbar wird. Dabei bleibt es dem Anwender überlassen, ob er auf eine Biogas-Lösung setzt und damit seine Verbrauchskosten deutlich reduziert oder das Abwasser so weit aufkonzentriert, daß es als Grundstoff für die Aufzucht von Mikroorganismen genutzt werden kann.

Die Summe der Veränderungen und Verbesserungen ermöglichen es jetzt zum ersten Mal, auch in Europa Anlagen für die Herstellung von Soja-Isolat wirtschaftlich zu gestalten. In einem direkten Vergleich der Produktion in den Erzeugerländern USA und Brasilien, die nach dem traditionellen Verfahren arbeiten, mit der Produktion in Europa nach dem Protex N-Verfahren, verbleibt mit dem neuen Verfahren ein um 30% höher Gewinn vor Steuern. Damit ermöglicht das Einsparpotential es erstmalig, auch mit kleineren Produktionseinheiten international marktfähig zu produzieren.

## **Literaturverzeichnis:**

- 1) „Soya & Oilseed Bluebook 2001“, 2001, Soyatech. Inc. USA
- 2) „Die Sojabohne“, <http://www.asa-hamburg.de/produkte.html>
- 3) „Composition of a Soybean“, 1999, [http://206.168.118.237/99soystats/page\\_05.htm](http://206.168.118.237/99soystats/page_05.htm)
- 4) „Soy Protein-your key to better health“, S.J.Paxton,1996,Soy phytopharmacology, USA,  
<http://www.soyfood.com/drsuz.htm>
- 5) „Ausgezeichnete Vorteile“, R.Ziegelitz, Lebensmitteltechnik, 7-8, 2000
- 6) „Lehrbuch der Lebensmittelchemie“, Belitz/Grosch, 4.Aufl., 1992
- 7) „Soybeans:The sucess story“, Hymowitz.T, 159-163, 1990 in Advances in new crops eds. J.Janik and J.Simons, Timber press, Portland
- 8) „Soybeans...The Miracle Crop“, [http://206.168.118.237/99soystats/page\\_04.htm](http://206.168.118.237/99soystats/page_04.htm)
- 9) „The soybean revolution“ <http://www.niazi.com/soybean.htm>
- 10) „Soy Protein and Human Nutrition“ Wilke,Hopkins and Waggle, 1979, New York, Academic Press
- 11) „Definitions and Methods of Preparation“, <http://www.spcouncil.org/defs.html>
- 12) „Soy Protein Applications and Produkt Information“,  
<http://www.soyfoods.com/manufacture/applications.html>
- 13) „Food Label: health claims: Soy Protein and Coronary heart Disease“, Food and Drug Administration, 21 CFR, Part 101 (Dock.No.98P-0683), 1999
- 14) „Soy: Health claims for soy protein,Questions about other components“, J.Hnekel, FDA consumer magazine, 2000, [http://www.fda.gov/fdac/features/2000/300\\_soy.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2000/300_soy.html)
- 15) „Positive Eigenschaften der Soja-Isoflavone“, M.Messina, [http://www.asa-hamburg.de/04/04a\\_17.html](http://www.asa-hamburg.de/04/04a_17.html), 1999
- 16) „Soy Isoflavones; Genistein and Daidzein“,  
[http://www.bodywise.com/products/ingredients/soy\\_isoflavones.htm](http://www.bodywise.com/products/ingredients/soy_isoflavones.htm)
- 17) „Tragedy and Hype, The third international soy symposium“, S.Fallon and M.G.Enig, Nexus Magazine, Vol.7,No.3, 2000
- 18) „Evolution of the health benefits of soy isoflavones“, S.Barnes, P.S.E.B.M., Vol 21, 738-792, 1998
- 19) „Soybean Phytoestrogen intake and cancer risk“, Herman et.al., J.Nutr., 125, 757S-770S, 1995
- 20) „Spreading the truth about soy“, <http://www.soyonlineservice.co.nz/Intro.htm>
- 21) „Gen-Soja statt Tiermehl“, <http://www.transgen.de/Aktuell/tiermehl.html>
- 22) „Nachfrage nach Sojabohnen als Tiermehlersatz steigt“, <http://www.news.yahoo.com/010313/27/1fhgq.html>
- 23) „Technology of production of edible flours and protein products from soybeans“, Zeki Berk, FAO Agricultural Services Bulletin, No.97, 1992
- 24) „Soy protein products: Processing and Use“, E.W.Lusas nad M.N.Riaz, J.Nutr., 125,573S-580S, 1995
- 25) „Die Entwicklung der Weltmärkte für Ölsaaten“, K.J.Groß, Verband Deutscher Oelmühlen e.V., Vortrag Evangelische Akademie Loccum, 2000