

***Trägersystem: Wirkstoffe für die physikalische Hautpflege***

***Carrier systems: Active ingredients for physical skin care***

by

**Dr. Kay Schwabe, Technical Consultant,**

**Oliver Niggemann, Geschäftsführer**

**Dr. Martin Köther, Technical Support,**

**Mani, Düsseldorf, Deutschland**

[www.mani-gmbh.com](http://www.mani-gmbh.com)

**Ceraparts®, Wirkstoffe für die physikalische Hautpflege  
Schwabe K., Niggemann O., Lingen K., Fritz D.**

Physikalische Lichtschutzfilter sind in der Kosmetik schon lange bekannt und haben sich dort, trotz unsachgemäßer Nanodiskussion, durchgesetzt.

Als Vorteil gilt hier, dass der Filter in den oberen Lagen der Epidermis verbleibt und somit diese Art des Lichtschutzes eine exzellente Verträglichkeit bei Anwendung bietet. Schädliche UV-Strahlung wird, wie bei einem Sonnenschirm, abgewehrt, bevor die lebenden Hautzellen überhaupt von der schädlichen UV-Strahlung betroffen werden [10]. Überträgt man das Bild des Sonnenschirms auf einen Regenschirm, so müsste ein Schutz vor stofflicheren, schädlichen Einflüssen als UV-Strahlen sich ähnlich verhalten wie die UV-Filter-Partikel. Hierzu müsste ein derartiger Schutzschirm folgende Eigenschaften aufweisen:

- Partikelgrößen um 200 nm. Klein genug, um einen möglichst vollständigen Schutz der Hautoberfläche zu gewährleisten, aber zu groß, um sofort in tiefere Hautschichten zu penetrieren.
- Möglichst nicht biopersistent, das heißt die Partikel sollten aus verstoffwechselbaren Materialien aufgebaut sein.
- Der „Regenschirm“ sollte nicht komplett abschirmen wie Paraffine. Besser wäre es, wenn dieser „Regenschirm“ also wie moderne Regenjacken, die aus Membran-Textilien bestehen, funktioniert und die Haut mit schützenden und pflegenden Wirkstoffen abdeckt und dennoch den natürlichen Gasaustausch zulässt.
- Die Partikel sollten sich innerhalb der Entwicklung von Kosmetika möglichst einfach handhaben lassen und möglichst stabil innerhalb der Emulsionsmatrix sein.

Einen besonders erfolgversprechenden Ansatz von Solid Lipid Nanoparts, feste dispergierte Lipidpartikel erforschte der Arbeitskreis um Professor Müller, pharmazeutische Technologie FU Berlin, Anfang der 1990er Jahre [9]. An diesen sowie der Nachfolgegeneration, mit flüssigem Wirkstoff (lipophil) beladenen Lipidpartikel, konnten Universitäten weltweit die prinzipiellen Vorteile der physikalischen Hautpflege nachweisen. Grundprinzip hierbei ist die Ausbildung eines monopartikulären Filmes auf der Hautoberfläche, was demnach ein Ersatz in Bereichen der Hautoberfläche sein kann, wo der Hydrolipidfilm gänzlich fehlt. Ursprünglich als reines Trägersystem entwickelt, kristallisierte sich in mehr als 2 Jahrzehnten Grundlagenforschung das sogenannte SOPI- Konzept bei topischer Applikation heraus [1, 2, 3, 4, 9].

## SOPI-Konzept

**S** steht für **Stabilization**, was die Stabilisierung von empfindlichen lipophilen Wirkstoffen betrifft (ungesättigte Fettsäure, Vitamine lipophilisierte Peptide usw.)

**O** steht für **Occlusion**, da die Lipidnanopartikel einen semipermeablen Film bei Applikation auf der Hautoberfläche erzeugen.

**P** steht für **Protection**, da durch diesen semipermeablen Film auch ein Schutz vor äußeren Noxen erzeugt wird.

**I** steht für **Integrity**, da die Lipidnanopartikel, im Gegensatz zu Liposomen, innerhalb von Emulsionssystemen äußerst stabil sind.

Nachdem die Ergebnisse der Grundlagenforschung verfahrenstechnisch verfügbar gemacht wurden, konnten die großtechnisch gefertigten Lipidnanopartikel in kosmetischen Endprodukten ihre Anwendung finden.

Unabhängige Fachgremien belohnten diese Produkte aufgrund Ihrer Wirksamkeit und Gesamtkonzeption mehrfach mit Innovationspreisen [1,2, 3].

## SOPI +

Trotz des Erfolges waren damit die Möglichkeiten der Lipidnanopartikel noch nicht voll ausgeschöpft.

Der monopartikuläre Lipidfilm der Lipidpartikel verstärkt den hauteigenen Hydrolipidfilm, der als äußerste Barriere gegen externe Reizstoffe fungiert und darüber hinaus den transepidermalen Wasserverlust reguliert. Dieser Sachverhalt ist einer der wichtigsten Aspekte bei der topischen Anwendung von Lipidnanopartikeln. Fehlende Bereiche des Hydrolipidfilmes auf der Hautoberfläche können also durch die Ausbildung eines monopartikulären Films aufgefüllt werden und sichern somit die Integrität des äußeren Schutzes.

Das spricht auch für die außerordentliche Verträglichkeit der Skin Care Konzepte, die diese Art der Technologie bereits beinhalten.

Konsequente Weiterentwicklung der Lipidpartikeltechnologie führte zu einem neuen, verbesserten Lösungsansatz: wenn der Lipidpartikel Fehlstellen der Hautbarriere (Lipidfilm) füllt, wäre es doch nur wünschenswert, wenn er nach dem langsamen Auflösen eine reparierte Hautbarriere hinterließe. Hierzu müßte sich ein abbaubarer Lipidpartikel aus den Bestandteilen der hauteigenen Lipidbarriere (Stratum corneum Lipide) zusammensetzen. Darüber hinaus müsste vermieden werden, dass Dispergier-Mittel aus der Lipidpartikeldispersion die neu geschlossene Lipidbarriere durch aggressive, oberflächenaktive Dispergier-Hilfsstoffe (Tenside) gleich wieder beschädigen.

Einen solchen Lösungsansatz bieten die neuartigen Ceraparts® der Mani GmbH, Lipidpartikel von etwa 200 nm Größe, die überwiegend aus den hauteigenen Bausteinen Ceramide, Cholesterole und freien Fettsäuren bestehen. Zur Zusammensetzung der Lipidmatrix werden in diesem Zusammenhang nur pflanzliche bzw. halbsynthetische Rohstoffe pflanzlicher Herkunft verwendet (Phytosterole = Cholesterole).



Abb. 1- Übersicht über das SOPI plus Konzept der Ceraparts®

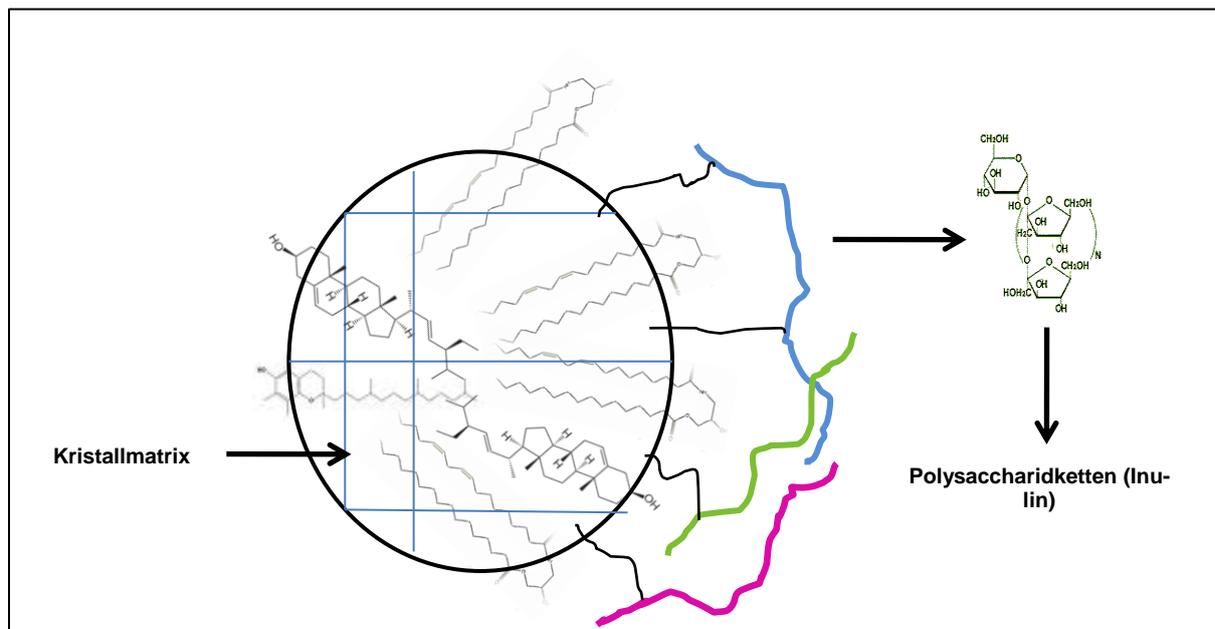


Abb. 2- Prinzip des Partikels/ Trägersystems

Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Ceraparts®. Damit die Agglomeration der Ceraparts innerhalb der Dispersion vermieden wird, wurde vor allem die amphiphile Struktur der Phytosterole

sowie der halbsynthetischen Ceramidstrukturen in den Grenzbereichen der Partikelmatrix zur Stabilisierung der Partikeldispersion. Dieser Entwicklungsschritt führte dazu, dass zur weiteren Stabilisierung der Dispersion lediglich nur besonders hautmilde Hilfsstoffe ausreichen. Tabelle 1 zeigt die Stabilität der Partikeldispersion am Tag 1 und nach 6 Monaten.

**Tabelle 1 Stabilitätsdaten am Tag 1 und nach 6 Monaten von zwei verschiedenen Ceraparts<sup>®</sup>, gelagert bei Raumtemperatur**

		Size [nm]	PI	POZ [mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ]	pH	Zetap. [mV]
Ceraparts <sup>®</sup> Ω6	Tag 1	201	0,20	< 0,5	3,70	64,0
	Tag 180	230	0,22	< 0,5	3,71	63,2
Ceraparts <sup>®</sup> Ω 3	Tag 1	176	0,13	< 0,5	3,80	69,1
	Tag 180	184	0,19	< 0,5	3,79	67,8

### Stabilisation

Wichtigste Aufgabe eines kosmetisch/pharmazeutischen Wirkstoffträgersystems ist die Stabilisierung eines Wirkstoffes und der intakte Transport zum Bestimmungsort. Neben den Matrixbestandteilen Omega 3-, Omega 6-Ceramide, die durch die Einarbeitung in die Ceraparts-Matrix automatisch vor Oxydation geschützt sind, können zusätzlich lipophile Vitamine (AEF) sowie oxidationsempfindliche Wirkstoffe in die Matrix inkorporiert und somit geschützt werden. Dieser Sachverhalt ermöglicht die Einarbeitung von schwierig zu formulierenden oder oxidationsempfindlichen lipophilen Wirkstoffe in eine Emulsionsmatrix. Diagramm 1 zeigt die POZ Zahlen der Ceraparts<sup>®</sup> Omega 6 und Omega 3 am Tag 1 und nach 6 Monaten.

### Okklusion/Protektion

Durch die Größe von 200 nm wird die Hautoberfläche nahezu vollständig bedeckt. Die verbleibenden Poren zwischen den Partikeln sind so klein, dass externe Noxen von außen nach innen nicht eindringen können aber auch das transepidermale Wasser von innen nach außen durch die engen Poren nicht verdunsten kann (Kapillarkräfte).

**Abbildung 3** zeigt schematisch die Ausbildung des monopartikulären Filmes. **Abbildung 4** zeigt mikroskopisch bei 400facher Vergrößerung den Effekt von Mikropartikeln und Submikronpartikeln wie Ceraparts auf der Hautoberfläche. Die Ceraparts-Partikel sind nur durch die Tatsache zu visualisieren, dass sie adhäsiv an einer Glasoberfläche, ähnlich wie auf der Hautoberfläche, anhaften.

Die Visualisierung wurde dadurch optimiert, dass ein Polarisationsfilter benutzt wurde, wodurch die kristallinen Strukturen deutlich durch die hellen Punkte sichtbar werden.

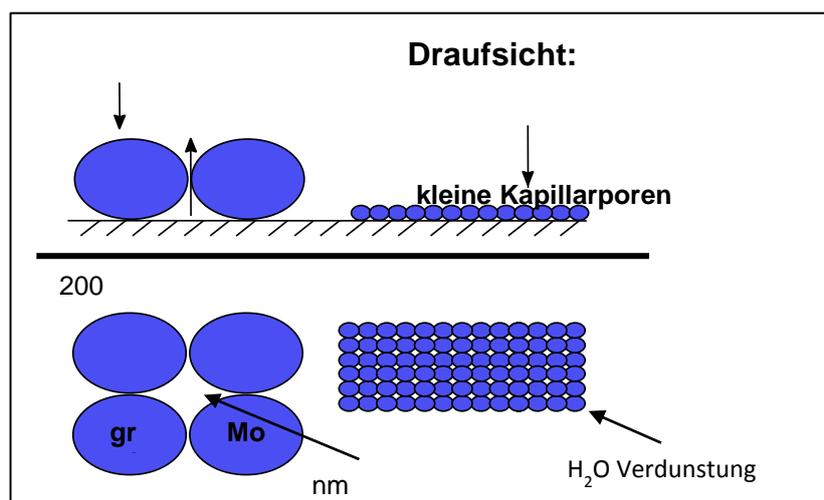


Abb. 3- Schematische Darstellung des monopartikulären Filmes (nach [1])

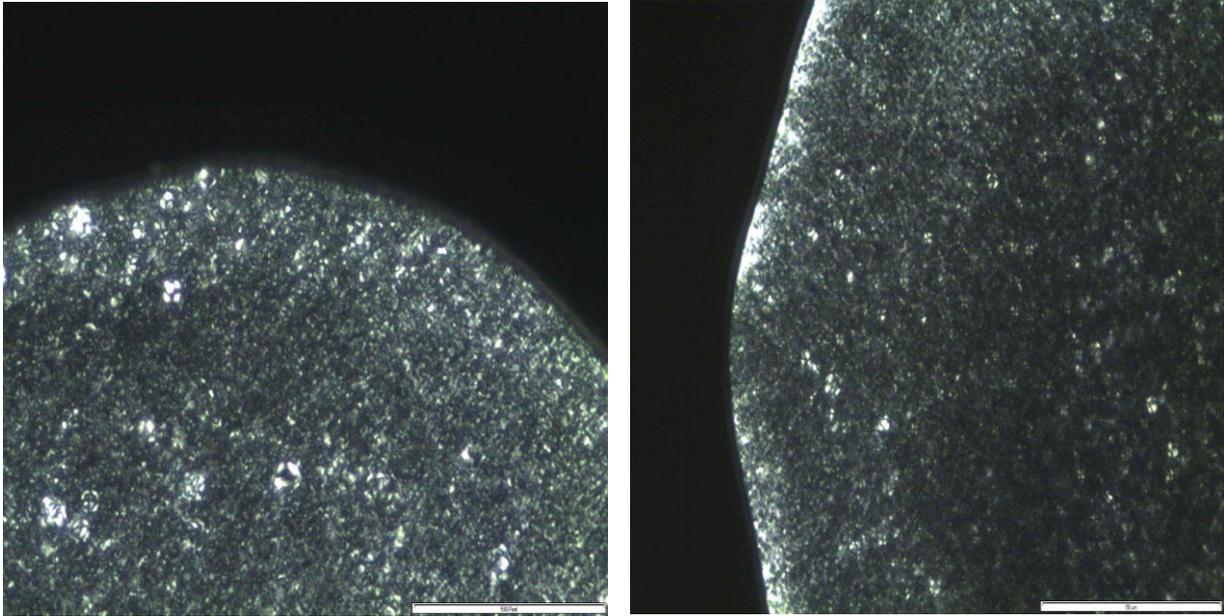
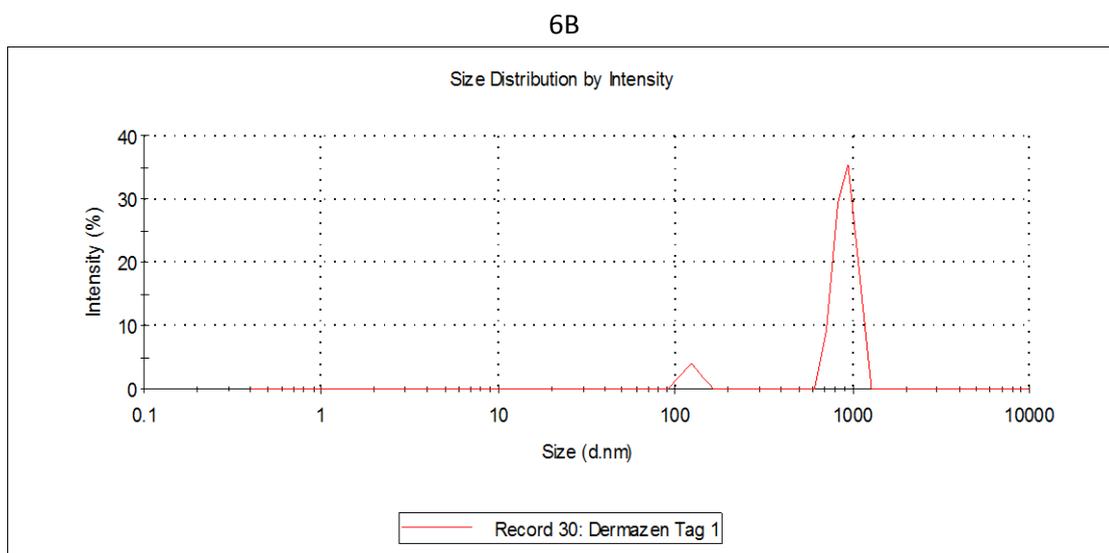
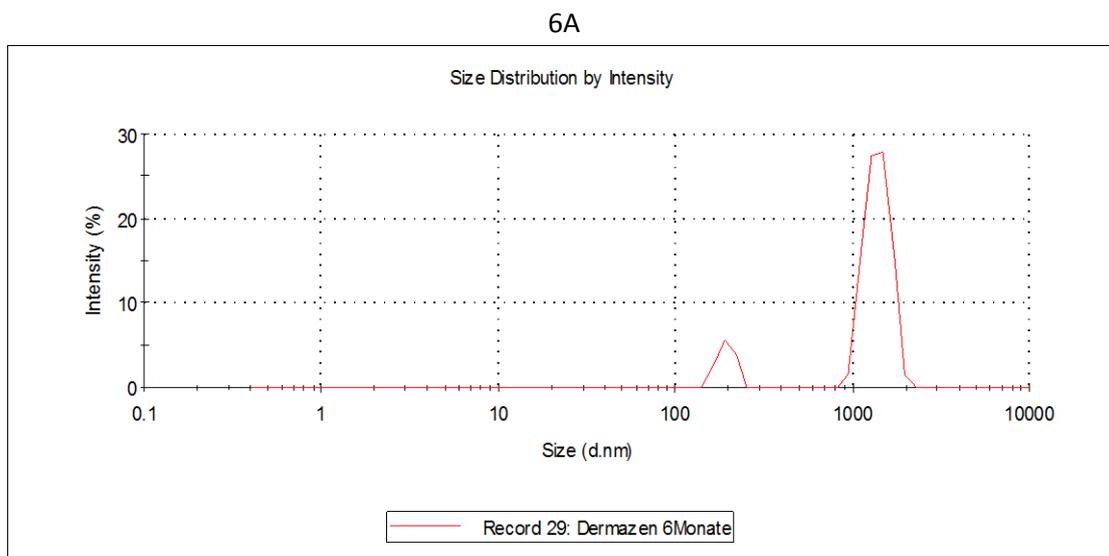


Abb.4- Mikroskopische Aufnahme von jeweils 2 verschiedenen Ceraparts®-Dispersionen (links: Ceraparts® Ω 6 und rechts Ceraparts® Acai), visualisiert mit einem Polarisationsfilter bei 400facher Vergrößerung (Mikroskop Olympus CX41, Olympus Deutschland GmbH)

## Integrität

Im Gegensatz zu vielen anderen Wirkstoffträgersystemen der Vergangenheit handelt es sich bei den Ceraparts® um feste Partikel. Diese sind bei Lagerung auch eingearbeitet in eine Emulsionsmatrix, stabil und verlieren nicht ihre Integrität.



**Abb.5A und 5B- Qualitativer Nachweis der Existenz von Ceraparts® anhand der mittleren Partikelgröße z-average innerhalb einer Emulsionsmatrix am Tag 1 (6A) und nach 6 Monaten (6B), erfasst mit einem Zetasi-zer Nano ZS (Malvern Instruments, Deutschland).**

**Abbildung 5** zeigt die Stabilität dieser Partikel innerhalb einer Emulsionsmatrix am Tag 1 und nach 6 Monaten anhand von Erfassen der mittleren Partikeldurchmesser mittels Photonenkorrelationspektroskopie (Zetasizer Nano ZS, Malvern Instruments; Deutschland).

Neben diesen herausragenden Eigenschaften des physikalischen Hautschutzes durch Ceraparts® verbessern Lipidnanopartikel, innerhalb einer Emulsionsmatrix eingearbeitet, zusätzlich das thixotrope Verhalten der Emulsion, da die Partikel, wenn man die OW-Emulsionen nach Junginger [5, 11, 12] als Mehrphasensystem betrachtet, mit Fettalkoholen innerhalb der Matrix interagieren. Hierzu wurden unzählige Untersuchungen bereits in den letzten Jahren durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass die Fließgrenze eines Fertigproduktes (kosmetische OW-Emulsion), welches Lipidnanopartikel enthielt, erhöht wurde, aber das thixotrope Verhalten war wesentlich stärker ausgeprägt. Hierbei handelt es sich also um eine echte Performance-Verbesserung selbst bei Einarbeitung von Ceraparts® in bereits existierende Formulierungen.

**Tabelle 2- Produktübersicht über die Ceraparts®-Produktgruppe aus der Familie der MSP (Mani Smart Parts)**

Produktname	Wirkstoffe	z-average [nm]	PI *	Zetapotential [mV]
<b>Ceraparts® Ω6</b>	Omega 6 Ceramide, Phytosterole aus dem Granatapfel, Tocopherole	201	0,20	64
<b>Creaparts® Ω3</b>	Omega 3 Creamide, Phytosterole aus dem Granatapfel, Tocopherole	176	0,13	69
<b>Ceraparts® Acai</b>	Omega 6 Ceramide, Phytosterole aus der Acai Beere, Tocopherole	216	0,15	60
<b>Ceraparts® AA</b>	Omega 6 Ceramide, Phytosterole aus dem Granatapfel, Lipoaminosäure, Tocopherole	131	0,13	54
<b>Ceraparts® Vit</b>	Omega 6 Ceramide, Tocopherole, Ascorbylpalmitat, Retinol	244	0,19	60

\*Polydispersitätsindex als Maß für die Breite einer Partikelgrößenverteilung

Die Ceraparts® sind eine Produktgruppe der neuartigen MSP-Produktfamilie der Firma Mani GmbH. **Tabelle 2** zeigt eine Übersicht der auf dem Markt derzeit erhältlichen Produktkombinationen, die alle Wünsche des modernen Kosmetikentwicklers in Hinblick auf Verträglichkeit, Einarbeitbarkeit und Performanceverbesserung erfüllen [3, 4]. Die Dispersionen sind sowohl unkonservert in Kleingebinden als auch konservert in größeren Gebinden erhältlich [5]. Die Cerapart-Dispersionen lassen sich einfach unterhalb von 35°C in die Basis-Emulsion einrühren, also im Prinzip die gleiche Verfahrensweise wie bei vielen Wirkstoffen und Parfüms. Zur Einarbeitung und Formulierungsunterstützung steht ein Expertenteam von 6 Spezialisten aus der Grenzflächenforschung zur Verfügung.

**Anhang 1** zeigt ein Formulierungsbeispiel für ein Produkt für die empfindliche Haut und **Anhang 2** zeigt ein Konzept, wie man recht unproblematisch und sicher eine Lecithin-basierende (Lamelle) Tagespflege mit physikalischem Lichtschutz und physikalischer Hautpflege konzipiert.

Da Ceraparts® Lücken im hauteigenen Hydrolipidfilm sofort schließen und helfen, diesen langfristig mit wertvollen Ceramiden und Phytosterolen wieder aufzubauen helfen, eignen sich Ceraparts®-haltige Produkte auch zur besonderen Pflege bei schwer vorgeschädigter, bzw. barrieregestörter Haut. Der semipermeable Schutzfilm hält neben chemischen Noxen auch mikrobielle Belastungen von der geschädigten Haut fern und unterstützt so den natürlichen Heilungsprozess insbesondere auch in Therapiepausen [7, 8].



**Abb. 6- Auswirkungen einer atopischen Dermatitis an der rechten Hand einer 26-jährigen Frau am Tag 0 und nach 2 mal täglicher Applikation mit einem lipidnanopartikelhaltigen Produkt nach 14 Tagen [1, 7].**

**Abbildung 6** zeigt das Potential der physikalischen Hautpflege bei einer atopischen Dermatitis. Schon nach 2 Wochen konnte eine massive Minderung der äußeren Symptome beobachtet werden. Das Pflegeprodukt wurde 2mal täglich (morgens und abends) appliziert und während der Anwendungsphase wurde komplett auf die Verwendung von Kortison und Hydrokortison verzichtet. Darüber hinaus wurde an den Ernährungsgewohnheiten in der Applikationsphase nichts geändert. Es ist deutlich zu erkennen, dass nach 14 Tagen die Entzündungsherde zurückgegangen sind und dass die bestehenden Entzündungsstellen sehr gut abgeheilt sind.

### Zusammenfassung

- Ceraparts® bieten als neuartiges Trägersystem den sicheren und zuverlässigen Schutz und die verzögerte lokale Freisetzung von lipophilen Wirkstoffen.
- Ceraparts® bieten unmittelbar nach Anwendung einen physikalischen Hautschutz, der es ermöglicht, auch besonders anspruchsvolle Hautpflegekonzepte umzusetzen.
- Ceraparts® setzen beim Abbau neben der Wirkstoffbeladung auch wertvolle biomimetische Matrixkomponenten wie Ceramide und Phytosterole frei.
- Ceraparts® sind einfach und zuverlässig in Emulsionen einzuarbeiten.
- Ceraparts® behalten auch nach Einarbeitung in OW-Emulsionen ihre Integrität und sind eine echte Performanceverbesserung auch für bestehende Formulierungen.

Ceraparts® sind ein neuartiger Ansatz der Hautpflege, nicht biopersistent, Integrativ (siehe Zusammensetzung), verzichten dabei komplett auf den Einsatz von Emulgatoren im herkömmlichen Sinn und beschreiten somit einen völlig neuen Weg der Hautpflege für das 21. Jahrhundert.

## Literatur

1. Müller R.H., Rimpler C., Petersen R., Hommoss A., Schwabe K., A new dimension in cosmetic products by nanostructured lipid carriers (NLC) technology, Euro Cosmetics, 2007, 3, 32-37
2. Rimpler C., Müller R.H., Hommoss, A., Schwabe, K., Lipophiler Wirkstofftransport durch NLC-Technologie, Euro Cosmetics, 2005, 11/12, 2-5
3. Rimpler C., Schwabe K., NLC (Nanostructured Lipid Carrier) more than just a carriersystem, Eurocosmetics, 2010, 6, 9-28
4. Keck C.M., Schwabe K.. Silver-Nanolipid complex for application to atopic dermatitis skin rheological characterization, in vivo efficiency & theory of action, J. Biomed. Nanotechnol., 2009 (8), 5 (4), 428-436
5. Padeike J., Schwabe K., Müller, R.H., Influence of nanostructured lipid carriers (NLC) on the physical properties of the Cutanova Nanorepair Q10 cream and the in vivo skin hydration effect, Int. J. of Pharmaceutics, 2010 (8), 386, 1-2, 166-173
6. Obeidat W. Schwabe K., Müller, R.H. Keck C.M., Preservation of nanostructured lipid carriers (NLC) Eur. J. Pharm. Biopharm. 2010 (9), 76 (1), 56-57
7. Schwabe K., Rimpler C., Keck C. M. (2008) Lipid Nanoparticles for the enhancement of the dermal action of solid particles, European Patent Application No. 08 019 306.3, 4 Nov. 2008.
8. Schwabe K., Keck C.M., Industrial scaling up of nanostructured lipid carrier (NLC) production using reverse flow chamber technology. Annual Meeting of the German Pharmaceutical Society (DPhG), Jena/Germany 2009
9. Müller R. H., Mehnert W., Lucks J. S., Schwarz C., Zur Mühlen A., Weyhers H., Freitas C., Rühl D. Solid Lipid Nanoparticles (SLN) - An Alternative Colloidal Carrier System for Controlled Drug Delivery. Eur. J. Pharm. Biopharm. 1995, 41: 62-69.
10. Kindl G., Raab W., Licht und Haut, 2. Aufl., p. 43 -100, Frankfurt, Govi Verlag, 1988, ISBN 3-7741-0085-3
11. Junginger H., Kristalline Gelstrukturen in Cremes, Deutsche Apotheker Zeitung 1991 (38), 131, 1933 – 1941

12. Junginger H., The ratio of interlamellary fixed water to bulk water in O/W creams, J. Soc. Cosmet. Chem., 1984 (35), 45-57

### Rezepturbeispiel Sensitive Elixier (cold/cold) Rezeptur (Mani 1206-04)

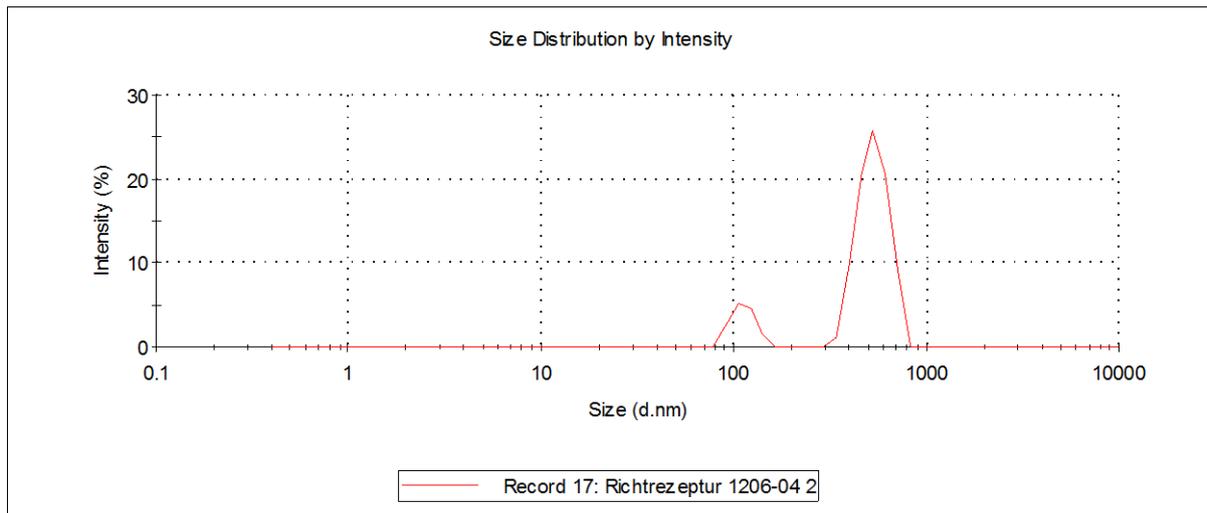
Rohstoff	INCI	Menge%
<b>Phase I</b>		
Aqua	Aqua	39,60
Keltrol®RD	Xanthan Gum	0,70
Meritol® 160	Sorbitol	5,00
Inutec® SP1	Inulin Lauryl Carbamate	0,60
Euxyl® PE 9010	Phenoxyethanol, Ethylhexylglycerin	1,10
<b>Herzamen Extract</b>	<b>Cardiospermum Halicacabum Extract</b>	4,00
<b>Phase II</b>		
<b>Lamelle® NMF</b>	<b>INCI erhältlich bei der Mani GmbH</b>	<b>35,00</b>
<b>Phase III</b>		
Hemp seed oil	Cannabis Sativa Seed Oil	4,00
<b>Phase IV</b>		
<b>Ceraparts® Ω 6</b>	<b>INCI erhältlich bei der Mani GmbH</b>	<b>10,00</b>

- Fettgedruckt= erhältlich bei der Mani GmbH

### Durchführung

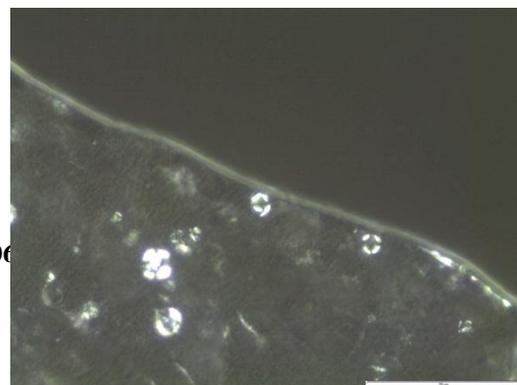
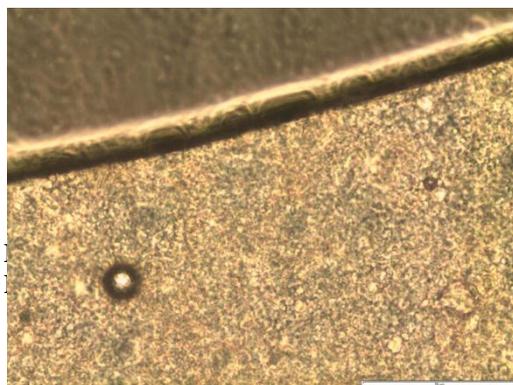
- Phase I zusammen rühren und 5min bei 20000U/min (Silent Crusher M Serie, Heidolph Instruments, Deutschland) homogenisieren.
- Anschließend Phase II unter Rühren hinzugeben und homogenisieren.
- Phase III unter Rühren hinzufügen und 15 min bei 250000U/min (Silent Crusher M Serie , Heidolph Instruments, Deutschland) homogenisieren.
- Abschließend Phase IV unter Rühren einarbeiten.  
Dichte = 0,995g/ml, pH-Wert = 5,41, Zetapotential = -61,3 mV

### Photonenkorrelationsspektroskopie



**Qualitativer Nachweis der Ceraparts® in der Formulierung (Mani 1206-04)**

**Lichtmikroskopie**



ur (Mani 1206-04)  
ter)

**Rezepturbeispiel Cream Day Protect (hot/hot/cold) Rezeptur (Mani 1208-01)**

Rohstoff	INCI	Menge %
<b>Phase I</b>		
Eutanol® G	Octyldodecanol	3,00
Squalan	Squalane	6,00
<b>Granlux® IP60 Z</b>	<b>INCI erhältlich bei der Mani GmbH</b>	10,00
DUB® DSPE (Cutina® PES)	Pentaerythrityl Distearate	1,00
Cetiol® CC	Dicaprylyl Carbonate	5,00
Tocomix® L70-IP	Tocopherol, Helianthus Annuus Seed Oil	0,10
Castorlatum®	Ricinus Communis Seed Oil, Hydrogenated Castor Oil	0,40
<b>Apalight® PF</b>	<b>Aqua, Hydroxyapatite</b>	3,00
<b>Alcohol 260 50/50</b>	<b>Cetearyl Alcohol</b>	1,00
Magnolol	Magnolol	0,20

Pemulen® TR-1	Acrylates/C10-30 Alkyl Acrylate Crosspolymer	0,25
<b>Phase II</b>		
Wasser	Aqua	27,70
Keltrol® RD	Xanthan Gum	0,30
Kelcogel® F	Gellan Gum	0,10
Trilon®B	EDTA	0,10
Meritol® 160 (Sorbitol)	Aqua, Sorbitol	4,00
Euxyl® PE9010	Phenoxyethanol, Ethylhexylglycerin	1,10
<b>Phase III</b>		
NaOH (50%)	Sodium Hydroxide	0,05
<b>Phase IV</b>		
<b>Lamelle® Base</b>	<b>INCI erhältlich bei der Mani GmbH</b>	<b>30,00</b>
<b>Phase V</b>		
<b>Ceraparts® AA</b>	<b>INCI erhältlich bei der Mani GmbH</b>	<b>7,00</b>

- **Fettgedruckt = erhältlich bei der Mani GmbH**

### Durchführung:

a. Phase I und Phase II getrennt auf 80°C erwärmen.

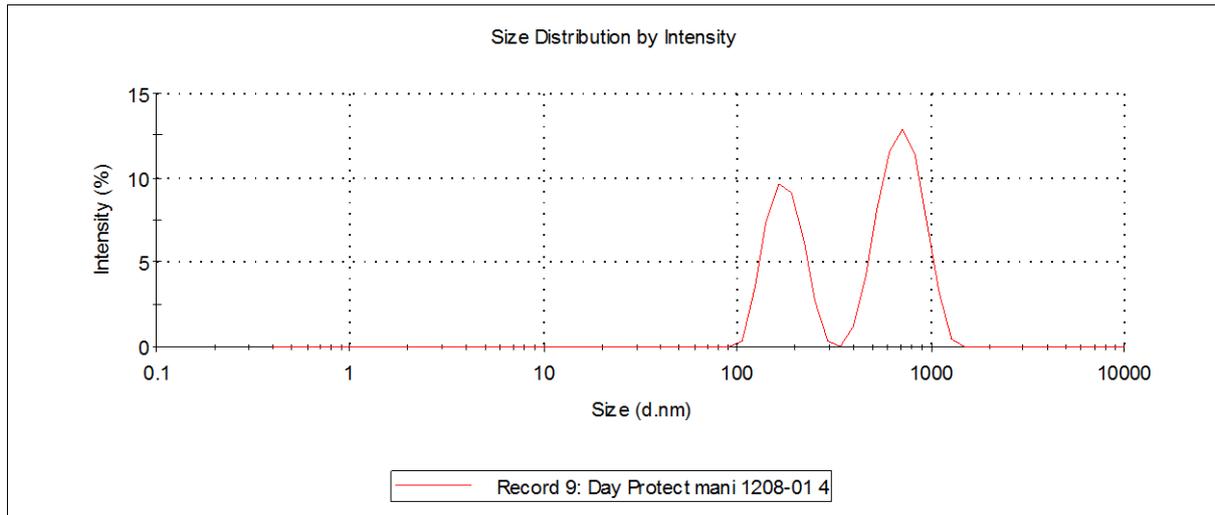
b. Phase II in Phase I geben und 15 min bei 25000 /min (Silent Crusher M Serie, Heidolph Instruments, Deutschland) homogenisieren.

c. Unter Rühren abkühlen lassen und bei < 40°C Phase III+IV einarbeiten und kurz 5min bei 12000U/min (Silent Crusher M Serie, Heidolph Instruments, Deutschland) homogenisieren.

d. Abschließend Phase V unter Rühren einarbeiten und kurz 3min bei 12000U/min homogenisieren.

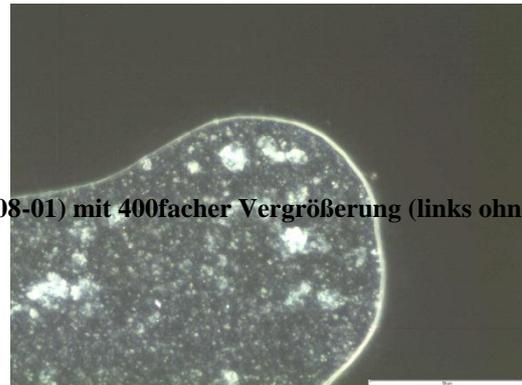
Dichte = 1.002 g/ml, pH-Wert = 5,82, Zetapotential = -52,9 mV

### **Photonenkorrelationsspektroskopie**



Qualitativer Nachweis der Ceraparts®AA in der Formulierung (Mani 1208-01). 1. Peak Ceraparts® AA, 2. Peak Zinkoxid (Granlux® IP60 Z)

### Lichtmikroskopie



Mikroskopische Aufnahmen der Richtrezeptur (Mani 1208-01) mit 400facher Vergrößerung (links ohne Polarisationsfilter, rechts mit Polarisationsfilter)