



DOKUMENTATION

der Erprobungsstrecke

**BAB 1 „Modifizierende Zusätze im Splittmastixasphalt“,
km 444+457 bis km 450+385**

Beginn: 2000
Abschluss: 2005

Verfasser:

Dr.-Ing. Volker Hirsch, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
Dipl.-Ing. Bernd Jannicke, Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen
Dr.-Ing. Martin Radenberg, IFTA GmbH, Essen
Dr.-Ing. Hans-Hermann Weßelborg, Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung.....	3
2. Produkte und Produkteigenschaften.....	5
3. Laboruntersuchungen im Rahmen der Eignungsprüfungen.....	7
4. Lage und Aufbau der Erprobungsstrecke.....	12
5. Mischgutherstellung.....	13
6. Einbau der Erprobungsfelder.....	15
7. Kontrollprüfungen.....	15
8. Untersuchungen an der eingebauten Schicht.....	19
8.1 Nach dem Einbau.....	19
8.2 Im Laufe der Nutzung.....	20
9. Chemisch/physikalische Untersuchung der verwendeten Additive.....	24
9.1 Allgemeines.....	24
9.2 Infrarotspektrometrische Untersuchungen.....	24
9.3 Thermogravimetrische Untersuchungen.....	25
9.4 GPC-Untersuchungen.....	26
9.5 Rheologische Untersuchungen mit dem DSR.....	27
9.6 Kraftduktilometrische Untersuchungen.....	27
9.7 Bending Beam Rheologie.....	28
10. Bewertung der Ergebnisse.....	29
10.1 Bautechnische Aspekte.....	29
10.2 Chemisch/physikalische Aspekte.....	30
11. Fazit.....	32
Anhang A.....	33
Anhang B.....	39
Anhang C.....	46
Anhang D.....	49
Anhang E.....	53
Anhang F.....	56
Anhang G.....	59
Anhang H.....	62
Anhang I.....	68

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund der ständig steigenden Verkehrsbelastung traten in der Vergangenheit vermehrt Oberflächenverformungen an Asphaltbefestigungen auf. Eine Möglichkeit den Verformungswiderstand von Asphaltsschichten zu erhöhen, liegt in der Modifizierung des Bindemittels Bitumen. Dies kann in der Raffinerie bei der Herstellung des Bitumens erfolgen, so dass bereits ein gebrauchsfertiges, modifiziertes Bindemittel an der Asphaltmischanlage angeliefert wird (z. B. PmB). Die Modifizierung kann aber auch erst an der Asphaltmischanlage erfolgen. Durch das gestiegene Interesse an einer Modifizierung des Asphaltes sind in jüngster Vergangenheit eine Vielzahl von Produkten entwickelt worden, die an der Mischanlage zugegeben werden können, deren Praxisverhalten oftmals aber noch nicht hinreichend bekannt ist. Im Interesse des Auftraggebers und des Auftragnehmers ist diese Praxiserprobung aber zwingend notwendig. Aus diesem Grund ist in Abstimmung mit dem BMVBW, MVEL Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung NRW (heute Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes NRW) und der BAST vom ehemaligen Amt für Straßen-, Brücken- und Tunnelbau des Landschaftsverband Rheinland (LVR) (heute Landesbetrieb Straßenbau NRW (LS NRW) ein Streckenabschnitt auf der BAB 1 (km 444 – 454, FR Köln und Trier) zur Erprobung von Additiven zur Verfügung gestellt worden. Dieser Bereich der BAB 1 wurde wegen der geeigneten Randbedingungen (Bauklasse SV, nahezu keine Steigungs- und Kurvenbereiche) ausgewählt.

Insgesamt wurde die Einrichtung der Erprobungsstrecke aus verschiedenen Gründen als zweckmäßig angesehen. Die Gründe liegen zum einen in der erwarteten Verbesserung der asphalttechnologischen Eigenschaften. Zum anderen wurden auch wirtschaftliche Vorteile erwartet. Dieser sowohl von Seiten der Bauindustrie als auch von Seiten der Verwaltung erwartete Effekt ergibt sich aus der Tatsache, dass für eine derartige Modifikation kein zusätzlicher Bindemitteltank vorgehalten werden muss. Die entsprechenden Additive können ohne wesentliche anlagentechnische Veränderungen an der Mischanlage zugegeben werden. Hieraus ergibt sich aber auch die Notwendigkeit, auf die homogene Einmischung und Verteilung der zugegebenen Additive ein besonderes Augenmerk zu legen.

Folgende Additive waren zur Erprobung in einem Splittmastixasphalt 0/8 S vorgesehen:

- PmB 45 A (Referenzbindemittel)
- BUTONAL NX 1129
- GENICEL*
- LUCOBIT 1210A
- NAF 501
- PARAWAX 8000*
- POLYBILT 106
- PR PLAST S

Für alle Additive wurde als Basisbindemittel ein Straßenbaubitumen 50/70 verwendet, um als resultierende Bindemittelhärte den Bereich der Sorte 30/45 zu treffen. Weitere Angaben zu den Additiven sind den Datenblättern der Hersteller zu entnehmen. Des Weiteren wird auf die vor dem Einbau durchgeführten umfangreichen erweiterten Eignungsprüfungen (Bericht der IFTA GmbH; Projekt-Nr.: 000642) und die den Einbau begleitenden Untersuchungen zum Gebrauchsverhalten der Asphalte (Bericht der IFTA GmbH; Projekt-Nr.: 001151) verwiesen, die in dieser Dokumentation nur teilweise enthalten sind.

Die Besonderheiten mussten, da die Baumaßnahme innerhalb des üblichen Ausschreibungsverfahrens vergeben wurde, entsprechend in den Ausschreibungs- und Vertragsunterlagen Berücksichtigung finden.

Für die Gewährleistungszeit dieser Baumaßnahme wurde eine Frist von 4 Jahren festgelegt. Sollten innerhalb dieser Zeit Mängel auftreten, die nachweislich auf das entsprechende Additiv zurückgeführt werden können, hätte der Lieferant des Additives die Aufwendungen zur Beseitigung des Mangels übernehmen müssen. Der Verdichtungsgrad gemäß ZTV Asphalt-StB beträgt 97 %. Um einen überproportionalen Einfluss des Hohlraumgehaltes auf die Gebrauchseigenschaften des Splittmastixasphaltes auszuschließen, wurde in Abweichung von den ZTV Asphalt-StB ein Verdichtungsgrad von mindestens 98 % gefordert. Neben dem an der eingebauten Schicht zu ermittelnden Verdichtungsgrad und dem Schichtenverbund wurden die Quer- und Längsprofile zu verschiedenen Zeitpunkten durch die BASt aufgenommen. Zudem wurden bei der Planung der Erprobungsstrecke der Umfang und die Zuständigkeit der wissenschaftlichen Begleitung mit allen Beteiligten abgestimmt und es wurde ein Betreuungskreis zur Dokumentation der Ergebnisse konstituiert.

* Produkt ist mit dieser Bezeichnung nicht mehr im Markt verfügbar.

2. Produkte und Produkteigenschaften

- *PmB 45 A (Referenzbindemittel)*

Der Mischguthersteller hat für das Referenzfeld das Bindemittel NYPOL 45 (Erweichungspunkt Ring und Kugel 58,0 °C) ausgewählt. Mit diesem Produkt wurden die erweiterten Eignungsprüfungen durchgeführt.

- *BUTONAL NX 1129*

Additivbeschreibung: wasserhaltige Polymerdispersion,
Wassergehalt: ca. 30 M.-%;
Polymergehalt (Latex) ca. 70 M.-%
Lieferform: flüssig

Wirkung im Asphalt: Netzwerk und Verklebung durch die Polymere in der Asphaltstruktur

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: nur bedingt löslich (Laborhandversuch)

- *GENICEL*

Additivbeschreibung: Fischer-Tropsch-Wachs + Zellulosefasern,
ca. 41 M.-% Wachs und 59 M.-% Faser,
Lieferform: fest, Granulat

Wirkung im Asphalt: Veränderung der Bindemittelviskosität bei Herstellungs- und Einbautemperaturen, Erhöhung des Erweichungspunktes Ring und Kugel sowie Reduzierung der Nadelpenetration im resultierenden Bindemittelgemisch

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: gut (Laborhandversuch)

- *LUCOBIT 1210A*

Additivbeschreibung: Halbkonzentrat (masterbatch) aus einem Thermoplastischen Polymer (ECB) (Polyethylen-Butylacrylat-Copolymerisat) und Bitumen, lt. Hersteller 50% Polymeranteil
Lieferform: fest, Granulat

Wirkung im Asphalt: analog einem PmB der Sorte C, jedoch durch die Lieferform (masterbatch) kein gebrauchsfertiges PmB C

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: gut (Laborhandversuch)

- NAF 501

Additivbeschreibung: Trinidad-Naturasphalt einschließlich Zellulosefaser;
ca. 45 M.-% Naturasphalt-Bindemittel,
ca. 38 M.-% Naturasphalt-Mineralstoffe,
ca. 17 M.-% Zellulosefaser
Lieferform: fest, Granulat

Wirkung im Asphalt: Änderung der rheologischen Eigenschaften des Basisbitumens; Erhöhung des Erweichungspunktes Ring und Kugel sowie Reduzierung der Nadelpenetration im resultierenden Bindemittelgemisch

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: gut (Laborhandversuch)

- PARAWAX 8000

Additivbeschreibung: hochmolekulares Polyolefinabbauwachs aus Recycling-Kunststoff
Lieferform: fest, Granulat, wachsartige Eigenschaften

Wirkung im Asphalt: Änderung der rheologischen Eigenschaften des Basisbitumens; Erhöhung des Erweichungspunktes Ring und Kugel sowie Reduzierung der Nadelpenetration im resultierenden Bindemittelgemisch

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: gut (Laborhandversuch)

- POLYBILT 106

Additivbeschreibung: thermoplastisches Polymer (EVA, Ethyl-Vinyl-Acetat)
Lieferform: fest, Granulat

Wirkung im Asphalt: Netzwerk und Verklebung durch die Polymere in der Asphaltstruktur

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: schwer löslich (Laborhandversuch)

- PR PLAST S

Additivbeschreibung: thermoplastischen Polymer (Polyolefin) aus Recyclingkunststoff,
Lieferform: fest, Granulat

Wirkung im Asphalt: Netzwerk und Verklebung durch die Polymere in der Asphaltstruktur

Löslichkeit in Bitumen bei 160 °C: sehr schwer, nur leichte Anlösung (Laborhandversuch)

Das für die Erprobungsfelder verwendete Basisbitumen 50/70 hatte einen Erweichungspunkt Ring und Kugel von 53 °C.

Aufgrund der chemisch/physikalischen Eigenschaften sowie der Entstehung/Herkunft lassen sich die Additive in Produktgruppen einteilen:

Tabelle 1: Gruppeneinteilung der verwendeten Additive

Produktgruppe A (Naturprodukte)	Produktgruppe B (wachsartige Produkte)	Produktgruppe C (Additive auf Polymerbasis)
NAF 501	Genicel, Parawax 8000	Butonal NX 1129, Lucobit 1210, Polybilt 106, PR Plast S

Zur Dokumentation der Auswirkungen des Additiveinsatzes auf die Mischgutkosten wurde auf Basis der zur Angebotsabgabe ermittelten Einheitspreise für jede Erprobungsvariante ein Kostenindex ermittelt (siehe Tabelle 2). Hierbei bildete die Referenzvariante die Bezugsgröße.

Tabelle 2: Kostenindex der Varianten (Mehr- oder Minderkosten gegenüber einer Tonne Asphaltmischgut mit PmB 45 A),
Kostenindex der PmB-Variante = 100 %

Mischgutvariante	Kostenindex in %
SMA 0/8 S mit PmB 45 A	100
SMA 0/8 S mit 50/70 + BUTONAL NX 1129	100
SMA 0/8 S mit 50/70 + GENICEL	150
SMA 0/8 S mit 50/70 + LUCOBIT 1210	90
SMA 0/8 S mit 50/70 + NAF 501	190
SMA 0/8 S mit 50/70 + PARAWAX 8000	70
SMA 0/8 S mit 50/70 + POLYBILT 106	130
SMA 0/8 S mit 50/70 + PR PLAST S	110

3. Laboruntersuchungen im Rahmen der Eignungsprüfungen

Vorbereitend auf den Einbau wurden für alle Mischgutvarianten der Splittmastixasphaltdeckschicht Eignungsprüfungen mit folgendem erweiterten Untersuchungsumfang durchgeführt:

- Eignungsprüfung
- Spurbildungsversuch
- einaxialer Druckschwellversuch

- Spaltzugfestigkeit bei 10 °C vor und nach Wasserlagerung bei 50 °C
- Kälteverhalten (Biegezugfestigkeit bei 20 °C, 0 °C und -20 °C)
- Ablaufverhalten

Die Ergebnisse der Versuche sowie die Versuchsrandbedingungen sind nachfolgend aufgeführt:

- Spurbildungsversuch

Die Randbedingungen des Prüfverfahrens wurden der TP A-StB, Teil: Spurbildungsversuch - Bestimmung der Spurrinntentiefe im Wasserbad entnommen. Es wurde vereinbart, die Prüfung in Abänderung zu den TP nicht im Wasserbad, sondern im Luftbad durchzuführen.

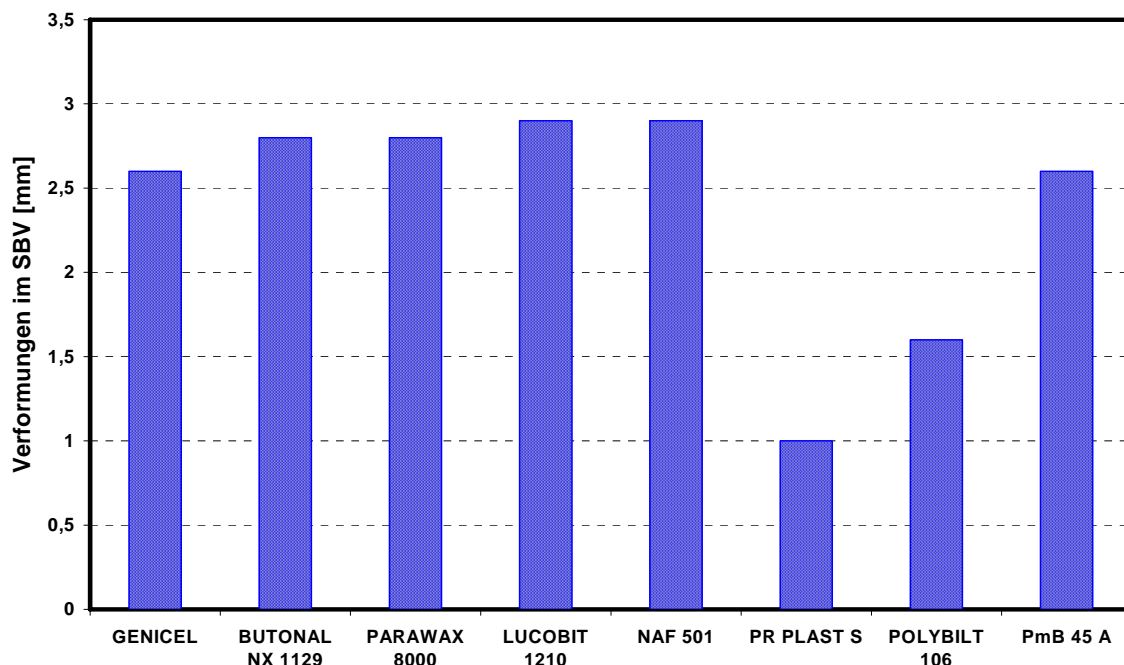
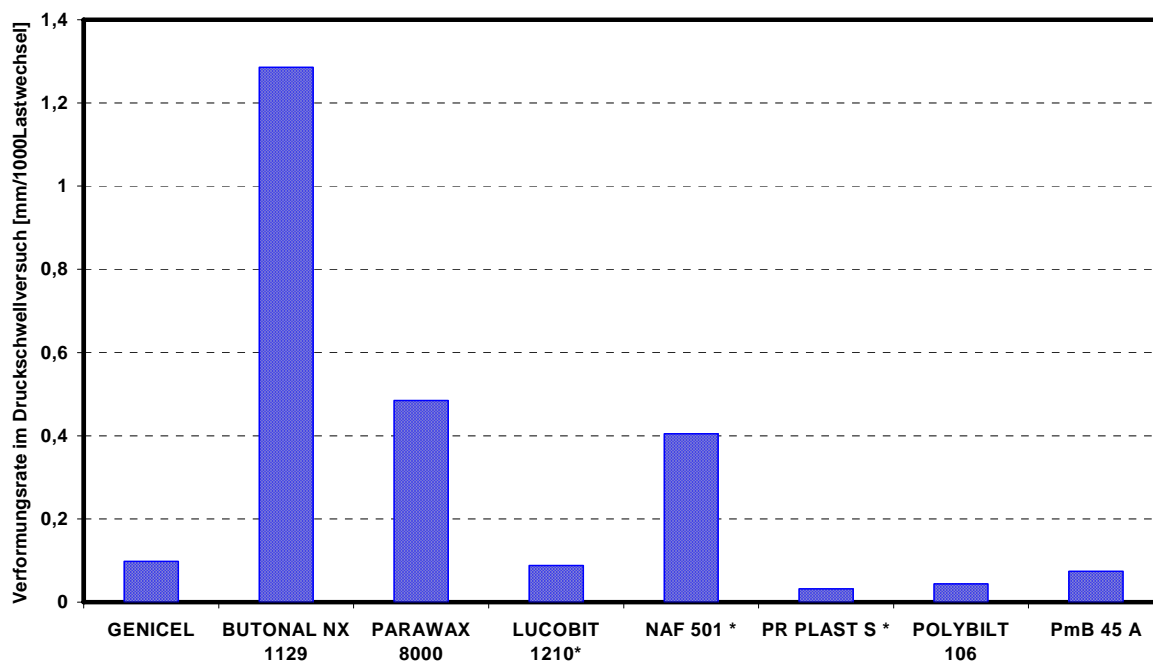


Abbildung 1: Mittlere Verformungstiefe im Spurbildungsversuch (50 °C Luft)

Die gemessenen mittleren Spurrinntiefen liegen alle unter 3,0 mm, wobei die Varianten mit PR Plast S und Polybilt 106 sogar einen Wert von unter 2,0 mm erreichen. Allgemein wird davon ausgegangen, dass mittlere Spurrinntiefen von unter 3,5 mm einen Asphalt mit hohem Verformungswiderstand charakterisieren.

- Einaxialer Druckschwellversuch

Die Randbedingungen des Prüfverfahrens wurden der TP A-StB, Teil: Einaxialer Druckschwellversuch - Bestimmung des Verformungsverhaltens von Walzasphalten bei Wärme entnommen. Als Oberspannung wurde $\sigma_o = 0,35 \text{ N/mm}^2$ gewählt.



* Jeweils ein Wert der Probenreihe wurde aufgrund einer hohen Prüfstreuung aus der Mittelwertbildung herausgenommen.

Abbildung 2: Verformungsrate im Druckschwellversuch je 1000 Lastwechsel

Analog zu den Ergebnissen der Spurbildungsversuche zeigen mit Ausnahme des Produktes Butonal alle Varianten einen hohen Verformungswiderstand im Druckschwellversuch.

- Spaltzugfestigkeit

Da es im Labor mit einigen Produkten nicht möglich war ein homogenes Bindemittelgemisch herzustellen, wurden keine Affinitätsprüfungen an den verwendeten Splitten durchgeführt. Alternativ dazu wurden die Spaltzugfestigkeiten (SZF) vor und nach Wasserlagerung am Marshall-Probekörper mit folgenden Randbedingungen bestimmt:

- Prüfkörper: MPK \varnothing 100 mm
- Bedingungen der Wasserlagerung: 24 Stunden unter Wasser bei 50 °C
- Prüftemperatur bei Ermittlung der SZF: 10 °C
- Lastvorschub: 50 mm/min

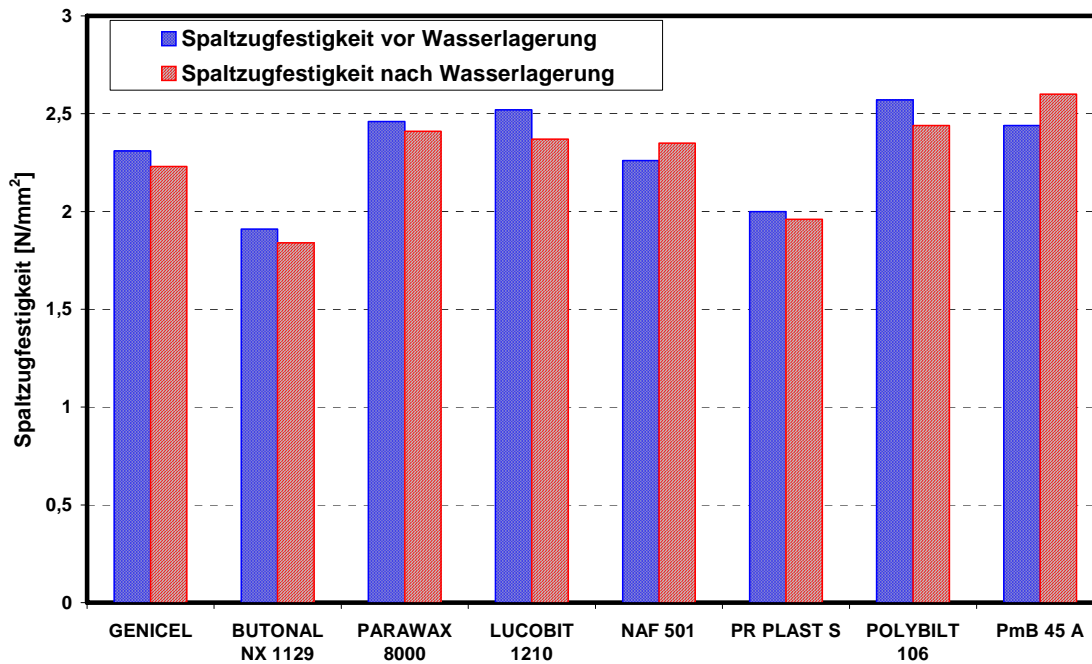


Abbildung 3: Spaltzugfestigkeiten vor und nach Wasserlagerung

Die Varianten mit NAF 501 und PmB 45 A zeigen nach Wasserlagerung einen leichten Anstieg der Spaltzugfestigkeit, der nach bisherigen Erfahrungen auf die Streuung der Ergebnisse des Prüfverfahrens und nicht auf den Einfluss der Wasserlagerung zurückzuführen ist.

- Kälteverhalten

Das Kälteverhalten der verschiedenen Mischgutvarianten wurde durch die Bestimmung der Biegezugfestigkeiten (BZF) bei unterschiedlichen Temperaturen unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

- Prüfkörper: Prismen (allseitig geschnitten) 40 x 40 x 160 mm
- Prüftemperatur bei Ermittlung der BZF: 20 °C, 0 °C und -20 °C
- Lastvorschub: 1,25 mm/min

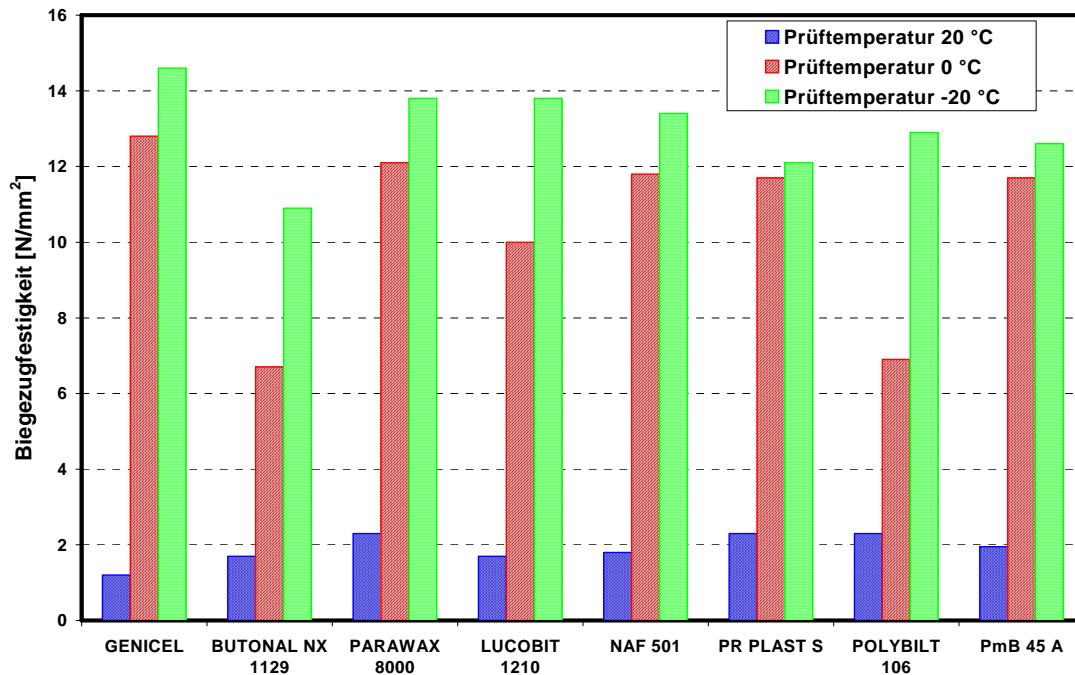


Abbildung 4: Biegezugfestigkeiten bei 20 °C, 0 °C und -20 °C

Die Ergebnisse der Biegezugprüfungen zeigen erwartungsgemäß einen Anstieg der Festigkeiten mit abfallender Prüftemperatur. Die Unterschiede zwischen den geprüften Varianten sind insbesondere bei den Prüftemperaturen 20 °C und -20 °C vergleichsweise gering.

- Ablaufverhalten

Da die Produktgruppe B der wachsartigen Additive verflüssigende Wirkungen im Bereich der Verarbeitungstemperatur von Asphalten hervorrufen können, wurde das Bindemittelablaufverhalten überprüft (siehe Abbildung 5).

Das Ablaufverhalten wurde gemäß ALP A-StB, Teil Prüfung des Bindemittelablaufs jedoch mit verschiedenen Mischguttemperaturen geprüft:

- Prüftemperatur bei Ermittlung des Bindemittelablaufs: 110 °C, 130 °C, 150 °C, 170 °C

Die Prüfergebnisse zum Ablaufverhalten hatten zur Folge, dass die Mischguttemperaturen an der Mischanlage teilweise angepasst wurden (siehe Kapitel 5).

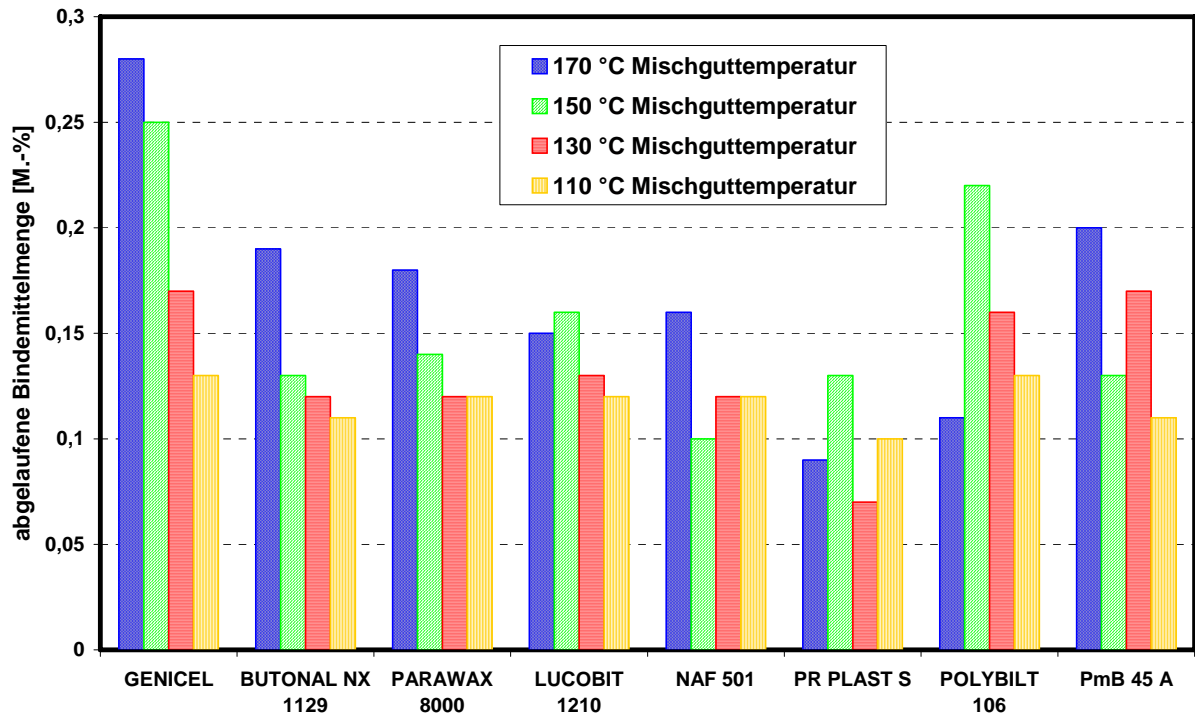


Abbildung 5: Bindemittel-Ablaufverhalten in Abhängigkeit von der Mischguttemperatur

Im Rahmen der erweiterten Eignungsprüfungen ließen sich an allen untersuchten Produkten keine negativen Einflüsse auf das Gebrauchsverhalten eines Splittmastixasphaltes 0/8 S feststellen. Für die weitere Erprobung wurden daher alle Produkte berücksichtigt.

4. Lage und Aufbau der Erprobungsstrecke

Die Erprobungsstrecke ist Teil einer Erneuerungsmaßnahme auf der BAB 1 (km 444 – 454). Der Einbau der Erprobungsfelder erfolgte im Hauptfahrstreifen in Fahrtrichtung Trier von km 444+457 bis km 450+385. Im Bereich dieses Autobahnabschnittes beträgt der DTV₁₉₉₉ rd. 40000 Kfz/24h bei einem Lkw-Anteil von ca. 15 %.

Die Lage der Erprobungsstrecke und der Asphaltmischanlage sind der Abbildung 6 zu entnehmen.

Die Erprobungsfelder verteilen sich folgendermaßen:

Feld 0	bis km 444+457	SMA 0/8 S mit PmB 45 A
Feld 1	km 446+457 bis km 447+009 (552 m)	SMA 0/8 S mit GENICEL
Feld 2	km 447+009 bis km 447+598 (589 m)	SMA 0/8 S mit BUTONAL LS 133
Feld 3	km 447+598 bis km 448+189 (591 m)	SMA 0/8 S mit PARAWAX 8000
Feld 4	km 448+189 bis km 448+744 (555 m)	SMA 0/8 S mit LUCOBIT 1210A
Feld 5	km 448+744 bis km 449+334 (590 m)	SMA 0/8 S mit NAF 501
Feld 6	km 449+334 bis km 449+835 (501 m)	SMA 0/8 S mit PR PLAST S
Feld 7	km 449+835 bis km 450+385 (550 m)	SMA 0/8 S mit POLYBILT 105



Abbildung 6: Lage der Erprobungsstrecke und der Asphaltmischanlage

5. Mischgutherstellung

Die Laboruntersuchungen hatten ergeben, dass nicht alle Additive bei Herstellung und Einbau an der Mischanlage gleich behandelt werden können. Dies betrifft insbesondere die Herstellungs- und Einbautemperatur. Folgendes wurde aufgrund dieser Erfahrungen empfohlen und umgesetzt:

- Reduzierung der Mischguttemperatur der Variante mit GENICEL um 20 bis 30 °C
- Erhöhung der Mischguttemperatur der Varianten mit PR PLAST S und POLYBILT 106 um ca. 10 °C

Die übrigen Varianten wurden bei üblichen Temperaturen (ca. 170 °C) gemischt. Aus logistischen und anlagentechnischen Gründen war es zudem sinnvoll, mit der Variante mit der niedrigsten angestrebten Herstellungstemperatur zu beginnen und die Varianten mit den höchsten Herstellungstemperaturen zuletzt zu mischen.

Die Mischgutherstellung erfolgte an der Mischanlage der Rheinischen Asphalt Mischwerke (RAM) in Groß-Vernich an drei aufeinander folgenden Tagen (19. September, 20. September und 21. September 2000). Die Mischanlage (Chargenmischanlage) und die Dosierung der Additive wurde so eingestellt, dass jeweils 2 t-Char-

gen hergestellt wurden. Folgende Mischzeiten bzw. Zugabezeitpunkte wurden vorab festgelegt:

- alle Varianten haben eine Chargenmischzeit von 75 Sekunden
- das Additiv PR-Plast S wird auf die heißen Mineralstoffe gegeben und mit einer zusätzlichen „Trockenvormischzeit“ (15 Sekunden) homogenisiert
- das Additiv NAF 501 wird ohne „Trockenvormischzeit“ auf die heißen Mineralstoffe vor der Bitumenzugabe eingebracht
- alle weiteren Additive werden unmittelbar nach der Bitumendosierung zugegeben

Angestrebt wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Mischguttemperaturen (beim Verlassen des Mixers).

Je Variante wurden ca. 200 t Mischgut hergestellt und per LKW auf die Baustelle transportiert. Für jede LKW-Auslieferung wurden wesentliche Daten (Uhrzeit, Temperatur, usw.) erfasst. Aufgrund der geringen Entfernung der Asphaltmischanlage zum Einbauort war nicht davon auszugehen, dass die Transportzeit einen negativen Einfluss auf das Einbauverhalten der Asphalte ausübt. Detaillierte Angaben hierzu sind dem Anhang H zu entnehmen.

Tabelle 3: Temperaturbereiche nach Verlassen des Mixers

Varianten mit	angestrebte Temperatur	tatsächlicher Temperaturbereich nach Verlassen des Mixers
Genicel	150 °C	149 – 162 °C
PR Plast S und Polybilt 106	180 °C	170 – 189 °C
allen übrigen Additiven	170 °C	159 – 178 °C

Die Probenahme für erweiterte Kontrollprüfungen erfolgte an der Mischanlage. Beprobte wurde je Variante die erste Mischercharge nach Beladung des jeweils dritten LKW. Die Probeteilung und Probenahme wurde mit Hilfe eines Radladers auf einer mit Beton befestigten Fläche durchgeführt. Die Mischgutvariante mit Lucobit wurde nach Beladung des vierten LKW beprobt, da der Einbau dieser Variante an zwei Tagen erfolgte. Weitere Daten zum Mischgut beim Verlassen der Mischanlage sind dem Anhang H zu entnehmen.

6. Einbau der Erprobungsfelder

An den drei Einbautagen lagen sehr unterschiedliche Witterungsbedingungen vor. Die nachfolgende Tabelle zeigt die jeweiligen Witterungsbedingungen sowie die minimale und maximale gemessene Mischguttemperatur unmittelbar nach der Vorverdichtung durch die Fertigerbohle.

Tabelle 4: Witterung und Mischguttemperaturen beim Einbau

Mischgutvariante	Lufttemperatur	Niederschlag	Mischguttemperatur beim Einbau	
			min	max
GENICEL	15 – 20 °C	nein	133 °C	162 °C
BUTONAL NX 1129	22 – 26 °C	nein	160 °C	180 °C
PARAWAX 8000	22 – 26 °C	nein	141 °C	188 °C
LUCOBIT 1210	17 - 22 °C	zeitweise	143 °C	165 °C
NAF 501	18 – 20 °C	ja	163 °C	180 °C
PR PLAST S	18 – 20 °C	zeitweise	152 °C	178 °C
POLYBILT 106	12 – 18 °C	zeitweise	166 °C	189 °C

Die vergleichsweise hohen Temperaturschwankungen sind vermutlich auf die Handzugabe der Additive, das Wechseln der Additivart und die unterschiedlichen Randbedingungen bei der Mischgutherstellung zurückzuführen.

Die sorgfältige Verdichtung der Erprobungsfelder wurde durch eine laufende Überprüfung mittels Troxlersonde optimiert.

Weitere Angaben zu den Randbedingungen beim Einbau sind dem Anhang H zu entnehmen.

7. Kontrollprüfungen

Die vertragsrelevanten Kontrollprüfungen wurden im Prüfcenter Düsseldorf des Landesbetriebes Straßenbau NRW durchgeführt. Es zeigten sich geringe Abweichungen von den Anforderungen, die bauvertraglich kaum von Bedeutung waren.

Im Hause IFTA wurden zusätzlich je Mischgutvariante folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- Mischgutkontrollprüfung
- Spurbildungsversuch im Wasserbad bei 50 °C
- Spurbildungsversuch im Luftbad bei 50 °C
- Spaltzugfestigkeit bei 10 °C vor und nach Wasserlagerung bei 50 °C
- Kälteverhalten (Bezugsfestigkeit bei 20 °C, 0 °C und -20 °C)
- Schichtenverbund nach Leutner an Bohrkernen

Die Ergebnisse der Versuche sowie die Versuchsrandbedingungen sind nachfolgend aufgeführt:

- *Spurbildungsversuch*

Die Randbedingungen des Prüfverfahrens wurden der TP A-StB, Teil: Spurbildungsversuch - Bestimmung der Spurrinntentiefe im Wasserbad entnommen. Die Prüfung erfolgte jedoch in Ergänzung zu den TP im Wasserbad und im Luftbad.

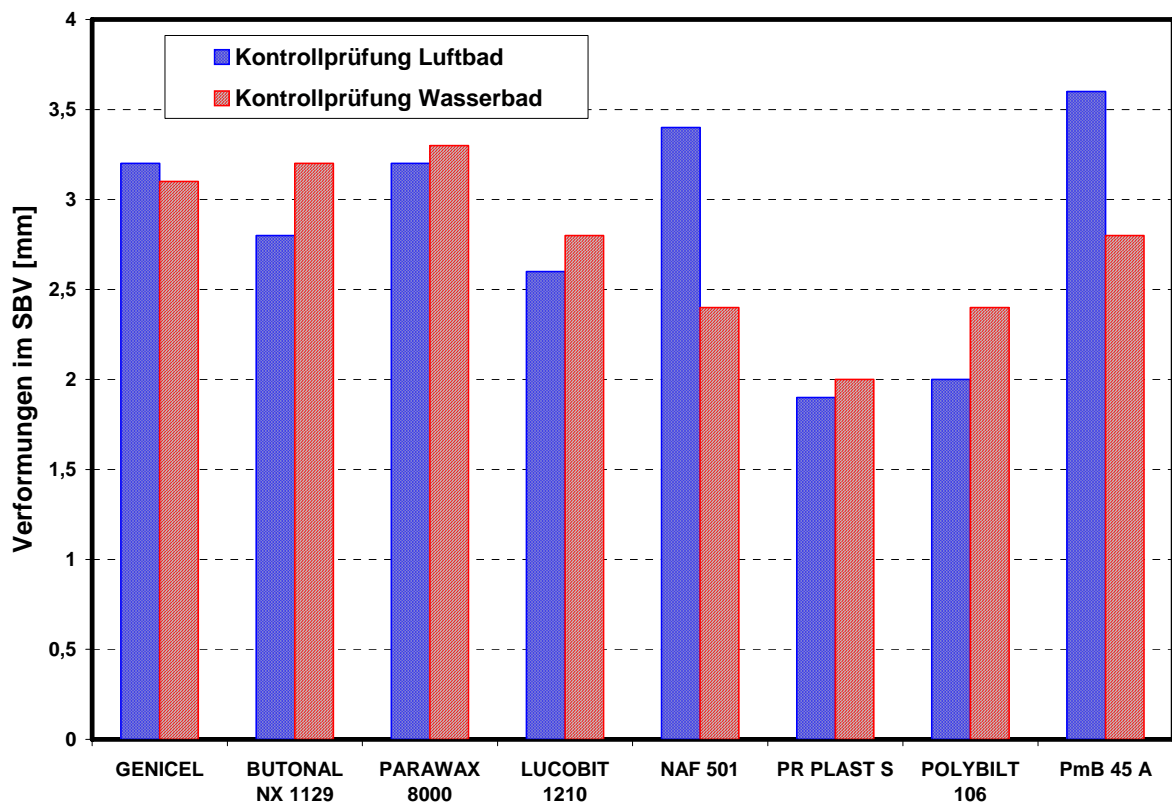


Abbildung 7: Verformungsverhalten im Spurbildungsversuch, 50 °C Wasserbad und 50 °C Luftbad (am Kontrollmischgut)

Alle gemessenen Ergebnisse weisen eine nur geringe mittlere Spurrinntentiefe auf.

Die Varianten mit NAF 501 und PmB 45 A zeigen jedoch einen signifikanten Unterschied der Spurrinntiefe zwischen den in Luft und den in Wasser temperierten Prüfplatten, die vermutlich verfahrens- und probenahmebedingt sind.

- Spaltzugfestigkeit

Zur Abschätzung des Haftverhaltens wurden Spaltzugfestigkeiten (SZF) vor und nach Wasserlagerung an Marshall-Probekörpern mit folgenden Randbedingungen durchgeführt:

- Prüfkörper: MPK \varnothing 100 mm
- Bedingungen der Wasserlagerung: 24 Stunden unter Wasser bei 50 °C
- Prüftemperatur bei Ermittlung der SZF: 10 °C
- Lastvorschub: 50 mm/min

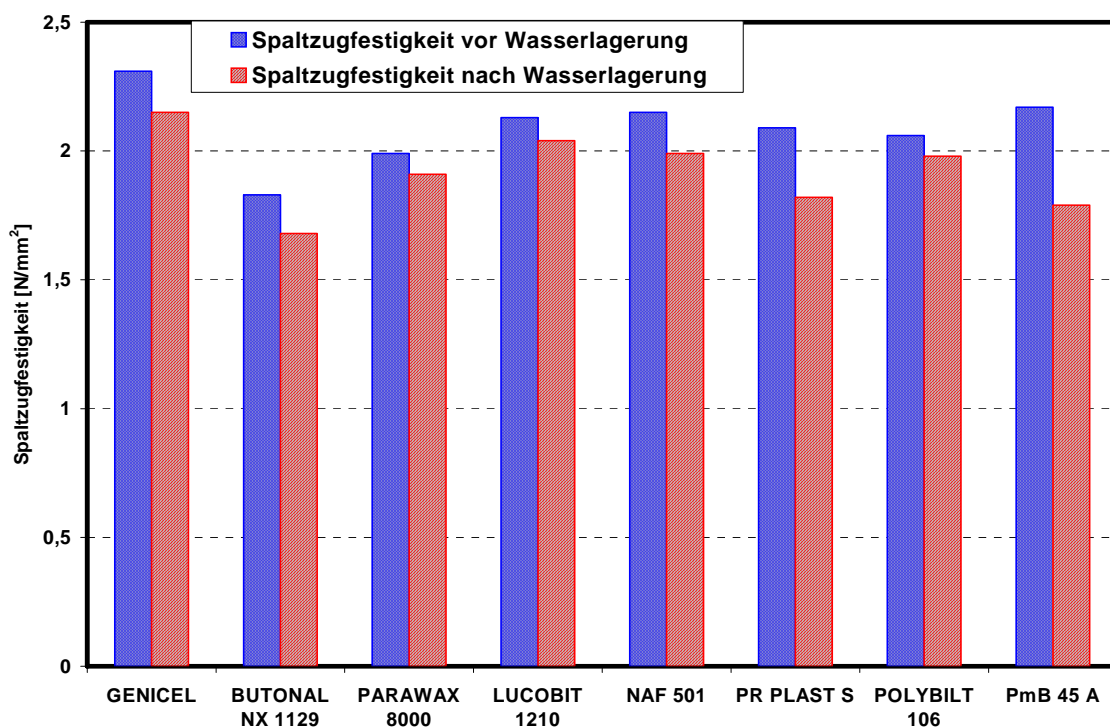


Abbildung 8: Spaltzugfestigkeiten vor und nach Wasserlagerung (am Kontrollmischgut)

Der gemessene Abfall der Spaltzugfestigkeiten schwankt zwischen 4 und 17 %. Diese Ergebnisse geben keinen Hinweis auf eine mangelhafte Affinität zwischen den Bindemitteln und dem Gestein.

- Kälteverhalten

Das Kälteverhalten der verschiedenen Mischgutvarianten wurde durch die Bestimmung der Biegezugfestigkeiten (BZF) bei unterschiedlichen Temperaturen unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

- Prüfkörper: Prismen (allseitig geschnitten) 40 x 40 x 160 mm
- Prüftemperatur bei Ermittlung der BZF: 20 °C, 0 °C und –20 °C
- Lastvorschub: 1,25 mm/min

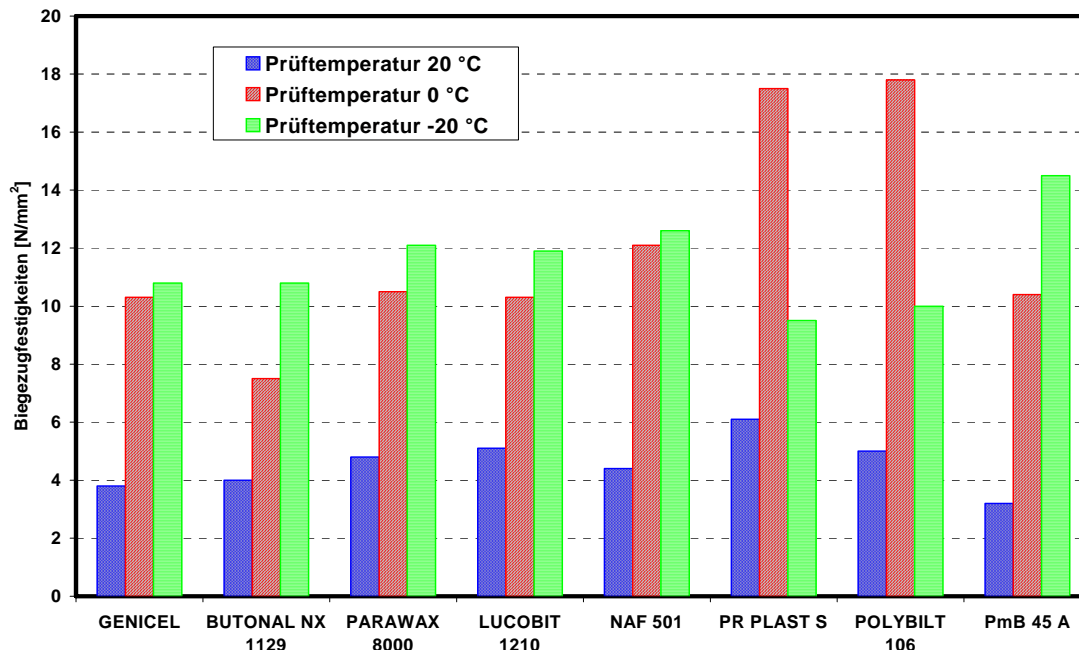


Abbildung 9: Biegezugfestigkeiten bei 20 °C, 0 °C und –20 °C (am Kontrollmischgut)

Bemerkenswert sind die hohen Biegezugfestigkeiten der Varianten mit PR Plast S und Polybilt 106 bei 0 °C. Bei einer Prüftemperatur von –20 °C ist jedoch ein deutlicher Abfall der Biegezugfestigkeit dieser beiden Varianten festzustellen. Nach bisherigen Beobachtungen (nach fünf Jahren Liegezeit) hat dies jedoch bisher keine Auswirkungen auf das Kälteverhalten in der Praxis. Die im Labor hergestellten Gemische (siehe Abbildung 4) zeigen dieses ausgeprägte Verhalten nicht, was vermutlich mit der unterschiedlichen Mischgutherstellung in Verbindung zu bringen ist.

- Bindemittel

Die Eigenschaften der extrahierten Bindemittel sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der Untersuchungen an den extrahierten Bindemitteln nur bedingt mit den Bindemittelkennwerten im „frischen“ Zustand vergleichbar sind, da einige Zusätze bei der Extraktion mit üblichen

Lösemitteln nicht mit dem Bitumen zurückgewonnen werden können, sondern in den Gesteinskörnungen wieder zu finden sind.

Tabelle 5: Eigenschaften der extrahierten Bindemittel

	EP R u K [°C]	Brechpunkt [°C]	Duktilität (15 °C) [cm]	max Kraft [N]
Bitumen 50/70 (frisch)	53,0			
GENICEL	75,0	-11	10	56
BUTONAL LS 133	58,0	-18	20	36
PARAWAX 8000	66,0	-9	6	50
LUCOBIT	62,0	-12	7	50
NAF 501	59,0	-11	6	63
PR PLAST S	60,0	-9	6	66
POLYBILT 106	60,0	-12	7	99

Obwohl der Erweichungspunkt Ring und Kugel der extrahierten Bindemittel teilweise erhöht ist, lassen sich aufgrund der anderen Parameter keine Hinweise auf eine erhöhte Rissgefährdung ableiten.

8. Untersuchungen an der eingebauten Schicht

8.1 Nach dem Einbau

Zur Ermittlung des Verdichtungsgrades und des Schichtenverbundes wurden Bohrkern \varnothing 150 mm entnommen.

Die Ergebnisse in der Tabelle 6 lassen erkennen, dass zum einen in allen Feldern erhöhte Schichtdicken festgestellt wurden und in den Erprobungsfeldern, die bei vergleichsweise schlechter Witterung eingebaut wurden (siehe Tabelle 4), ein verringerter, teilweise sogar überhaupt kein Schichtenverbund festgestellt wurde.

Alle Verdichtungsgrade lagen über den gestellten Anforderungen von 98 %. Dies ist sicherlich auch auf die sorgfältige Kontrolle der Verdichtung während des Einbaus mit der Troxler-sonde zurückzuführen.

Tabelle 6: Schichtdicke, Raumdichte und Verdichtungsgrad der Deckschichten sowie Schichtenverbund zwischen Deckschicht und Binderschicht

		Schichtdicke [mm]	Schichten- verbund [kN]	Raumdichte [g/cm ³]	Verdichtungs- grad [%]
SMA 0/8 S mit Genicel	Probe 1	46	18,5	2,327	100,1
	Probe 2	45	19,3	2,356	101,4
	Probe 3	46	14,8	2,336	100,5
SMA 0/8 S mit Butonal NX 1129	Probe 1	50	17,2	2,319	101,0
	Probe 2	45	14,1	2,320	100,1
	Probe 3	49	17,0	2,324	101,2
SMA 0/8 S mit Parawax 8000	Probe 1	53	15,8	2,352	101,5
	Probe 2	46	18,8	2,375	102,5
	Probe 3	42	13,4	2,345	101,2
SMA 0/8 S mit Lucobit	Probe 1	44	17,8	2,344	101,4
	Probe 2	47	16,2	2,331	100,8
	Probe 3	44	16,5	2,328	100,7
SMA 0/8 S mit NAF 501	Probe 1	45	10,0	2,363	101,8
	Probe 2	42	11,0	2,361	101,7
	Probe 3	45	-	2,328	100,3
SMA 0/8 S mit PR Plast S	Probe 1	41	8,6	2,291	100,0
	Probe 2	46	7,0	2,314	101,4
	Probe 3	47	10,2	2,325	101,9
SMA 0/8 S mit Polybilt 106	Probe 1	45	9,8	2,374	102,5
	Probe 2	45	6,0	2,372	102,4
	Probe 3	40	-	2,355	101,6

8.2 Im Laufe der Nutzung

Vier Wochen nach Verkehrsfreigabe, nach ca. 1,5 Jahre und nach 4 Jahren Liegezeit wurde die Griffigkeit der Erprobungsstrecke mit dem Verfahren SCRIM gemessen. Die Abbildung 10 zeigt eine zusammenfassende Darstellung aller drei Messungen. In Anhang G sind die Messergebnisse zudem separat und mit zusätzlichen Angaben zu den Messrandbedingungen aufgeführt.

Der Verlauf der Messergebnisse nach Verkehrsfreigabe (20. Oktober 2000, ca. 4 Wochen nach Verkehrsfreigabe) zeigt einen mittleren μ -SCRIM-Wert von rd. 0,75, der jedoch teilweise sehr starken Schwankungen unterliegt. Die Ergebnisse werden zu diesem Zeitpunkt noch maßgeblich vom Abstumpfungssplitt beeinflusst. Dennoch halten alle gemessenen 100-m-Abschnitte die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB 01 an die Griffigkeit zum Zeitpunkt der Abnahme ein. Nach rd. 1,5 Jahren Ver-

kehrbelastungen ist das Gesamtniveau um ca. 0,1 auf 0,65 μ -SCRIM gesunken und die extremen Schwankungen liegen nicht mehr vor.

Nach 4 Jahren Verkehrsbelastung sind die Werte nochmals um 0,05 auf ca. 0,6 μ -SCRIM gesunken, so dass auch die Anforderungen bis zum Ablauf der Verjährungsfrist in allen 100-m-Abschnitten eingehalten werden. Dabei deutet sich an, dass die Erprobungsflachen mit stark stabilisierenden Zusätzen (PR Plast und Polybilt) ein geringfügig höheres Niveau erreichen als die übrigen Erprobungsfelder. Der Unterschied ist jedoch vergleichsweise gering.

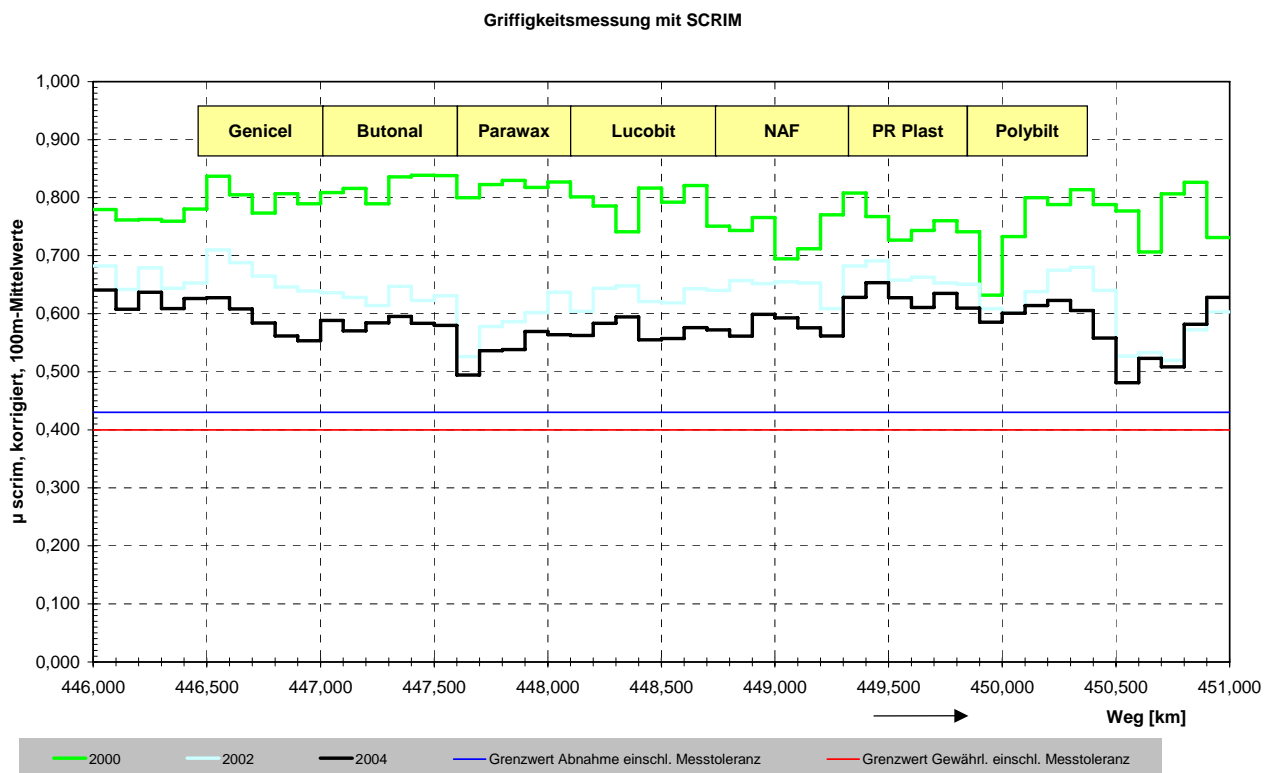


Abbildung 10: Ergebnisse der SCRIM-Messungen nach Verkehrsfreigabe sowie nach 1,5 und 4 Jahren Verkehrsbelastung

Nach 4 Jahren Verkehrsbelastung wurden zudem Bohrkernentnahmen, um ggf. Veränderungen zu den Asphalteeigenschaften unmittelbar nach dem Einbau feststellen zu können. Die wesentlichen Angaben sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Schichtdicke, Schichtenverbund, Rautiefen und Verdichtungsgrad der Deckschichten nach 4 Jahren Verkehrsbelastung

Bohrkernbezeichnung		Schichtdicke [cm]	Schichtenverbund		mittlere Rautiefe [mm]	Verdichtungs- grad [%]
			Kraft [kN]	Weg [mm]		
SMA 0/8 S mit PmB 45 A km 446,200	L	4,5	49,5	3,3	0,63	100,9
	M	4,2	> 50	3,1	0,72	100,8
	R1	4,2	44,5	2,3	0,65	101,9
	R2	4,0	46,5	5,3		
SMA 0/8 S mit Genicel km 446,750	L	4,6	47,5	2,7	0,55	98,3
	M	4,7	47,0	3,5	0,73	99,5
	R1	4,3	39,0	2,6	0,63	97,7
	R2	4,4	33,4	5,1		
SMA 0/8 S mit Butonal NX 1129 km 447,300	L	4,2	> 50	2,5	0,55	102,5
	M	4,8	39,5	2,5	0,70	102,2
	R1	4,6	39,5	3,9	0,85	100,0
	R2	4,5	26,7	3,9		
SMA 0/8 S mit Parawax 8000 km 447,900	L	4,2	41,5	2,8	0,63	100,9
	M	4,4	40,0	2,3	0,61	102,0
	R1	4,7	38,0	3,6	0,55	101,5
	R2	4,7	47,6	4,9		
SMA 0/8 S mit Lucobit km 448,500	L	4,3	38,0	3,4	0,49	100,3
	M	4,6	38,5	1,8	0,85	101,3
	R1	4,7	35,5	2,1	0,34	102,0
	R2	4,6	46,5	4,4		
SMA 0/8 S mit NAF 501 km 449,050	L	4,1	29,0	2,2	0,57	99,4
	M	4,5	45,5	3,6	0,85	101,9
	R1	4,7	46,0	4,3	0,62	99,6
	R2	4,5	30,8	3,0		
SMA 0/8 S mit PR Plast S km 449,600	L	4,8	48,5	3,3	0,77	102,4
	M	4,6	47,0	3,5	0,83	103,2
	R1	4,6	46,5	3,6	0,76	102,7
	R2	4,6	42,8	4,4		
SMA 0/8 S mit Polybilt 106 km 450,100	L	4,2	38,5	1,9	0,75	100,8
	M	4,0	30,5	1,7	0,83	102,0
	R1	4,3	30,5	1,6	0,69	101,0
	R2	4,5	33,0	2,6		

L: linke Rollspur;

M: Mitte (zwischen den Rollspuren);

■ nicht bestimmt

R1: rechte Rollspur (Kern 1);

R2: rechte Rollspur (Kern 2)

Der Vergleich der Ergebnisse an den untersuchten Bohrkernen nach dem Einbau mit denen nach 4 Jahren Verkehrsbelastung zeigt eine signifikante Veränderung des Schichtenverbundes zwischen Asphaltdeckschicht und Asphaltbinderschicht. Nach 4 Jahren ist der Schichtverbund bei allen Bohrkernen überwiegend deutlich über 25 kN, während nach dem Einbau (Tabelle 6) noch einige Bohrkern keine oder nur einen geringen Schichtenverbund (< 10 kN) hatten und auch die Maximalwerte unter 20 kN lagen. Somit hat in allen Erprobungsfeldern eine Verbesserung des Schichtenverbundes, vermutlich durch die Verkehrsbelastung, stattgefunden. Dies gilt auch für die Bereiche zwischen den Rollspuren (Bohrkerne M).

Weiter ist festzuhalten, dass eine nachweisbare Nachverdichtung in den Rollspuren nicht stattgefunden hat. Was jedoch in einigen Erprobungsfeldern auffällt, ist die Veränderung der mittleren Rautiefe in den Rollspuren. Hier fällt besonders der Unterschied der Bohrkerne in und neben der Rollspur im Erprobungsfeld mit Lucobit auf. Dies ist aber offensichtlich nur ein eng begrenzter Bereich von ca. 40 m im Erprobungsfeld, da auch nur hier die 20-m-Werte der Griffigkeitsmessungen unter 0,5 (ca. 0,480) liegen. Der 100-m-Mittelwert ist aufgrund der deutlich höheren Griffigkeiten davor und dahinter über 0,5 (0,550).

Tendenziell ist auch hier in den Erprobungsfeldern mit den stark stabilisierenden Zusätzen ein geringerer Unterschied der mittleren Rautiefen in und außerhalb der Rollspuren festzustellen.

In allen Erprobungsfeldern (Ausnahme: PR Plast und Polybilt) wurde an zwei Stellen über die gesamte Fahrbahnbreite des Hauptfahrstreifens eine Folie zwischen Asphaltdeckschicht und Asphaltbinderschicht geklebt, um so die Veränderung des Querprofils und damit ggf. auftretende Verformungen erfassen und quantifizieren zu können. Im Erprobungsfeld mit PR Plast wurde nur ein Folie verlegt, während im Erprobungsfeld mit Polybilt an drei Stellen Folien eingebracht wurden. Die Ergebnisse der durch die BAST durchgeführten Querprofilmessungen (nach dem Einbau sowie nach 2 und nach 4 Jahren Verkehrsbelastung) sind dem Anhang I zu entnehmen.

Bei Betrachtung der ermittelten Querprofile lässt sich erkennen, dass in keinem Erprobungsfeld signifikante Spurrinnen entstanden sind. Die „Unebenheiten“ liegen bei allen Messungen unter 4 mm und erfüllen damit auch nach vier Jahren Verkehrsbelastung noch die Anforderungen an die Ebenheit bei der Abnahme. Ebenso lassen sich keine Differenzierungen zwischen den einzelnen Erprobungsfeldern vornehmen. Die in allen Feldern vergleichbare Veränderung der Querprofile vom Beginn der Nutzungsdauer bis vier Jahre nach Verkehrsfreigabe lässt jedoch auch nach noch längerer Verkehrsbelastung keinen Unterschied des Verformungsverhaltens in der Praxis erwarten.

9. Chemische Untersuchung der verwendeten Additive

9.1 Allgemeines

Die Produkte wurden mit verschiedenen chemisch-analytischen und physikalischen Prüfmethoden untersucht. Zum Einsatz kamen die in Tabelle 8 angegebenen Untersuchungsmethoden.

Tabelle 8: Chemische und Physikalische Untersuchungsmethoden

Chemische Verfahren	Information
Infrarotspektrometrie	Charakterisierung der Produktzusammensetzung
Thermogravimetrie	Flüchtige, zersetzbare, oxidierbare Anteile, Festanteile
Gelpermeationschromatographie	Molmassenverteilung
Physikalische Verfahren	Information
Dynamische Scherviskosimetrie	Viskosität und Elastizität der Produkte und der Bitumenmischung bei 30-120 °C
Kraftduktilometrie	Viskosität und Kohäsion bei 10 °C
Bending Beam Rheometrie	Viskosität bei -16 °C

Da das Produkt Genicel aus Sasobit und Fasern besteht, bei einigen Prüfungen die Faseranteile aber eine störende Wirkung haben, wurden auch Gemische aus Straßenbaubitumen und Sasobit untersucht, obwohl ein Versuchsfeld nur mit Sasobit als Additiv nicht vorliegt.

9.2 Infrarotspektrometrische Untersuchungsergebnisse

Die Infrarotspektrometrie erlaubt Aussagen über die in den Molekülen enthaltenen charakteristischen Gruppen. Zur Messung der Additive wurde die ATR-Technik eingesetzt, bei der die Probe als dünner Film auf einen Zinkselenid-Einkristall aufgebracht wird und die Absorption der Infrarotstrahlung nach mehrfacher Totalreflexion gemessen wird.

Das IR-Spektrum des Polybilt 106 (Anhang A5) zeigt die charakteristischen Absorptionsbanden von Ethylvinylacetat.

Die Infrarotspektren der Produkte Pr Plast S, Genicel, Parawax 8000 (Anhang A1, A2 und A6) weisen neben den charakteristischen Schwingungsbanden der Polyolefine, weitere Absorptionsbanden auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass weitere Stoffe enthalten sind, deren Art und Konzentration jedoch nicht analysiert wurde.

Das im Butonal enthaltene SBS-Polymer ist eindeutig zu identifizieren. Das IR-Spektrum des Butonals (Anhang A3) ist aufgrund der Styrolabsorptionen, des Wassergehaltes und der Anwesenheit von Emulgatoren relativ komplex.

9.3 Thermogravimetrische Untersuchungsergebnisse

Die Thermogravimetrie registriert den Massenverlust der Produkte bei linear ansteigender Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen Raumtemperatur und 800 °C. Die Probe wird zunächst unter Inertgasatmosphäre erhitzt und ab 500 °C mit Luftsauerstoff oxidiert. Die Thermogramme weisen meist mehrere Stufen auf. Stufen unter ca. 200 °C entsprechen meist einem Verdampfungsschritt von flüchtigen Komponenten und Stufen oberhalb von 300 °C bis ca. 500 °C einer thermischen Zersetzung von meist organischem Material. Stufen bei noch höheren Temperaturen weisen entweder auf eine Zersetzung anorganischer Stoffe hin oder in Gegenwart von Sauerstoff auf die Oxidation von Kohlenstoff. Die Thermogravimetrie liefert somit wertvolle Informationen über die Zusammensetzung der Additive.

Die Thermogramme der Additive sind in den Anhängen B1 bis B7 dargestellt.

NAF 501 zeigt eine Massenabnahme, die in mehreren schwach ausgeprägten Stufen verläuft. Die organischen Stoffe wurden bis zu einer Temperatur von 500 °C thermisch zersetzt und anschließend nach Umschaltung auf Luftsauerstoff oxidiert. Der Rückstand von ca. 30 %, bezogen auf das untersuchte Produkt, entspricht dem Gehalt an feinteiligen mineralischen Stoffen im Naturasphalt.

Parawax 8000 zeigt einen vollständigen thermischen Abbau zwischen 250 °C und ca. 550 °C. Dies bestätigt den infrarotspektrometrischen Befund, dass es sich um Polyolefine handelt. Das Auftreten von mehreren kleineren Stufen weist allerdings auf „Verunreinigungen“ hin.

Genicel zeigt eine deutliche Massenabnahme zwischen 250 °C bis ca. 550 °C. Diese Stufe ist auf die thermische Zersetzung der Paraffine und der Zellulosefasern zurückzuführen. Ein Rückstand von etwa 7 % weist auf einen Anteil anorganischer Bestandteile hin.

Das Thermogramm des Butonals weist zwei Stufen auf. Bis etwa 150 °C werden das Wasser und der Emulgator aus der Emulsion entfernt. Zwischen 350 °C und 500 °C wird das Styrol-Butadien-Styrol-Copolymer nahezu vollständig abgebaut.

In Lucobit 1210 werden die Polymeranteile und die niedermolekularen Bitumenbestandteile thermisch zersetzt. Hochmolekulare Asphaltene des Bitumens werden allerdings erst oberhalb von 500 °C oxidativ abgebaut.

Das Ethylvinylacetat des Polybilit 106 wird in einem Temperaturbereich zwischen 300 °C und 500 °C thermisch abgebaut. Der Abbau erfolgt in zwei Stufen. Die erste Stufe in einem Temperaturbereich zwischen 300 °C bis 450 °C ist sehr wahrscheinlich auf den selektiven thermischen Abbau der Vinylacetatgruppen zurückzuführen.

Das Polyolefin PR Plast S wird in einem Temperaturbereich von 300 °C bis 500°C nahezu vollständig in einer Stufe thermisch zersetzt.

9.4 GPC - Untersuchungsergebnisse

Die Gelpermetationschromatographie erlaubt die Bestimmung der Molmassenverteilung von Wachsen oder Polymeren. Die Veränderung der Molmassenverteilung von einem sonst chemisch ähnlichen Stoff lässt Rückschlüsse auf die zu erwartenden Veränderungen der physikalischen Eigenschaften zu.

Das im Genicel eingesetzte Fischer-Tropsch-Paraffin „Sasobit“ sowie das wachsähnliche „Parawax 8000“ und die Polymere des „Lucobit“ bzw. des „Polybilit 106“ wurden mit Hilfe der Gelpermeationschromatographie analysiert und die Verteilung der Molmassen berechnet (Anhang C1). Während die Molmassenverteilungen der Polymere des Lucobit bzw. des Polybilit 106 relativ ähnlich sind, unterscheiden sich die Verteilungen von „Sasobit“ und „Parawax 8000“ sehr deutlich voneinander. Die Fischer-Tropsch-Paraffine sind in einem relativ engen Molmassenbereich zu finden. Dagegen enthält Parawax 8000 sowohl niedermolekulare Kohlenwasserstoffe, als auch beträchtliche Anteile, die den Polymeren zuzuordnen sind. Vergleicht man die Molmassenverteilung von Sasobit und Parawax 8000 mit den Molmassenverteilungen der Hauptbestandteile eines Bitumens (Anhang C2), dann stellt man folgendes fest:

Die mittlere Molmasse des Fischer-Tropsch-Paraffins liegt oberhalb der mittleren Molmassen der im Allgemeinen viskositätsabsenkend wirkenden Aliphaten und Aromaten. Diese Tatsache im Zusammenwirken mit der engen Molmassenverteilung, lässt eine viskositätserhöhende Wirkung bei Umgebungstemperatur erwarten. Parawax 8000 umfasst den Molmassenbereich der Aliphaten und Aromaten des Bitumens und übertrifft die Molmassen der Asphaltene. Die Molmassen der Polymere des Lu-

cobit bzw. des Polybilt 106 liegen deutlich höher als die Molmassen der Asphaltene (Anhang C3). Die mittleren Molmassen liegen erwartungsgemäß höher als die der Wachse bzw. der wachsähnlichen Produkte. Es ist eine Erhöhung der Viskosität durch den Einfluss dieser Additive zu erwarten.

9.5 Rheologische Untersuchungen mit dem Dynamischen Scherrheometer

Sasobit und Parawax 8000 wurden in Bitumen 50/70 eingemischt. Die auf diese Weise modifizierten Bitumenproben wurden am dynamischen Scherrheometer untersucht. In Anhang D1 sind die komplexen Schubmodule der mit Sasobit und mit Parawax 8000 modifizierten Bitumina zum nicht-modifizierten Bitumen vergleichend dargestellt. Das mit Parawax 8000 modifizierte Bitumen zeigt über den Temperaturbereich von 30 °C -130 °C eine höhere Viskosität als das nicht-modifizierte Bitumen. Das Fischer-Tropsch-Paraffin schneidet dagegen die rheologische Kurve des nicht-modifizierten Bitumens bei ca. 100 °C. Bei tieferen Temperaturen zeigt das mit Sasobit modifizierte Bitumen eine höhere Viskosität als das nicht-modifizierte. Dagegen ist die Viskosität oberhalb von 100 °C niedriger als die des nicht-modifizierten Bitumens. Dieses Verhalten deutet darauf hin, dass diese Additive potentiell geeignet sind eine niedrigere Verarbeitungstemperatur zu ermöglichen. Die entsprechenden Phasenwinkel für mit Sasobit und Parawax 8000 modifiziertes 50/70 liegen deutlich niedriger als der Phasenwinkel des nicht-modifizierten Bitumens 50/70 (Anhang D3). Dies könnte als ein Zugewinn an elastischen Eigenschaften interpretiert werden. Die komplexen Schubmodule des mit Lucobit und mit Butonal modifizierten Bitumens liegen insbesondere bei höheren Temperaturen deutlich höher als der Schubmodul des nicht-modifizierten Bitumens (Anhang D2). Besonders drastisch verläuft die Abnahme des Phasenwinkels für das mit Butonal modifizierte Bitumen (Anhang D4).

9.6 Kraftduktimetrische Untersuchungen

Das Bitumen der Spezifikation 50/70 wurde mit Ausnahme des „Parawax 8000“ mit 2,5 M.-% des jeweiligen Additivs modifiziert. Dies gilt auch für das Produkt Lucobit 1210, obwohl der Polymeranteil in diesem Additiv nur 50 M.-% beträgt. Das Parawax 8000 wurde gemäß Herstelleranforderung mit 5 M.-% modifiziert. Es wurden Probestkörper mit der ASTM-Form P 226 hergestellt und kraftduktimetrische Messungen

bei einer Temperatur von 10 °C durchgeführt. Der Verlauf der Kraftdehnungskurven für das mit NAF 501 modifizierte Bitumen ist in Anhang E1 dargestellt. Der grundsätzliche Verlauf entspricht dem von Straßenbaubitumen. Es ist allerdings eine deutliche Erhöhung der Maximalkraft bei gleichzeitiger Verkürzung der Dehnungslänge festzustellen. Dieser Effekt ist auf den Feststoffanteil des NAF 501 zurückzuführen. Anhang E2 zeigt die Kraftdehnungskurven des mit Wachsen bzw. wachsartigen Produkten modifizierten Bitumens 50/70. Die Maximalkraft des mit Sasobit modifizierten Bitumen ist mit ca. 81 N höher als die des mit Parawax 8000 modifizierten Bitumens mit ca. 67 N. Dies ist ein Hinweis auf eine stärkere kohäsive Wechselwirkung in mit Sasobit modifizierten Bitumen. Die Dehnungslänge des mit Sasobit modifizierten Bitumens ist mit 280 mm deutlich länger als die des nicht-modifizierten Bitumens.

Das mit Parawax 8000 modifizierte Produkt zeigt im Vergleich zum nicht-modifizierten Bitumen dagegen eine kürzere Dehnungslänge.

Anhang E3 zeigt die mit Polymeren oder polymerartigen Additiven modifizierten Kraftdehnungskurven. Polybilt und Butonal NX 1129 zeigen den für polymermodifizierte Bitumen charakteristischen Verlauf, mit einem konstanten Kraftniveau nach dem Kraftmaximum. Lucobit verhält sich ähnlich wie ein nicht-modifiziertes Bitumen, was vermutlich auf den vergleichsweise geringen Polymeranteil (1,25 M.-%) zurückzuführen ist.

9.7 Bending Beam Rheologie

Der Anhang F1 zeigt den zeitlichen Verlauf der Messung des nicht-modifizierten Bitumens 50/70 und des mit NAF 501 modifizierten Bitumen mit dem Bending Beam Rheometer. Das modifizierte Bitumen zeigt bei tiefen Temperaturen eine höhere Steifigkeit als das nicht-modifizierte Produkt. Die gleiche Tendenz der Versteifung ist für die Modifikationen mit Parawax 8000, Genicel bzw. Sasobit festzustellen (Anhang F2). Eine besonders hohe Steifigkeit zeigt das mit Sasobit modifizierte Bitumen. Mit Butonal, Lucobit und Polybilt 106 modifizierte Bitumen zeigen demgegenüber geringere Unterschiede zum Bitumen 50/70 (Anhang F3).

10. Bewertung der Ergebnisse

Infolge der immer weiter steigenden Verkehrsbelastungen sowie der geänderten Herstellungsart und Qualität der Grundbitumen werden in Zukunft vermehrt modifizierte Asphalte notwendig sein, um für den Baulastträger eine möglichst lange Nutzungsdauer bis zur ersten Erneuerung gewährleisten zu können. Bei größeren Bauvorhaben bieten sich aus wirtschaftlichen Gründen i. a. gebrauchsfertige polymermodifizierte Bindemittel an. Für kleinere Flächen (Aufstellbereiche vor Lichtsignalanlagen, Industrieflächen, Reparaturflächen, ...), oder für individuell höhere Modifizierungen sind Granulate, die an der Asphaltmischanlage zugegeben werden, eine sinnvolle Alternative. Dies setzt jedoch voraus, dass die Gebrauchseigenschaften des Asphaltes durch die hier eingesetzten Additive signifikant verbessert werden und das Additiv auch bei vertretbarem Mischaufwand ausreichend homogen im Mischgut verteilt ist.

10.1 Bautechnische Bewertung

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Dokumentation einer Erprobungsstrecke mit diversen Additiven lassen erkennen, dass die durch die Asphaltuntersuchungen repräsentierten Gebrauchseigenschaften des Splittmastixasphaltes 0/8 S mit Bitumen 50/70 + Additiv mit denen der Mischgutvariante mit PmB 45 A vergleichbar sind. Dabei wurden in den Laborversuchen jedoch Unterschiede in der jeweiligen Wirkungsweise festgestellt. Während einige Produkte eine deutliche Verbesserung der Wärmestandfestigkeit hervorrufen und bei den weiteren geprüften Gebrauchseigenschaften wie dem Tieftemperaturverhalten keine positive Wirkung zeigen (PR Plast S und Polybilit 106), konnte bei einigen Produkten eine positive Wirkung sowohl bei der Wärmestandfestigkeit, als auch beim Tieftemperaturverhalten festgestellt werden. Der Effekt dieser „allseitig“ wirkenden Produkte (NAF 501 und Lucobit) ist jedoch nicht so ausgeprägt wie der der „Spezialprodukte“ (PR Plast S und Polybilit 106). Obwohl die Löslichkeit in Bitumen, insbesondere der Produkte mit hoher Wirkung auf die Wärmestandfestigkeit oftmals schlecht ist, wurde festgestellt, dass dennoch ein positiver Einfluss auf die Wärmestandfestigkeit zu verzeichnen ist.

Somit konnte grundsätzlich bei allen Produkten (für das Produkt Butonal NX 1129 jedoch nur bedingt) eine signifikante Verbesserung einer oder mehrerer Gebrauchseigenschaft/en des SMA 0/8 S gegenüber einem nicht-modifizierten Asphalt unter Praxisbedingungen nachgewiesen werden. In der Praxis zeigt sich die Vergleichbar-

keit der Produkte anhand der Querprofilmessungen und der Griffigkeitsmessungen, die keines der Produkte, auch im direkten Vergleich mit dem Referenzfeld (PmB), als signifikant besser oder schlechter darstellen.

Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass der Zeitpunkt der Produktzugabe sowie weitere zusätzliche Randbedingungen (z. B. verlängerte Mischzeiten, siehe hierzu auch Herstellerangaben) bei der Mischgutherstellung zu berücksichtigen sind. Die Handzugabe der Additive hat daher vor dem Hintergrund der beim Einbau festgestellten Temperaturschwankungen (siehe Kapitel 6) mit besonderer Sorgfalt zu erfolgen, da hierdurch die gleichmäßige Verteilung der Additive im Asphalt beeinflusst wird, die wiederum maßgeblich für die Verbesserung der Gebrauchseigenschaften ist.

Ein direkter Nachweis der gleichmäßigen Verteilung der Additive ist auf einfache Weise nicht möglich. Indirekt erhält man Hinweise auf die gleichmäßige Verteilung durch geeignete straßenbautechnische Laboruntersuchungen (z. B. Spurbildungsversuch oder Spaltzugfestigkeit vor und nach Wasserlagerung).

Ein Nachweis der Additive ist i. a. nicht oder nur mit großem Aufwand und mit chemischen Untersuchungsmethoden möglich, die in einem typischen Straßenbaulaboratorium nicht vorhanden sind. Ein Nachweis kann ggf. durch Überprüfung der verbesserten Gebrauchseigenschaft (z. B. Spurbildungsversuch am Kontrollmischgut) erfolgen.

10.2 Chemisch/physikalische Bewertung

Die Additive wurden in drei verschiedene Kategorien eingeteilt: Naturprodukt, wachsartige und polymerartige Additive. Durch die infrarotspektrometrische Analyse nach dem ATR-Verfahren wurden die charakteristischen funktionellen Gruppen von EVA in Polybilit 106 und des SBS in Butonal bestimmt. Die Spektren der Polyolefine und der Kohlenwasserstoffwachse sind meist einfach und geben in einigen Fällen Hinweise auf technische Verunreinigungen oder Nebenprodukte. Die thermogravimetrische Analyse ermöglichte die Bestimmung der thermisch und oxidativ abbaubaren Anteile, sowie die Ermittlung der Feststoffgehalte. Die Molmassenverteilung einiger Additive wurde mit Hilfe der Gelpermeationschromatographie (GPC) analysiert. Mit dieser Methode lassen sich allerdings nur solche Stoffe untersuchen, die vollständig in organischen Lösemitteln löslich sind und keine Feststoffe enthalten. Untersucht wurden

Parawax 8000, Sasobit, Polybilt 106 und Lucobit. Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Molmassenverteilungen der Produkte Parawax 8000 und Sasobit zu den Produkten Polybilt 106 und Lucobit. Die Molmassenverteilungen von Polybilt 106 und Lucobit unterscheiden sich dagegen kaum. Der Einfluss der Additive auf die physikalischen Eigenschaften des modifizierten Bitumens wird geringer, je niedriger die Temperatur des Probekörpers ist. So lassen sich bei einer Temperatur von +10 °C mit Hilfe der kraftduktimetrischen Methode deutliche Unterschiede zwischen den Modifikationen mit Lucobit und Polybilt erkennen. Bei einer Temperatur von -16 °C sind die rheologischen Kurven der beiden modifizierten Proben aber nahezu identisch.

Für den Gebrauchstemperatur- und den Tieftemperaturbereich ist bei allen Additiven eine mehr oder minder deutliche Viskositätserhöhende Wirkung auf das Bitumen zu beobachten (siehe Tabelle 4). Dies gilt mit Ausnahme des Sasobits auch für den Verarbeitungstemperaturbereich. Bei Verarbeitungstemperaturen zeigt das mit Sasobit modifizierte Bitumen eine Verringerung der Viskosität. Dies bestätigt seine prinzipielle Eignung als Additiv zur Herstellung von Niedrigtemperaturasphalten. Die vorliegenden Untersuchungen wurden nicht mit Genicel, sondern mit Sasobit durchgeführt, da die Fasern die Messungen störten. Da Zellulosefasern die Tendenz besitzen paraffinartige Wachse „aufzunehmen“, ist zu vermuten, dass sich deshalb der viskositätsabsenkende Effekt beim Einbau nicht oder nur noch sehr schwach bemerkbar gemacht hat.

Im Gebrauchstemperaturbereich führte die Modifikation mit Butonal zu einer deutlichen Veränderung der elastischen Eigenschaften. Die kohäsiven Wechselwirkungen nehmen bei allen Modifikationen gegenüber den nicht-modifizierten Bitumen zu.

Die physikalischen Eigenschaften von PR Plast S wurden aufgrund seiner Inhomogenität nicht untersucht. Die Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen an den additivierten Asphalten und Bindemitteln lassen Veränderungen der Asphalteeigenschaften erwarten, die etwa vergleichbar sind mit denen eines Mischgutes mit einem lieferfertigen PmB.

Es fehlt allerdings eine vergleichende Betrachtung der wichtigen adhäsiven Eigenschaften der modifizierten Bindemittel. Das Fehlen eines Bitumenprüfverfahrens, das den quantitativen Vergleich des Beitrages der verschiedenen Bindemittelmodifikationen zur Adhäsion ermöglicht, erschwert eine detaillierte Beurteilung der Additive und sollte für zukünftige Forschungsaktivitäten verstärkt berücksichtigt werden.

11. Fazit

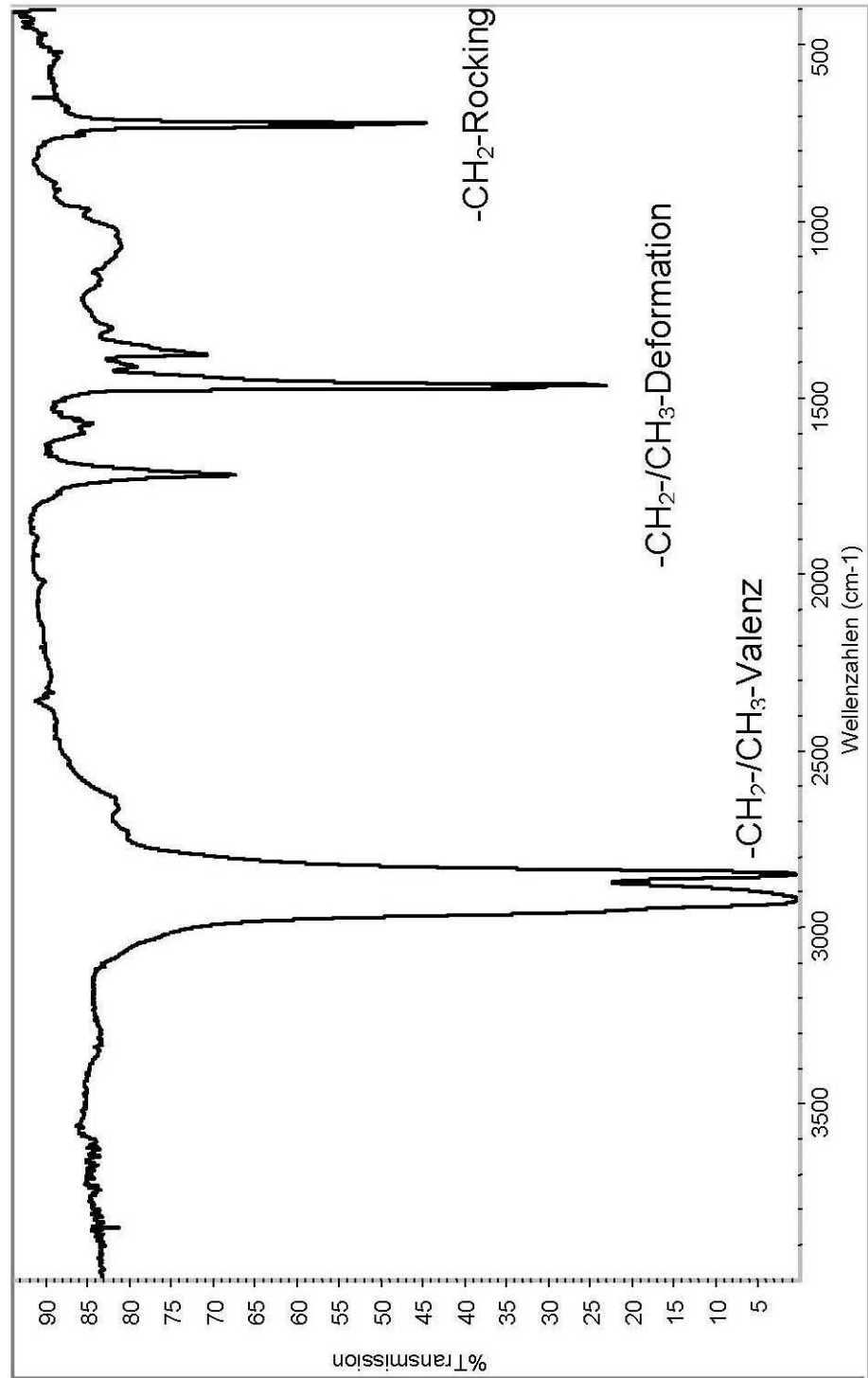
Da die Untersuchungen und der Praxisvergleich nach vier Jahren Nutzungsdauer die Vergleichbarkeit mit der Referenzbauweise (Asphaltdeckschicht mit PmB 45 A) gezeigt haben und einige der Produkte bereits Langzeiterfahrungen von mehr als 10 Jahren nachweisen können, sind die untersuchten Produkte in Verbindung mit einem nicht-modifizierten Straßenbaubitumen grundsätzlich als vergleichbare Bindemittelalternative verwendbar. Die separate Zugabe an der Mischanlage hat jedoch i. a. einen höheren Aufwand zur Folge, so dass der Einsatz sich insbesondere für Sonderanwendungen (z. B. Kleinmengen oder Mischgut mit höherer Modifizierung) eignet. Für die Anwendungen wird eine objektbezogene, aussagekräftige erweiterte Eignungsprüfung als zwingend notwendig angesehen.

Bei großflächigen Anwendungen sollte aufgrund der noch nicht eindeutig dokumentierten gleichmäßigen Verteilung der Produkte und des noch fehlenden quantitativen Nachweises den gebrauchsfertigen PmB der Vorzug gegeben werden.

Außerdem wird darauf hingewiesen, dass die Erprobungsfelder zwar in einem Autobahnabschnitt der Bauklasse SV liegen, die Verkehrsbelastung aber noch deutlich unter den besonders hoch belasteten Autobahnabschnitten in NRW liegt. Auf der Erprobungsstrecke ist somit die Gefahr einer vergleichsweise schnellen Spurrinnenbildung nicht besonders hoch.

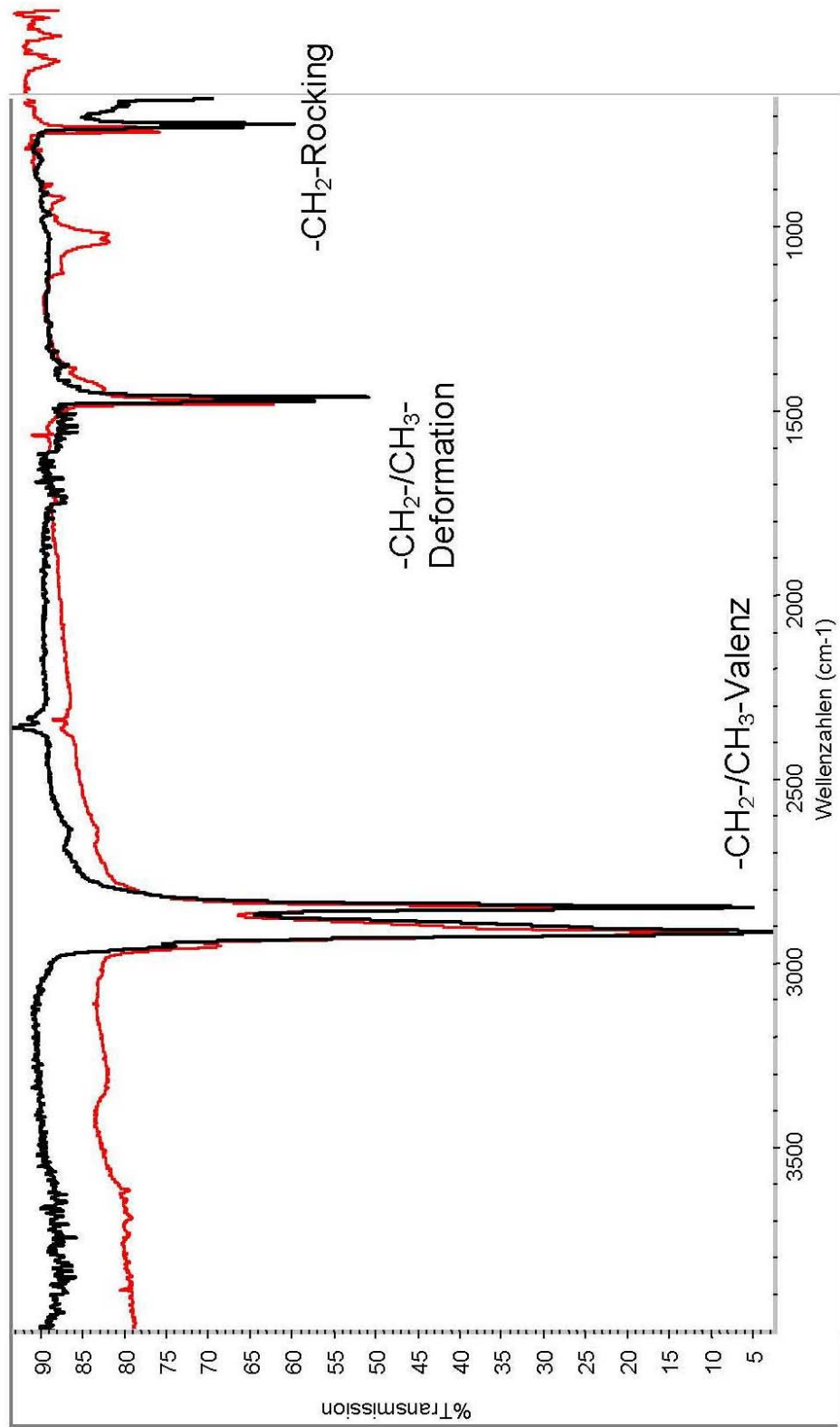
Anhang A 1

Abbildung A1: Infrarotspektrum Parawax 8000



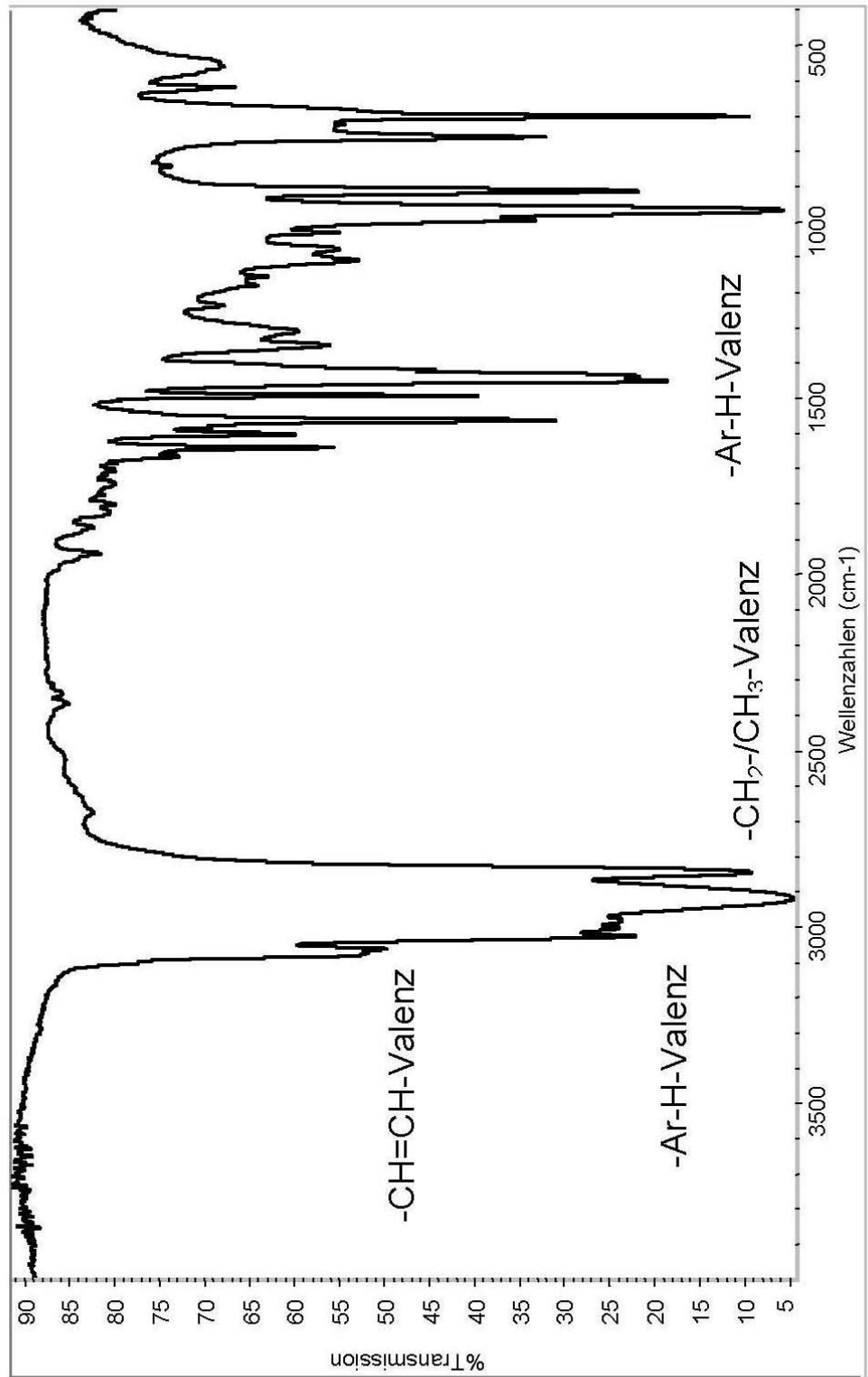
Anhang A 2

Abbildung A2: Infrarotspektrum **Genicel** / Sasobit



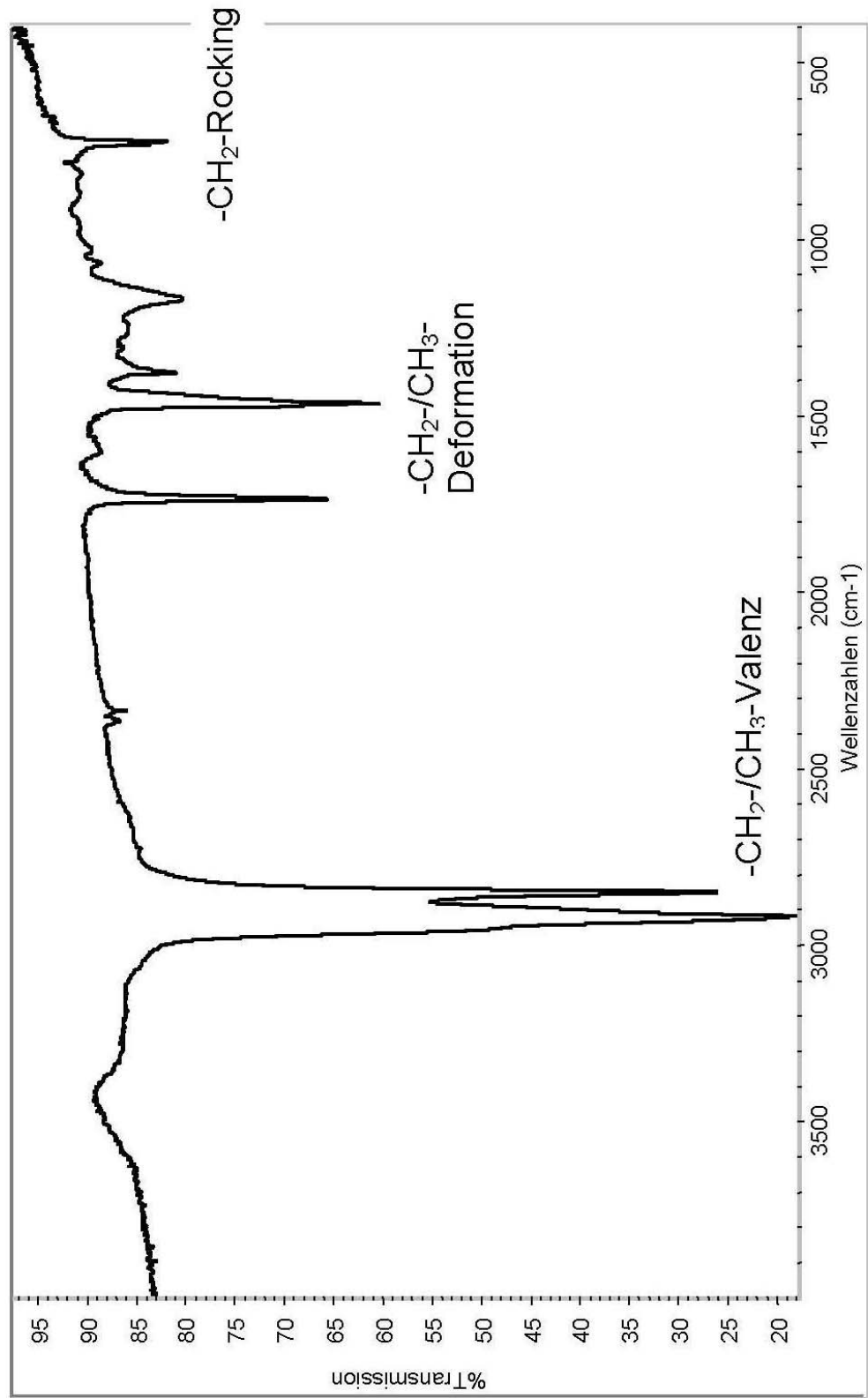
Anhang A 3

Abbildung A3: Infrarotspektrum Butonal



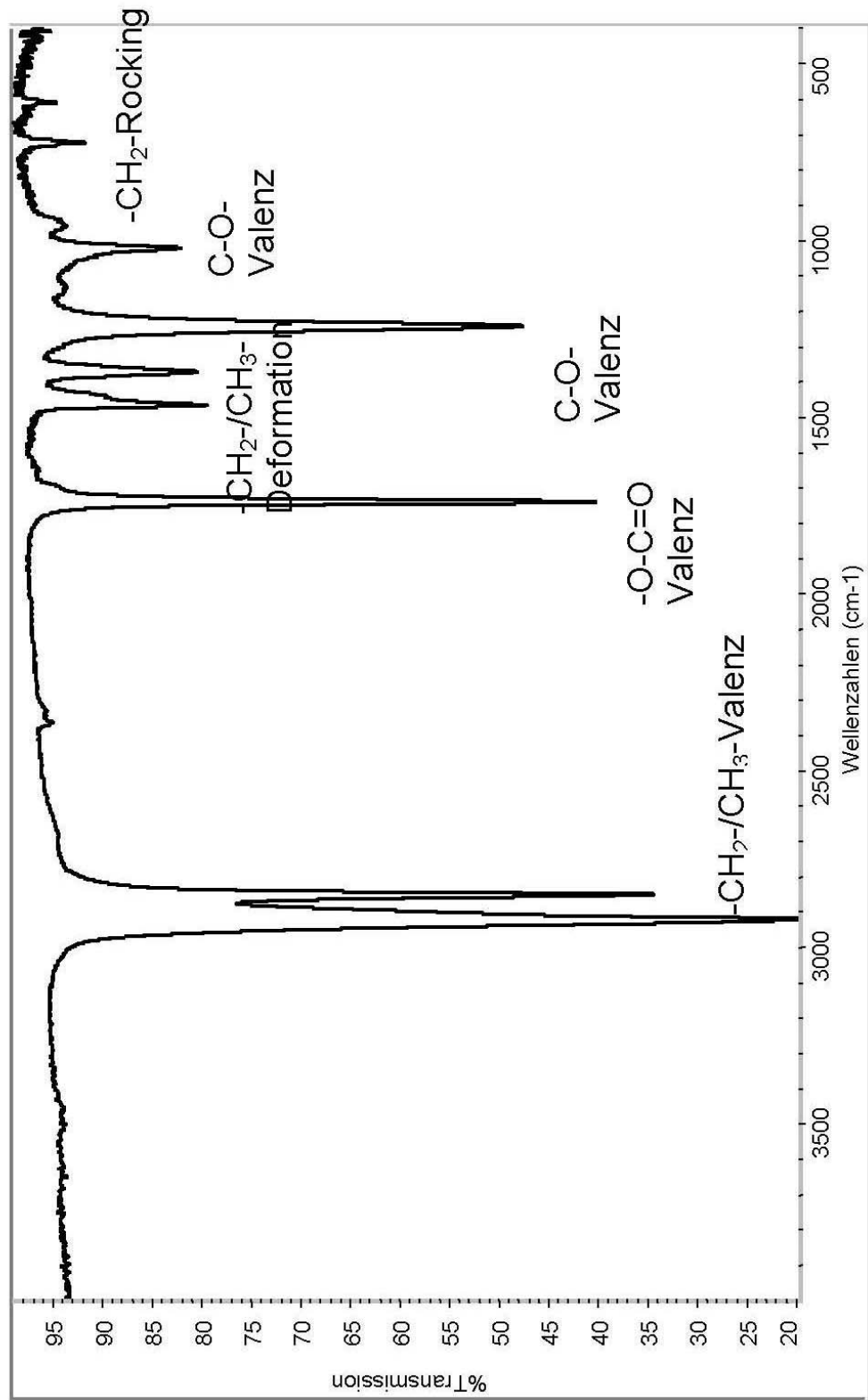
Anhang A 4

Abbildung A4: Infrarotspektrum Lucobit



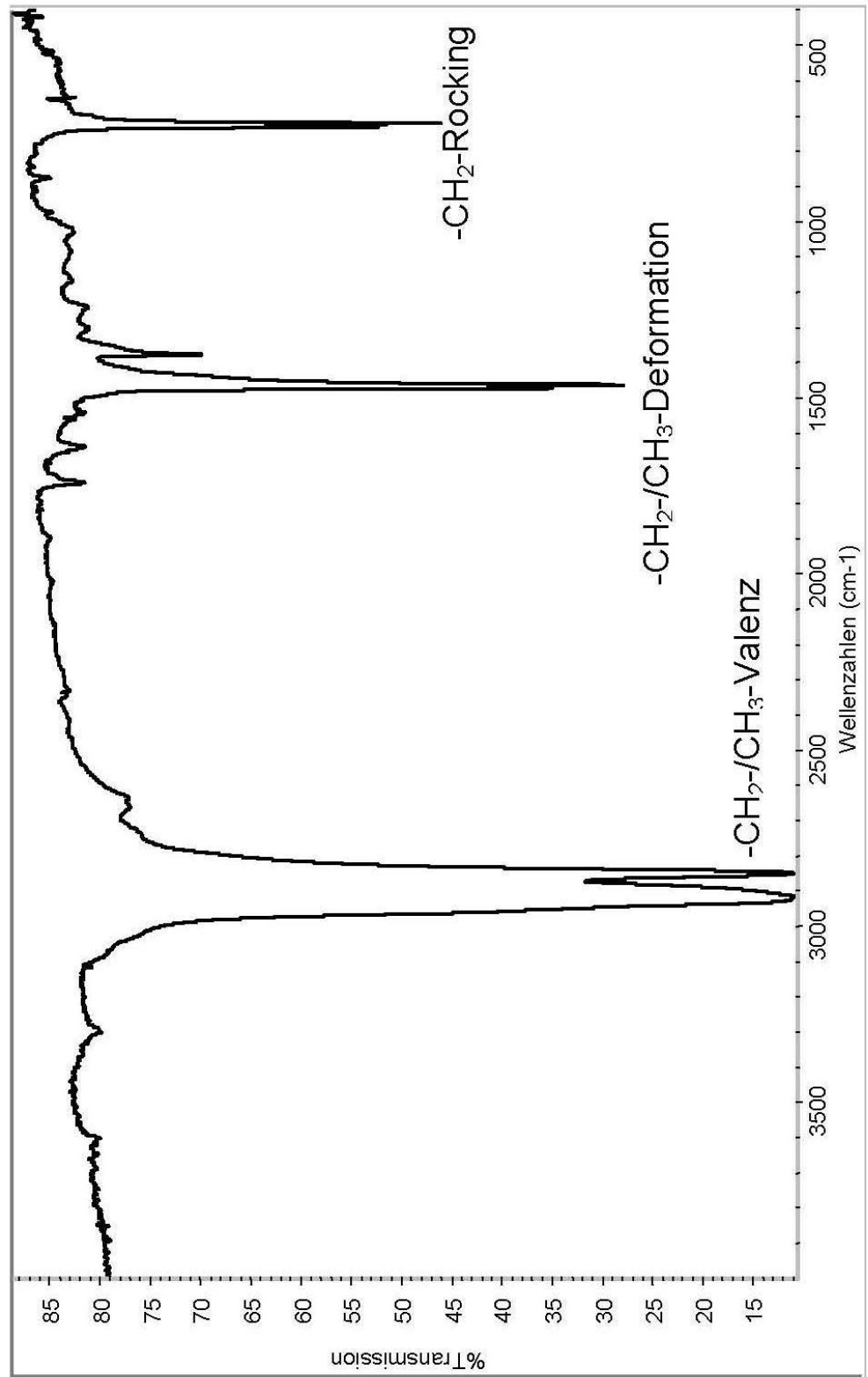
Anhang A 5

Abbildung A5: Infrarotspektrum Polybilit 106



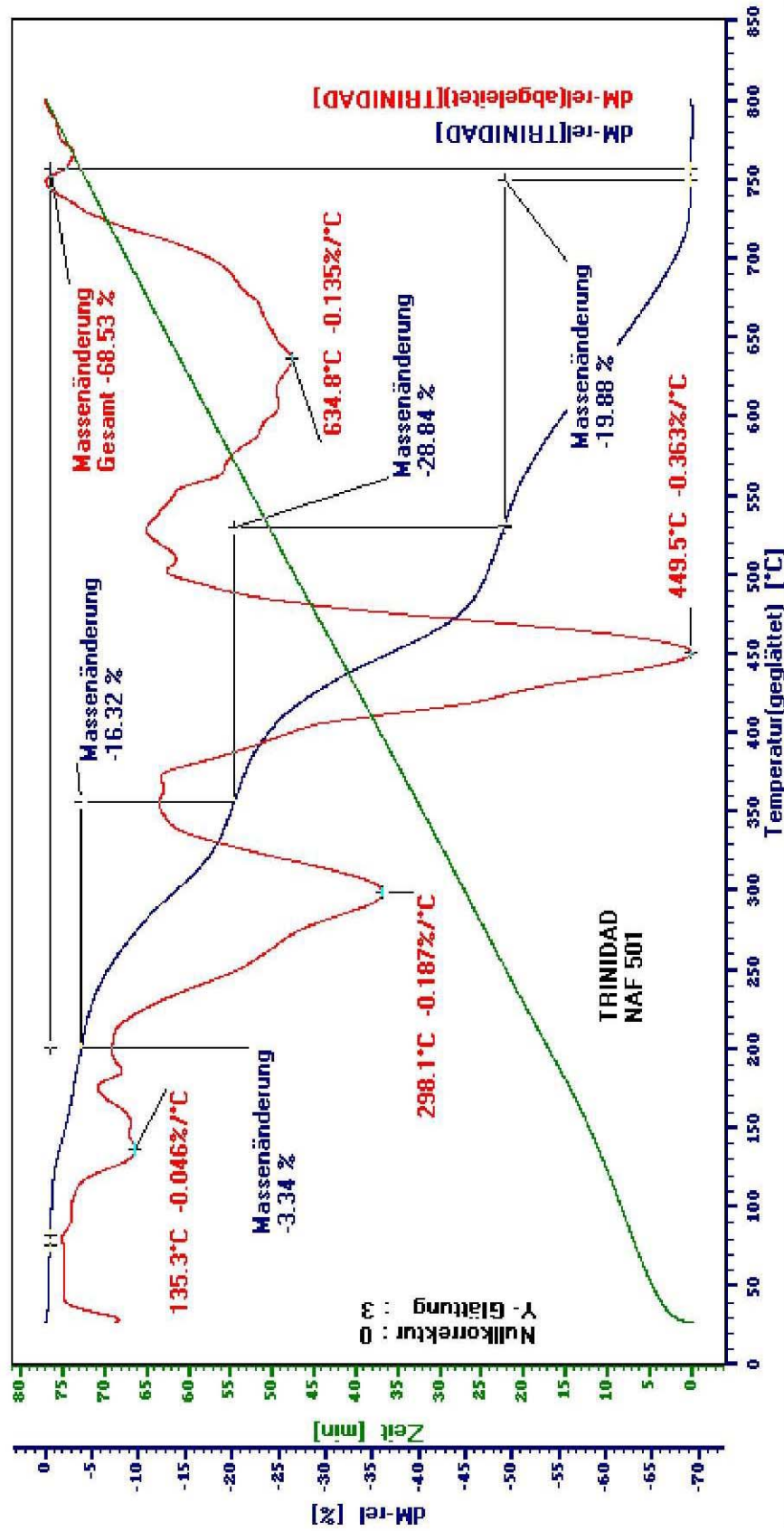
Anhang A 6

Abbildung A6: Infrarotspektrum PrPlast S



Anhang B 1

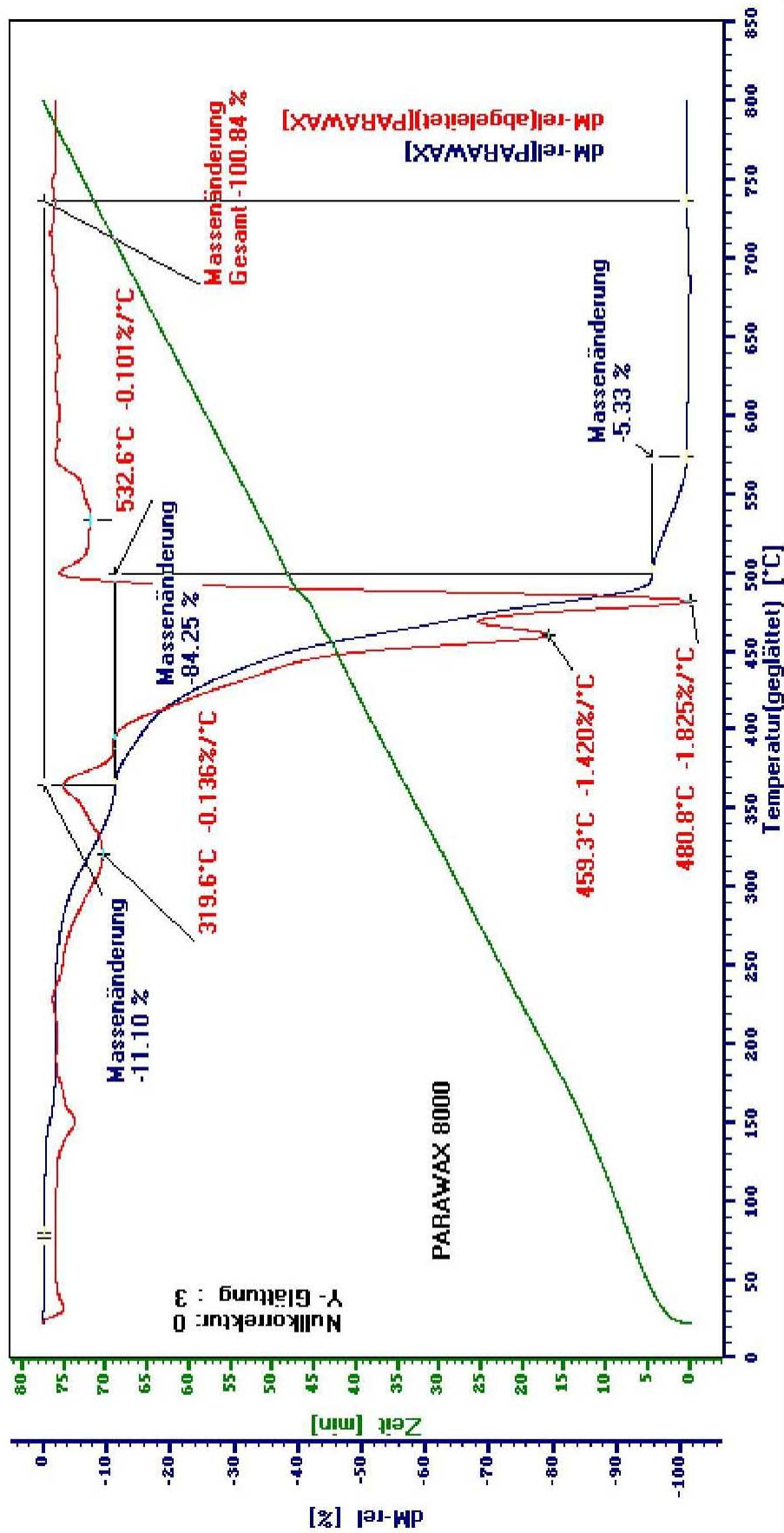
Abbildung B1: Thermogramm NAF 501



Datum:	10.07.2002	Probe:	Trinidad	86.00 mg
Bediener:	KK			
Labor:	Referat S6	Atmosphäre:	N2/Luft	0.05 l/min
Kommentar:	LOK/min. Ofen 1	Mulldatei:	REIF-100	

Anhang B 2

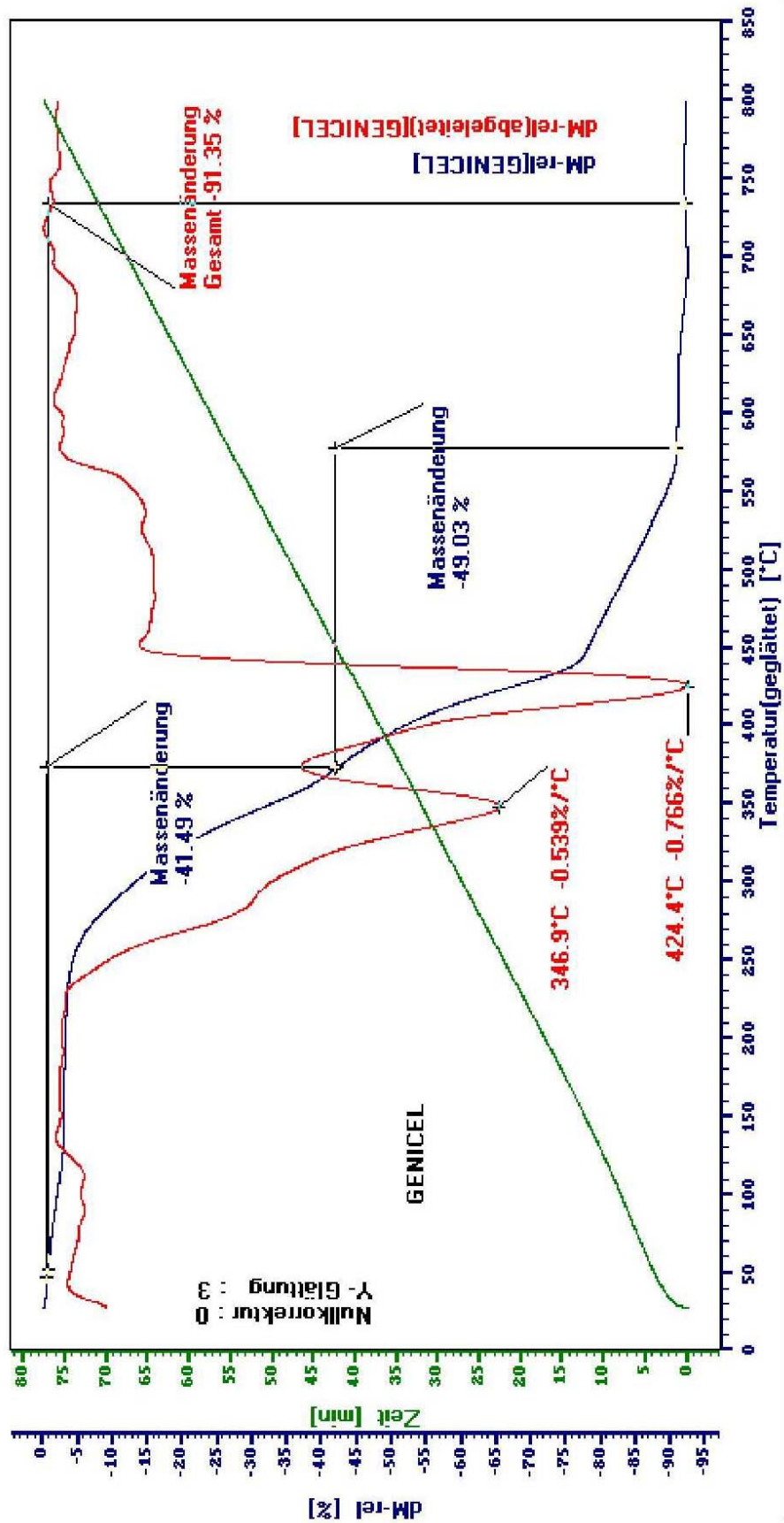
Abbildung B2: Thermogramm Parawax 8000



Datum:	10.07.2002	Probe:	Parawax	88.00 mg
Bediener:	KK			
Labor:	Referat S6	Atmosphäre:	N2/Luft	0.05 l/min
Kommentar:	10K/min. Ofen 2	Nulldatei:	REIF-100	

Anhang B 3

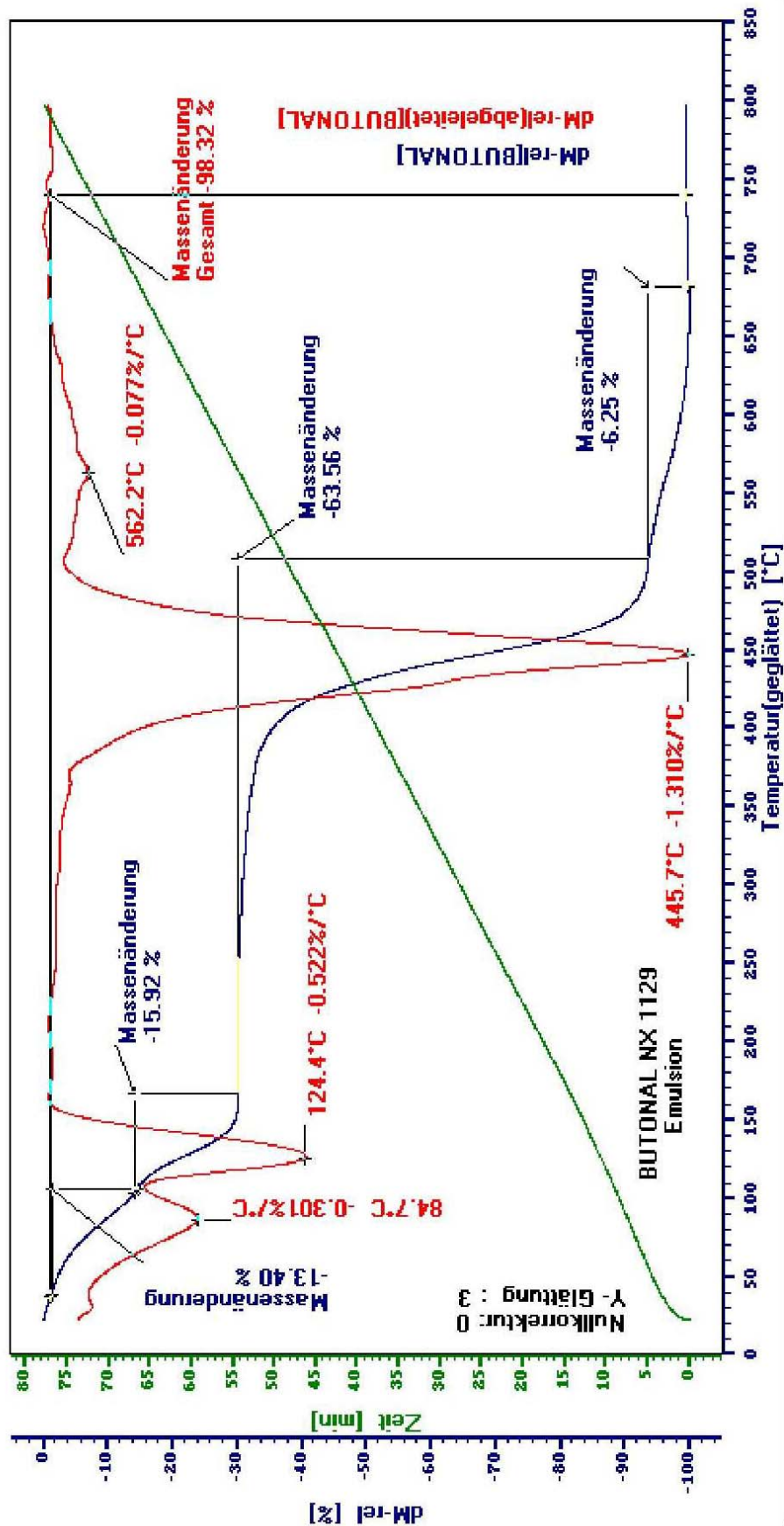
Abbildung B3: Thermogramm Genicel



Datum:	09.07.2002	Probe:	Genicel	96.90 mg
Bediener:	EK			
Labor:	Referat S6	Atmosphäre:	N2/Luft	0.05 l/min
Kommentar:	LOK/min. Ofen 1	Nulldatei:	REIF-100	

Anhang B 4

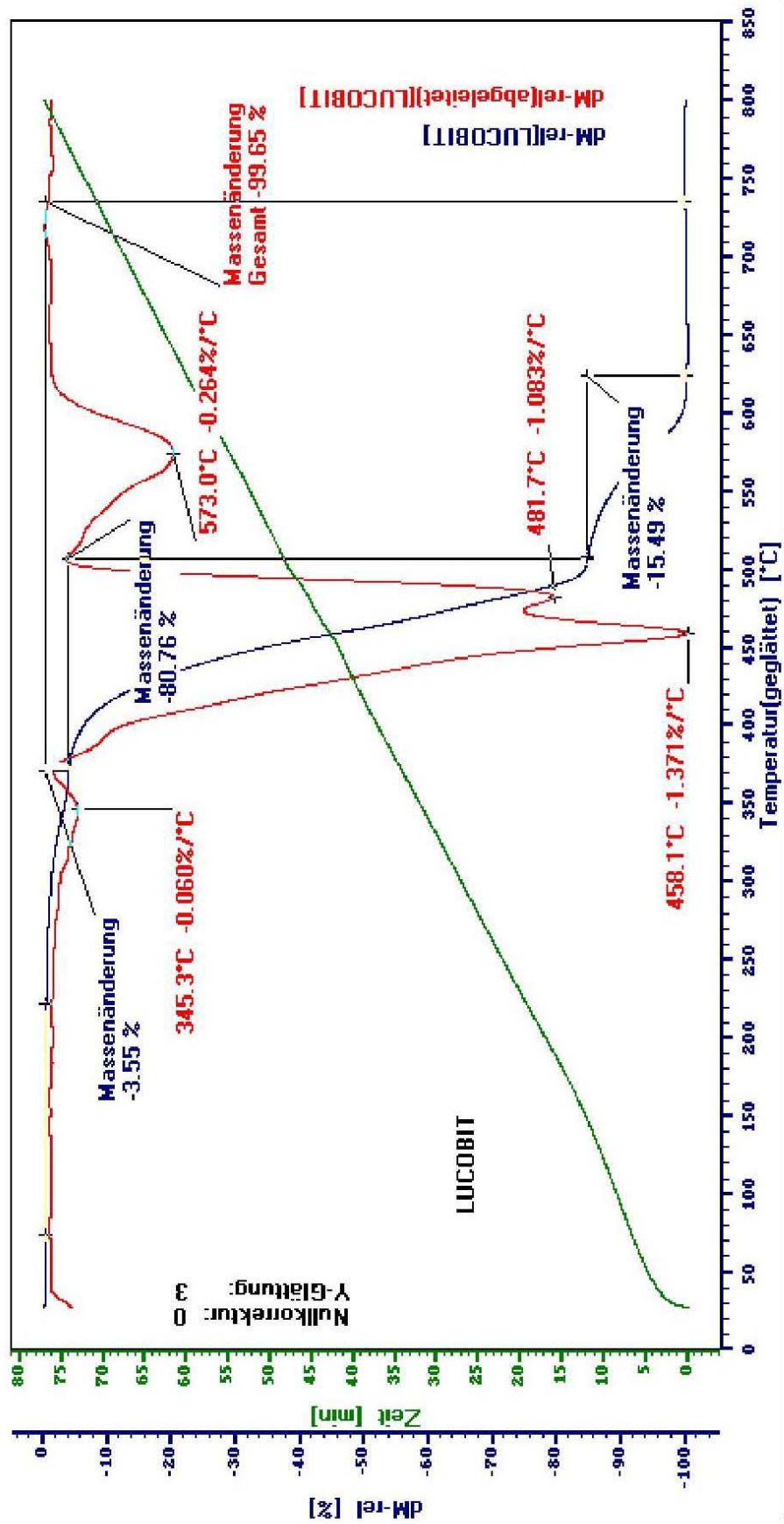
Abbildung B4: Thermogramm Butonal



Datum: 09.07.2002
 Bediener: EK
 Labor: Referat S6
 Kommentar: 10K/min. Ofen 1
 Probe: Butonal 96.70 mg
 Atmosphäre: N2/Luft
 Multiplizierfaktor: 0.05 l/min
 Multiplizierfaktor: REIF-100

Anhang B 5

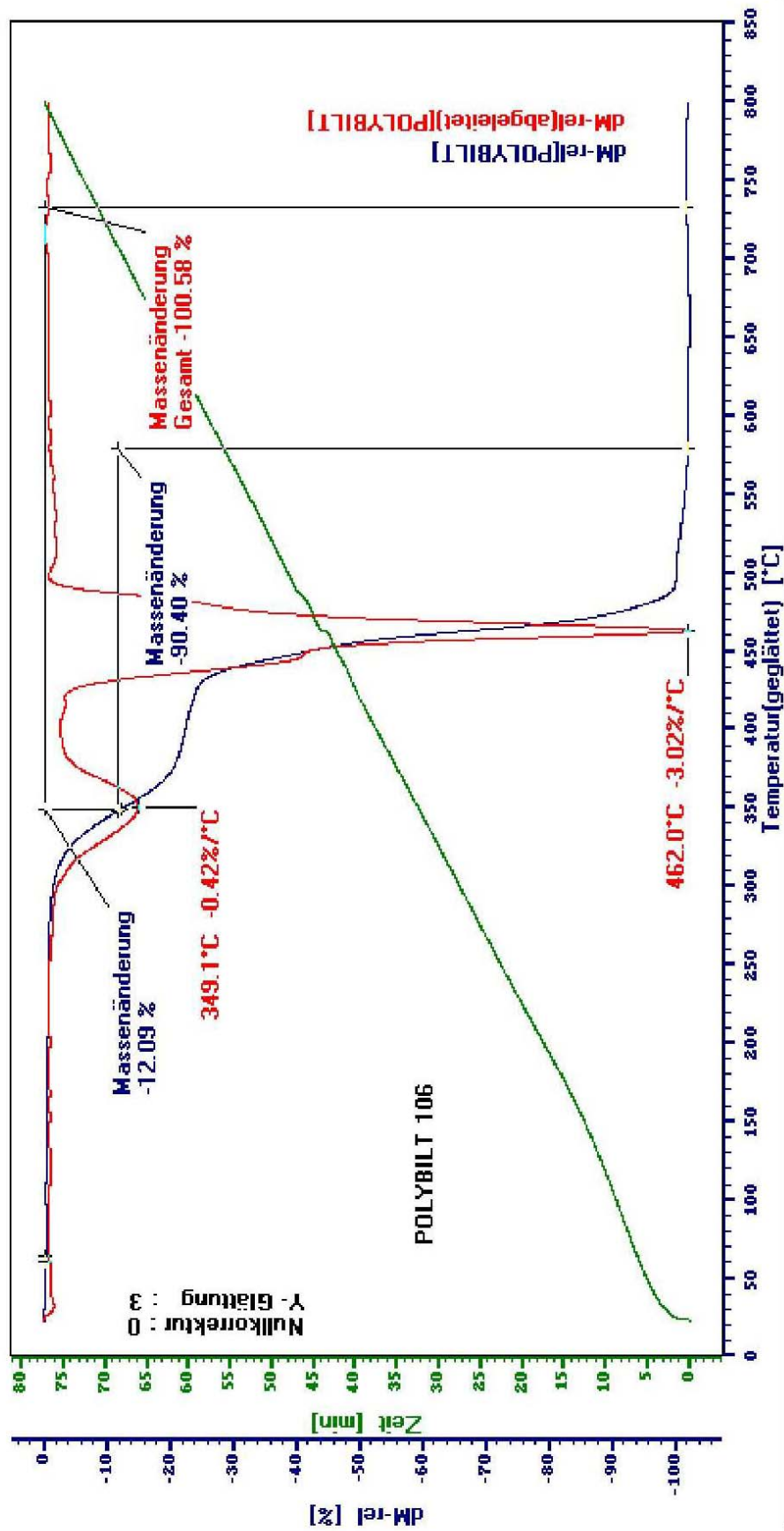
Abbildung B5: Thermogramm Lucobit



Datum:	09.07.2002	Probe:	Lucobit	97.60 mg
Bediener:	EK			
Labor:	Referat S6	Atmosphäre:	N2 / Luft	0.05 l/min
Kommentar:	LOK / min. Ofen 2	Nulldatei:	REIF-100	

Anhang B 6

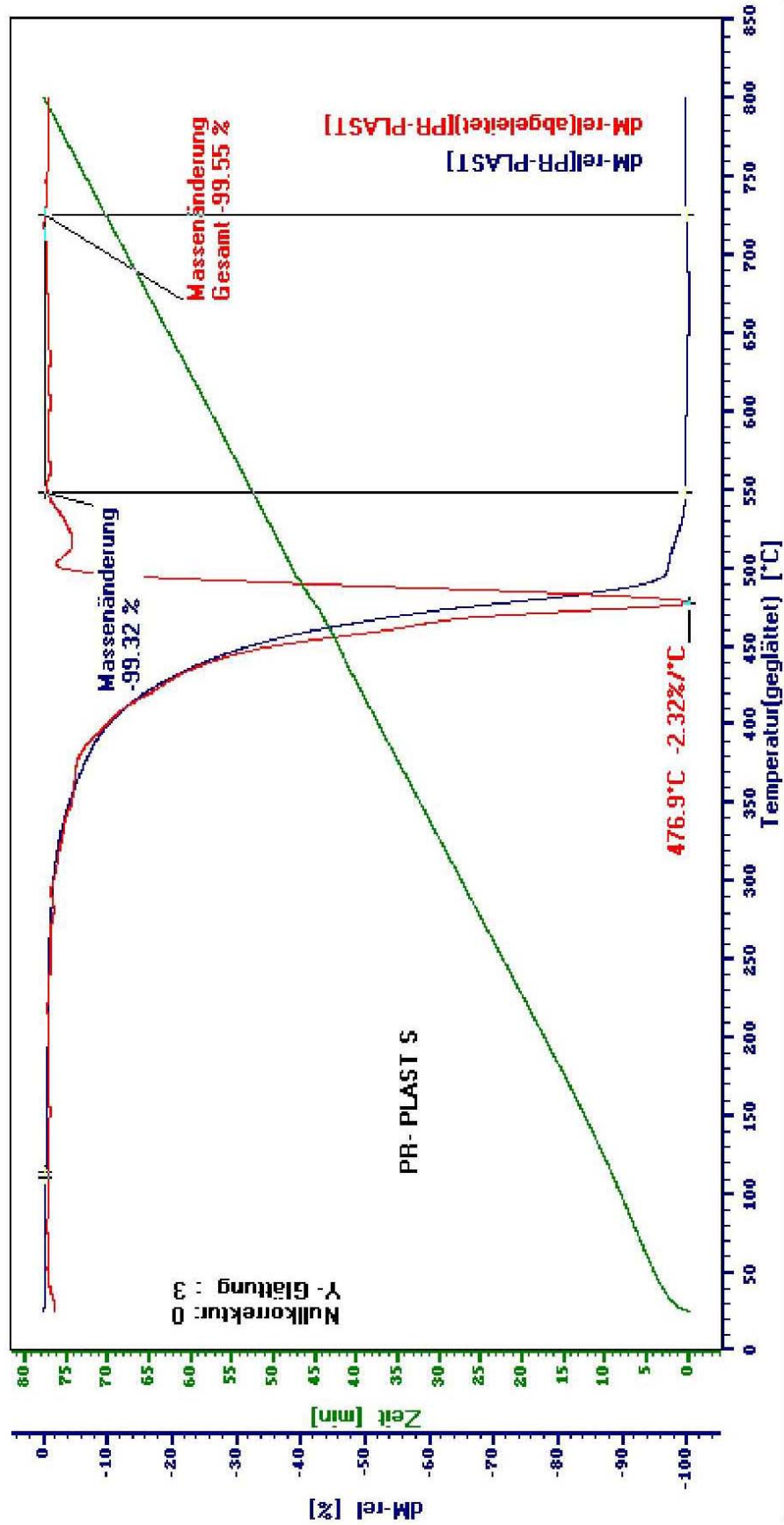
Abbildung B6: Thermogramm Polybilit 106



Datum:	09.07.2002	Probe:	Polybilit	83.30 mg
Bediener:	EK			
Labor:	Referat S6	Atmosphäre:	N2/Luft	0.05 l/min
Kommentar:	10K/min. Ofen 2	Nulldatei:	REIF-100	

Anhang B 7

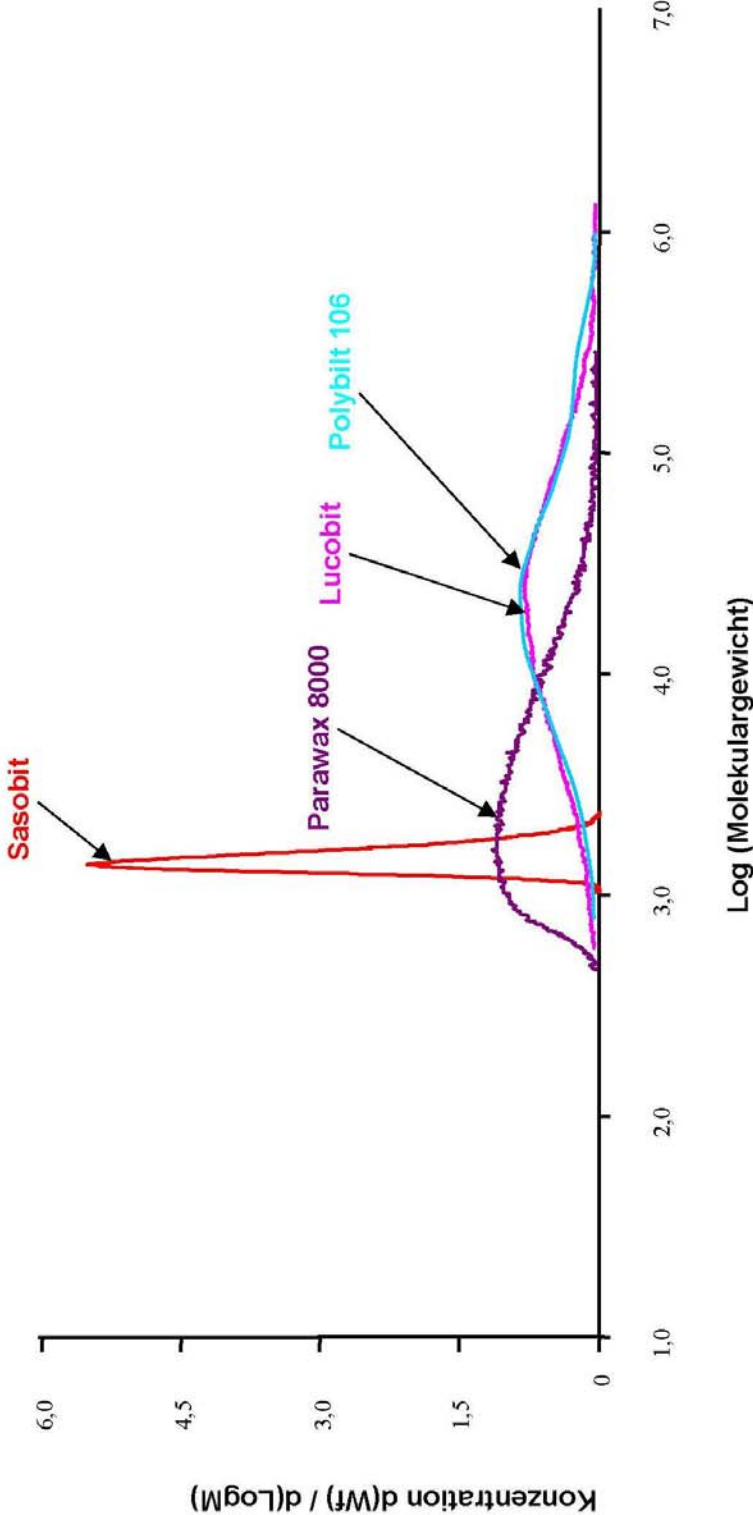
Abbildung B7: Thermogramm PrPlast S



Datum:	10.07.2002	Probe:	PR-Plast	90.90 mg
Bediener:	KK	Atmosphäre:	N2/Luft	0.05 l/min
Labor:	Referat S6	Nulldatei:	REIF-100	
Kommentar:	10K/min. Ofen 1			

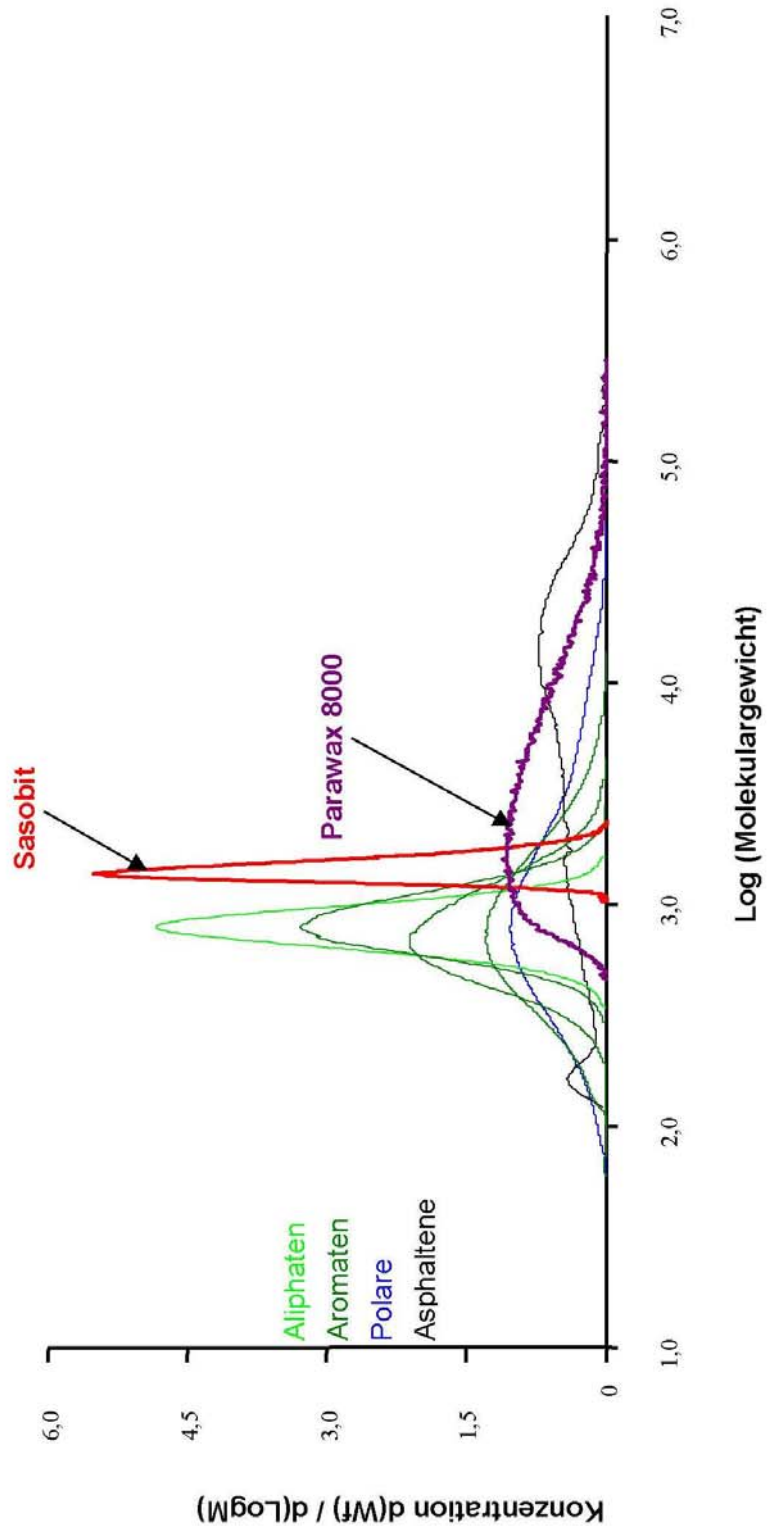
Anhang C 1

Abbildung C1: Molmassenverteilung Additive



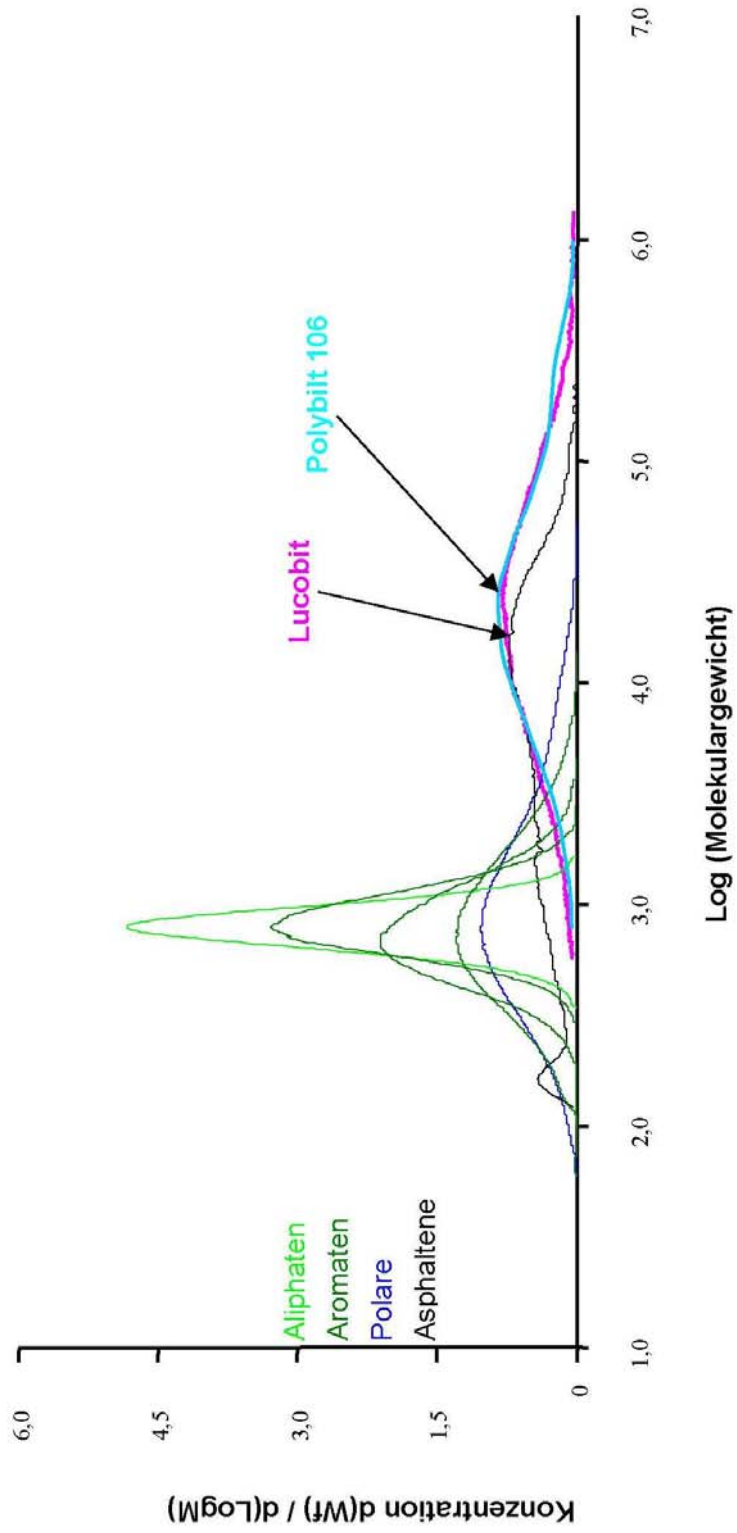
Anhang C 2

Abbildung C2: Molmassenverteilung Sasobit und Parawax 8000

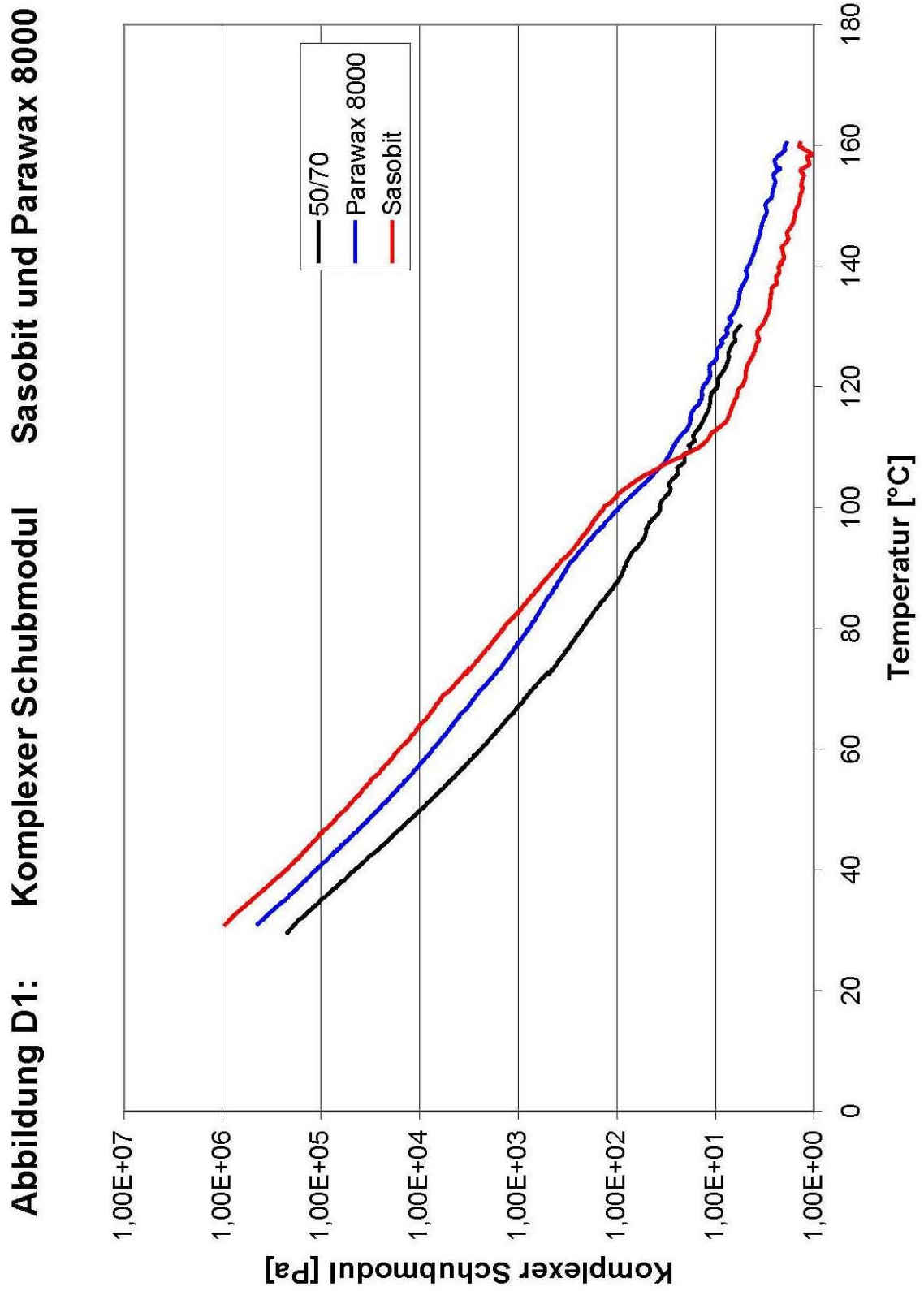


Anhang C 3

Abbildung C3: Molmassenverteilung Lucobit und Polybilt 106

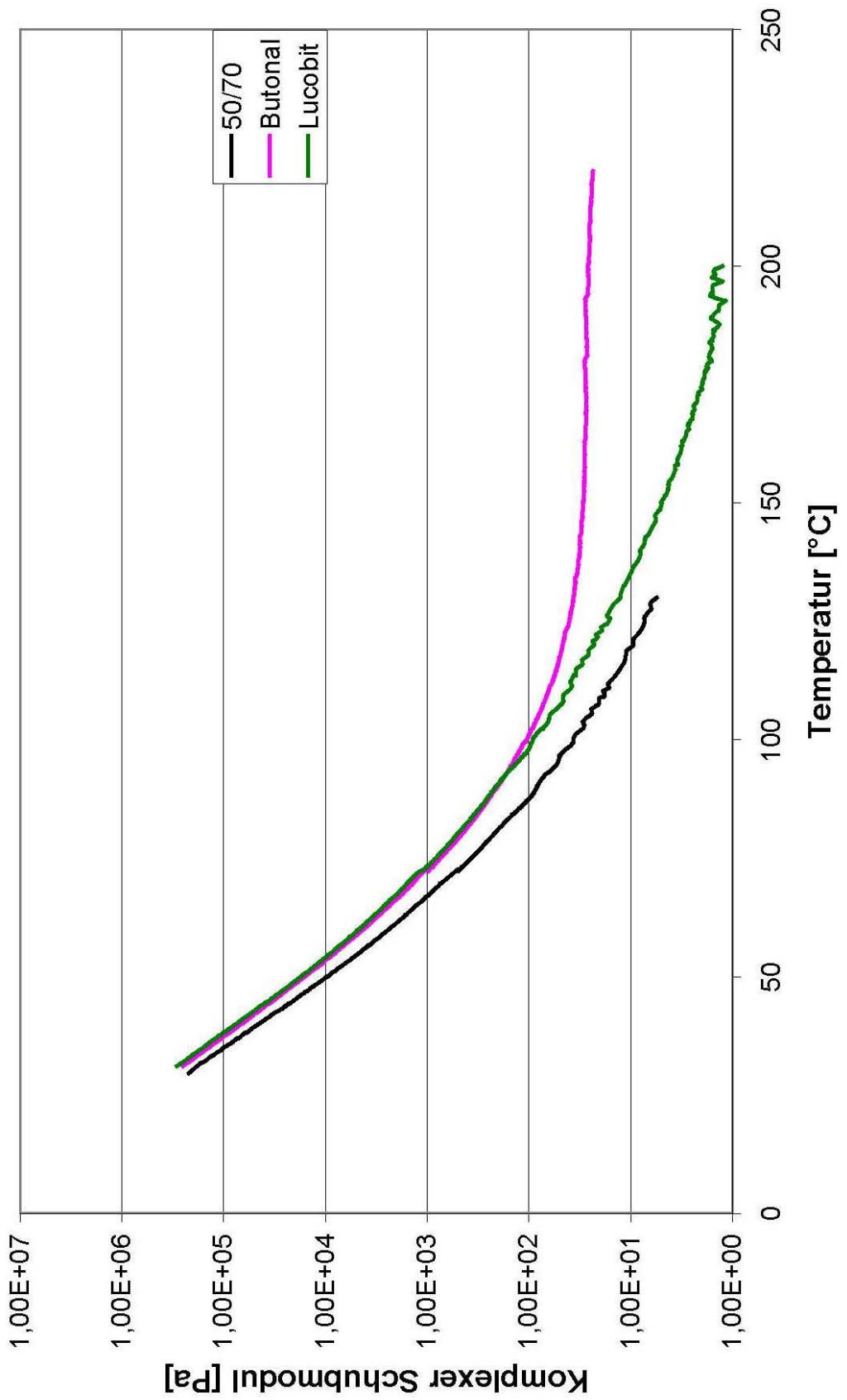


Anhang D 1



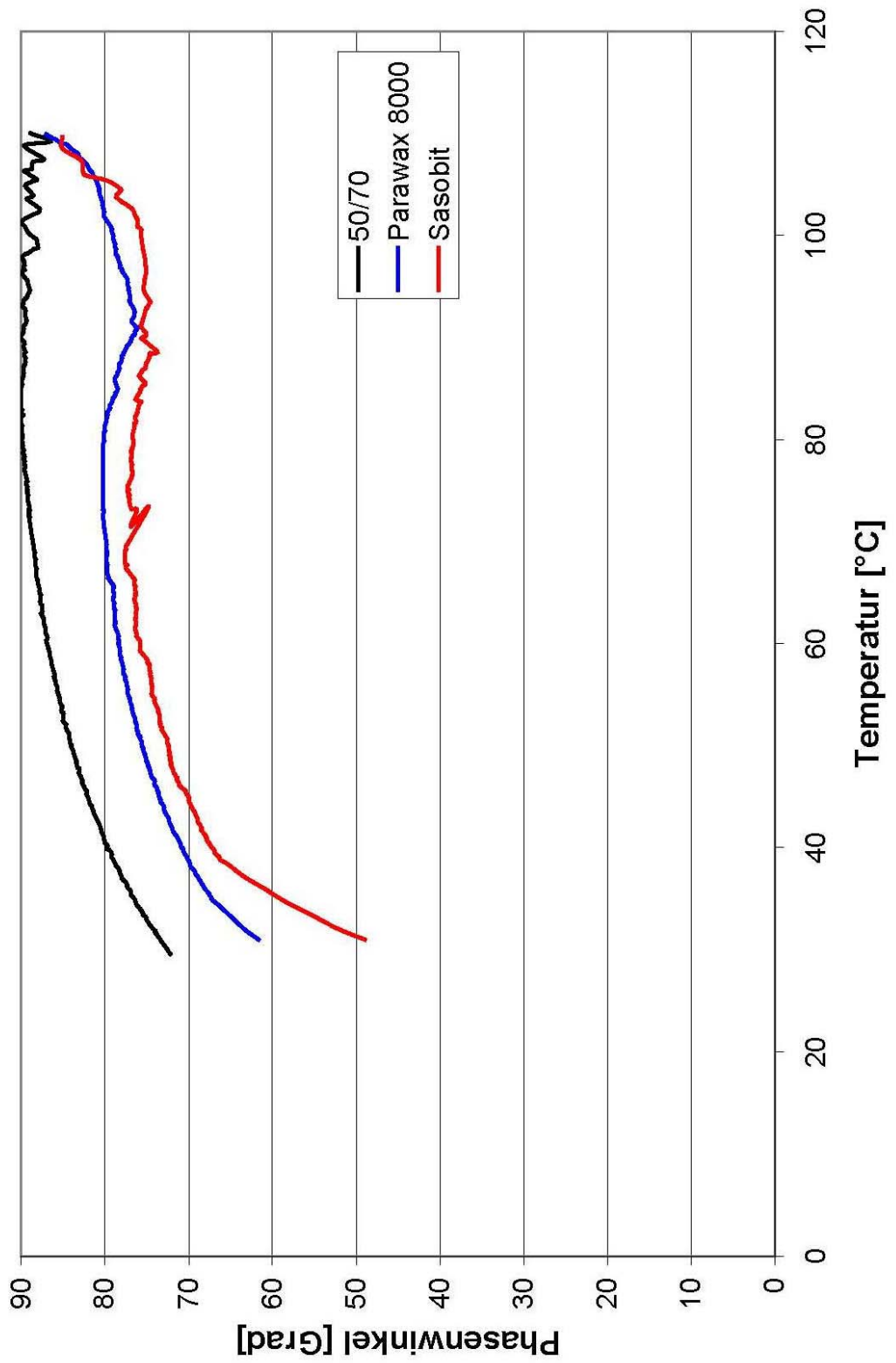
Anhang D 2

Abbildung D2: Komplexer Schubmodul Butonal und Lucobit



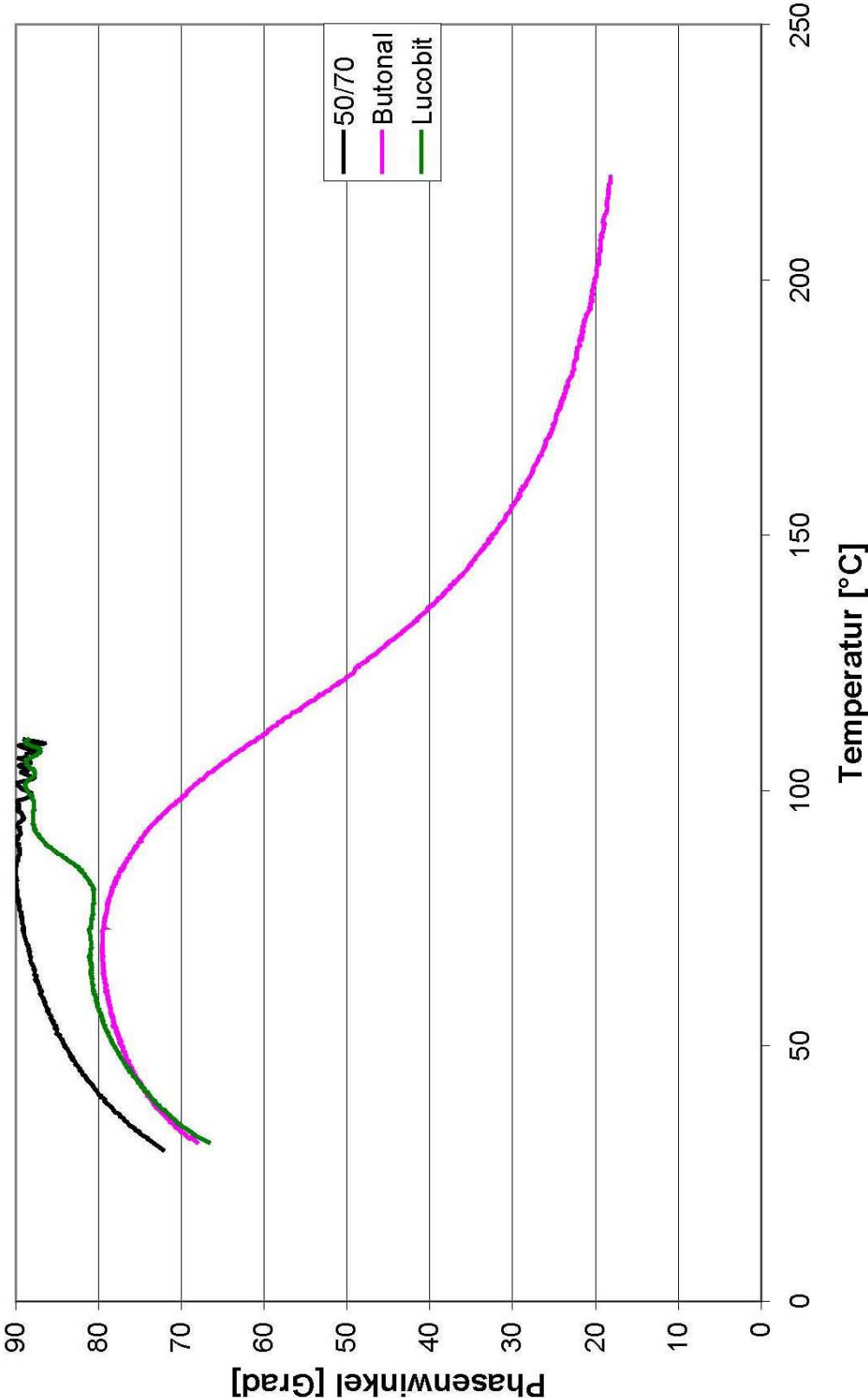
Anhang D 3

Abbildung D3: Phasenwinkel Sasobit und Parawax 8000



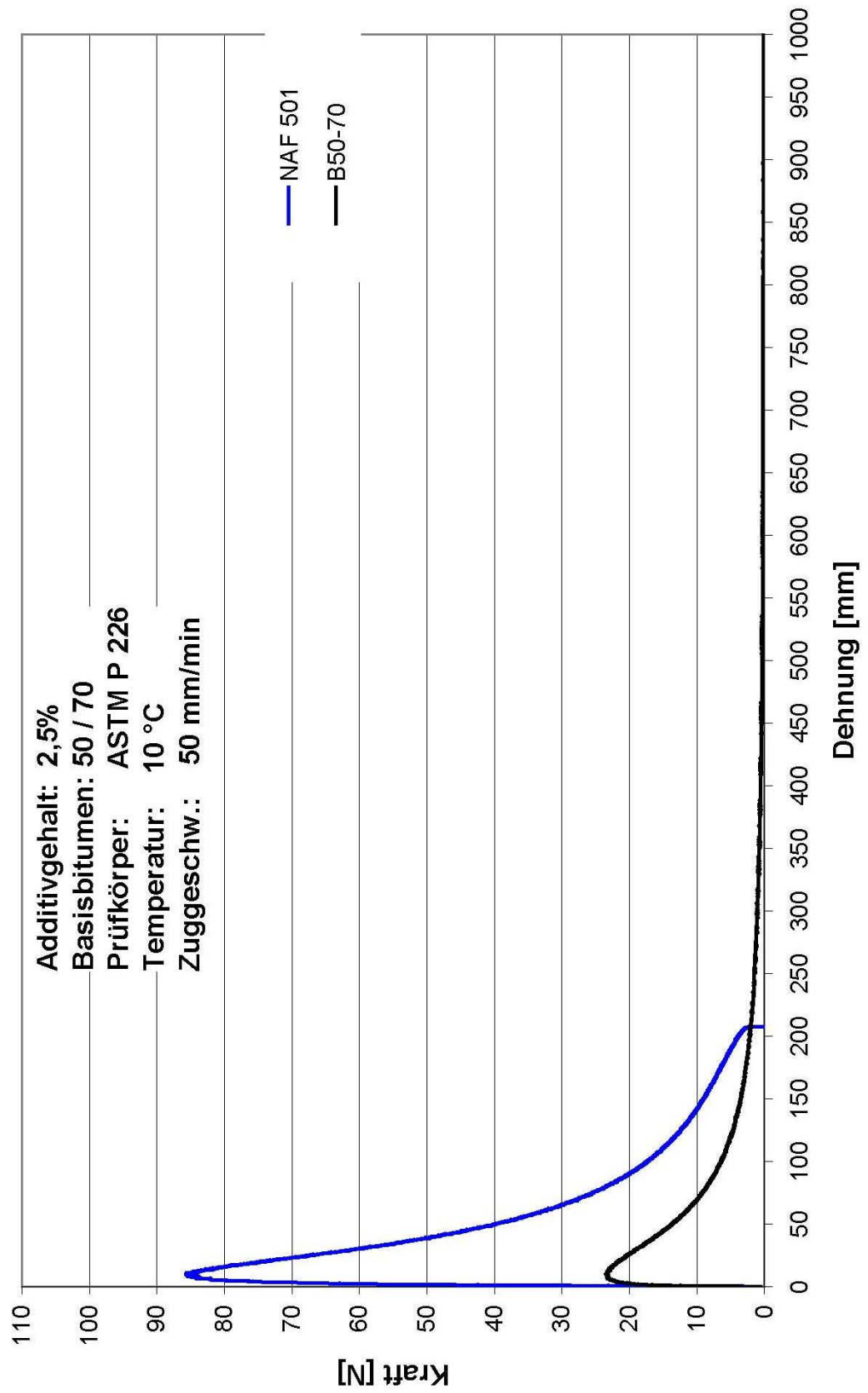
Anhang D 4

Abbildung D4: Phasenwinkel Butonal und Lucobit



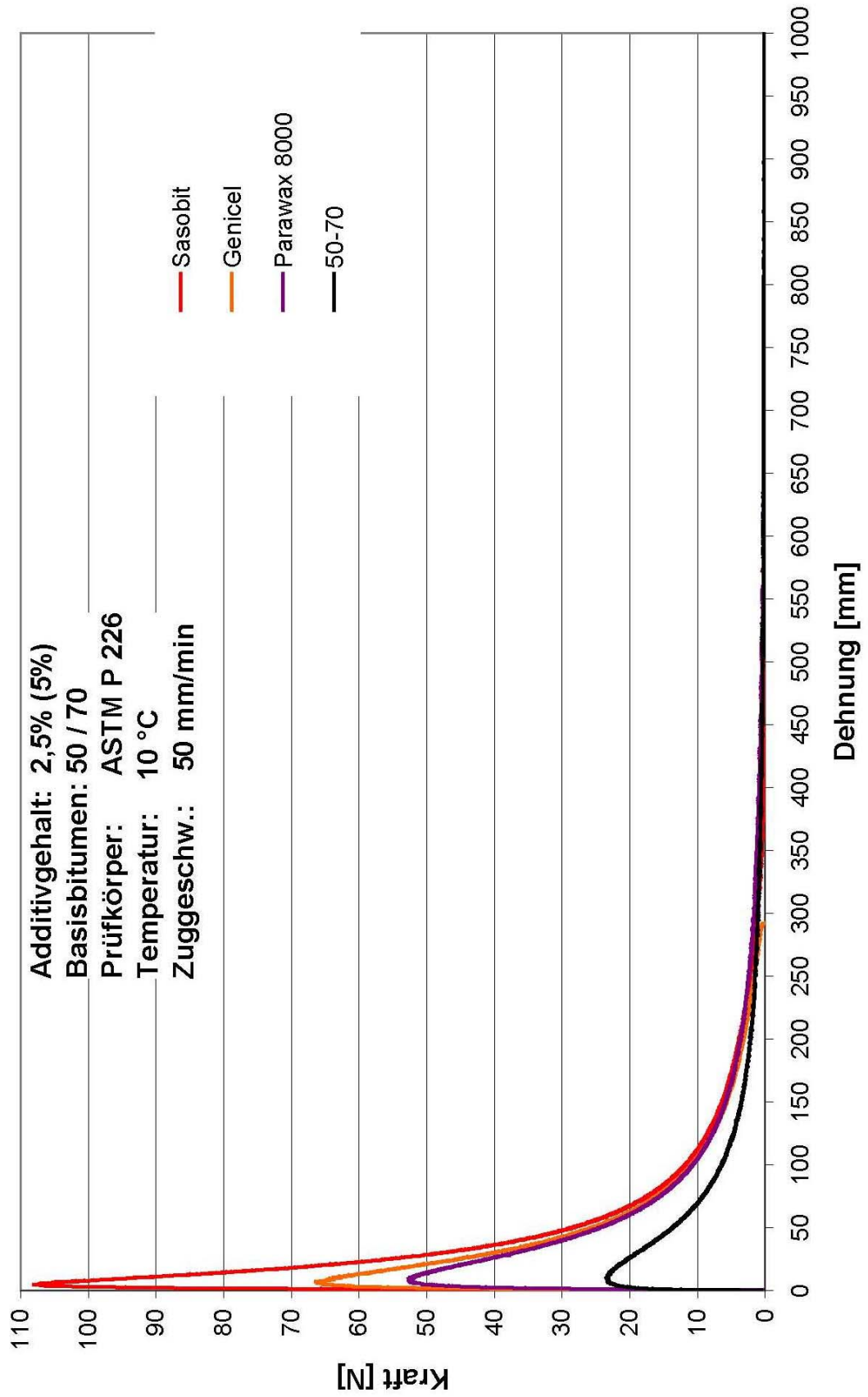
Anhang E 1

Abbildung E1: Kraftduktilität NAF 501



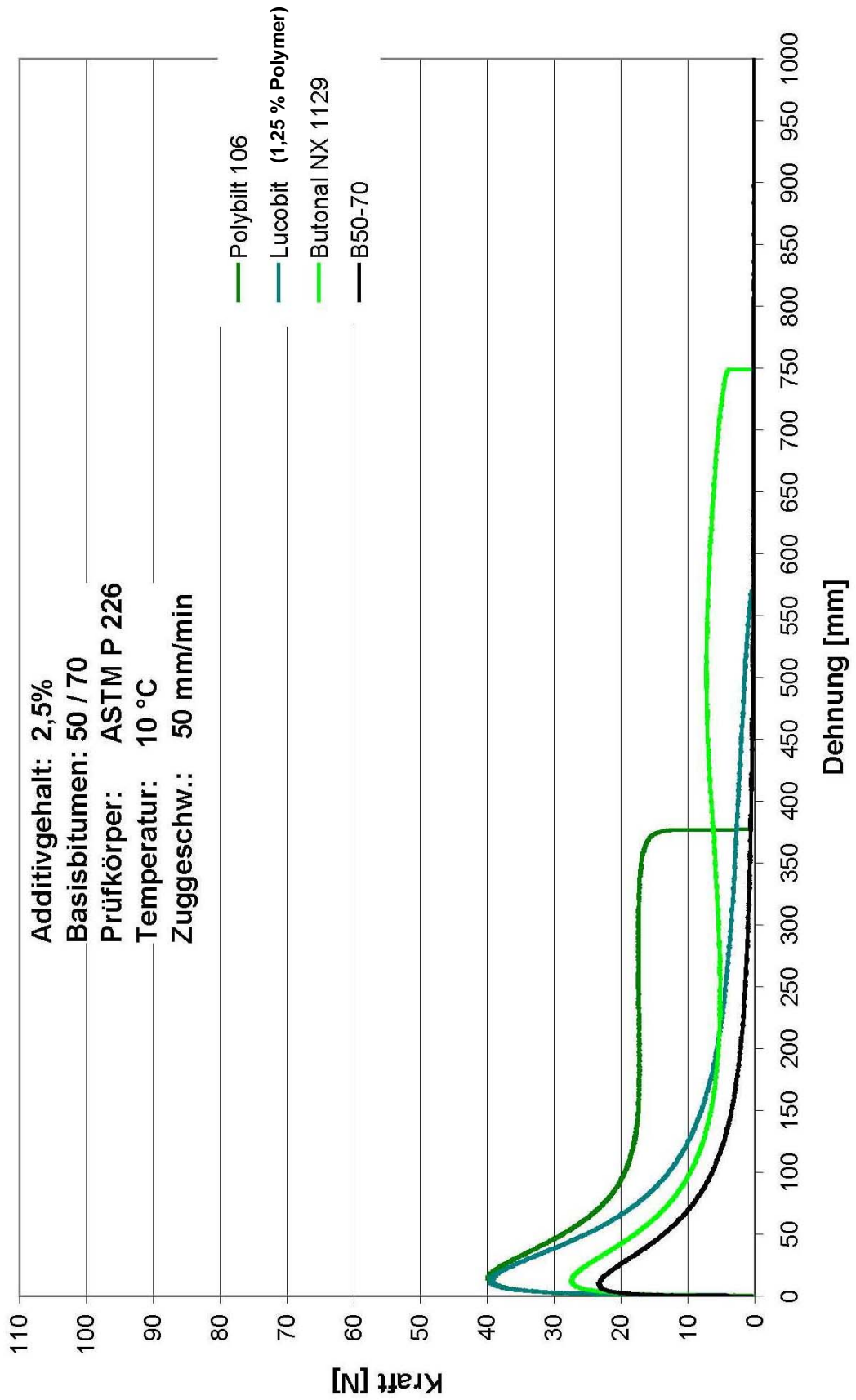
Anhang E 2

Abbildung E2: Kraftduktilität Wachse



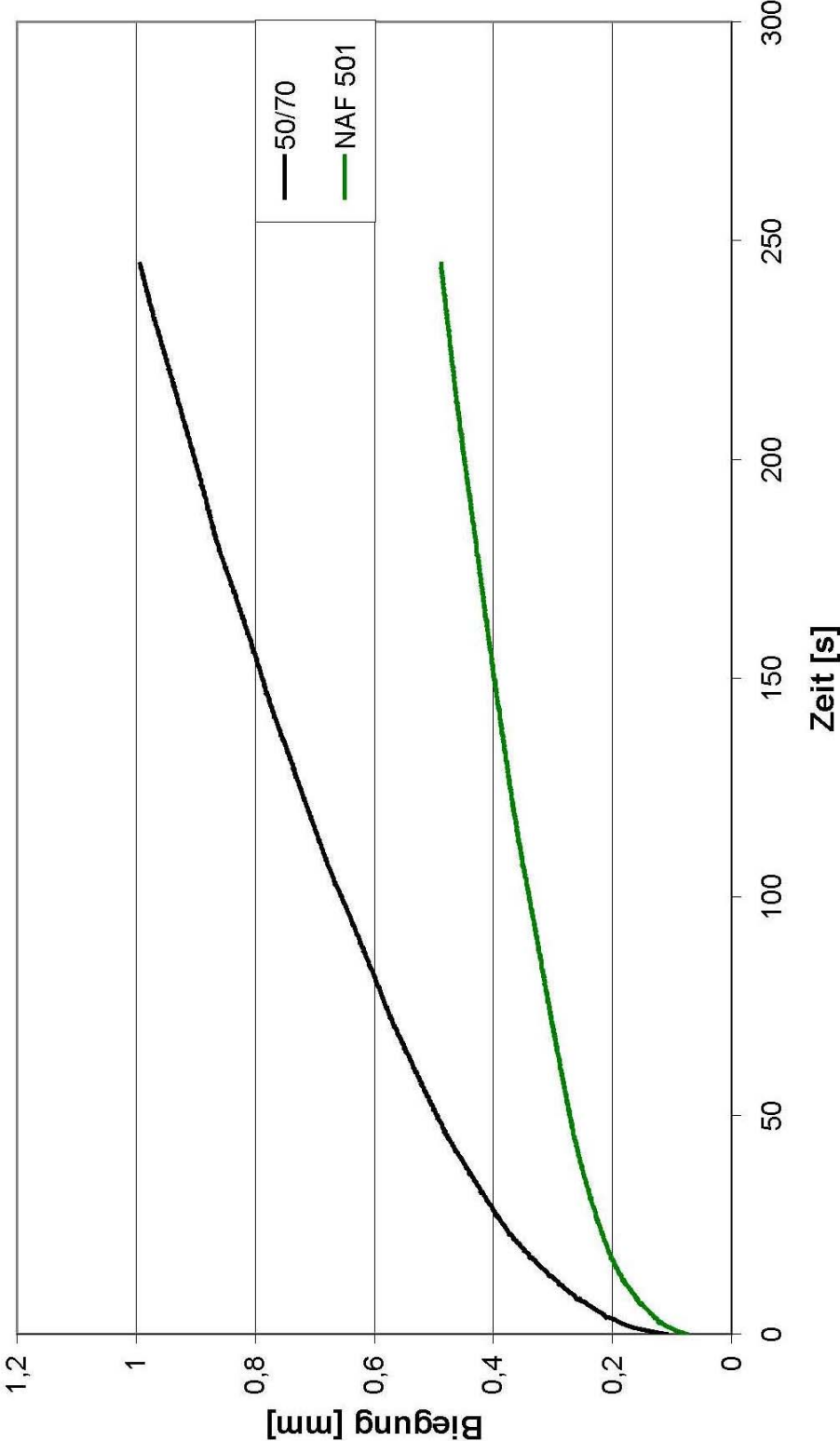
Anhang E 3

Abbildung E3: Kraftduktilität Polymere



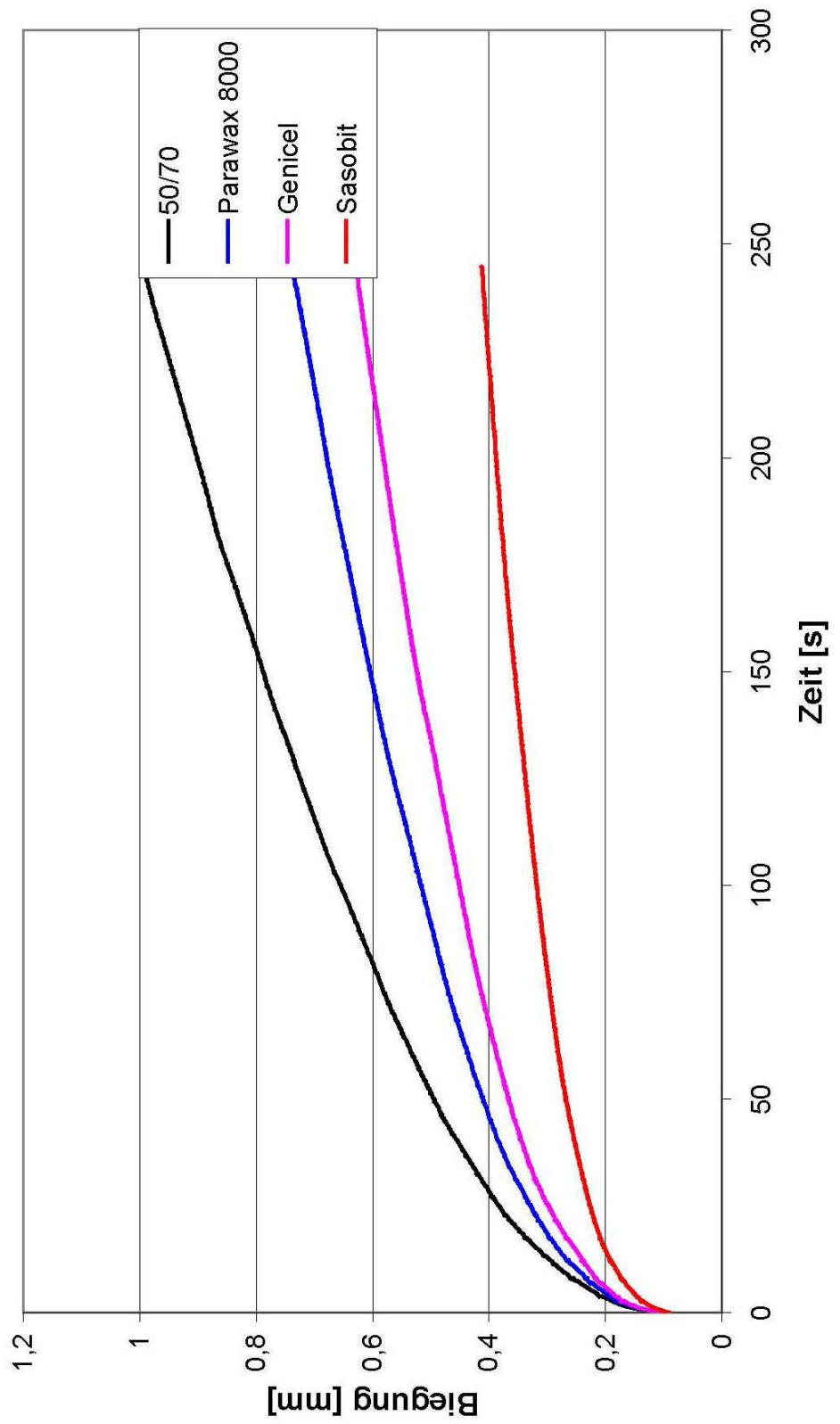
Anhang F 1

Abbildung F1: Bending Beam Rheometer NAF 501



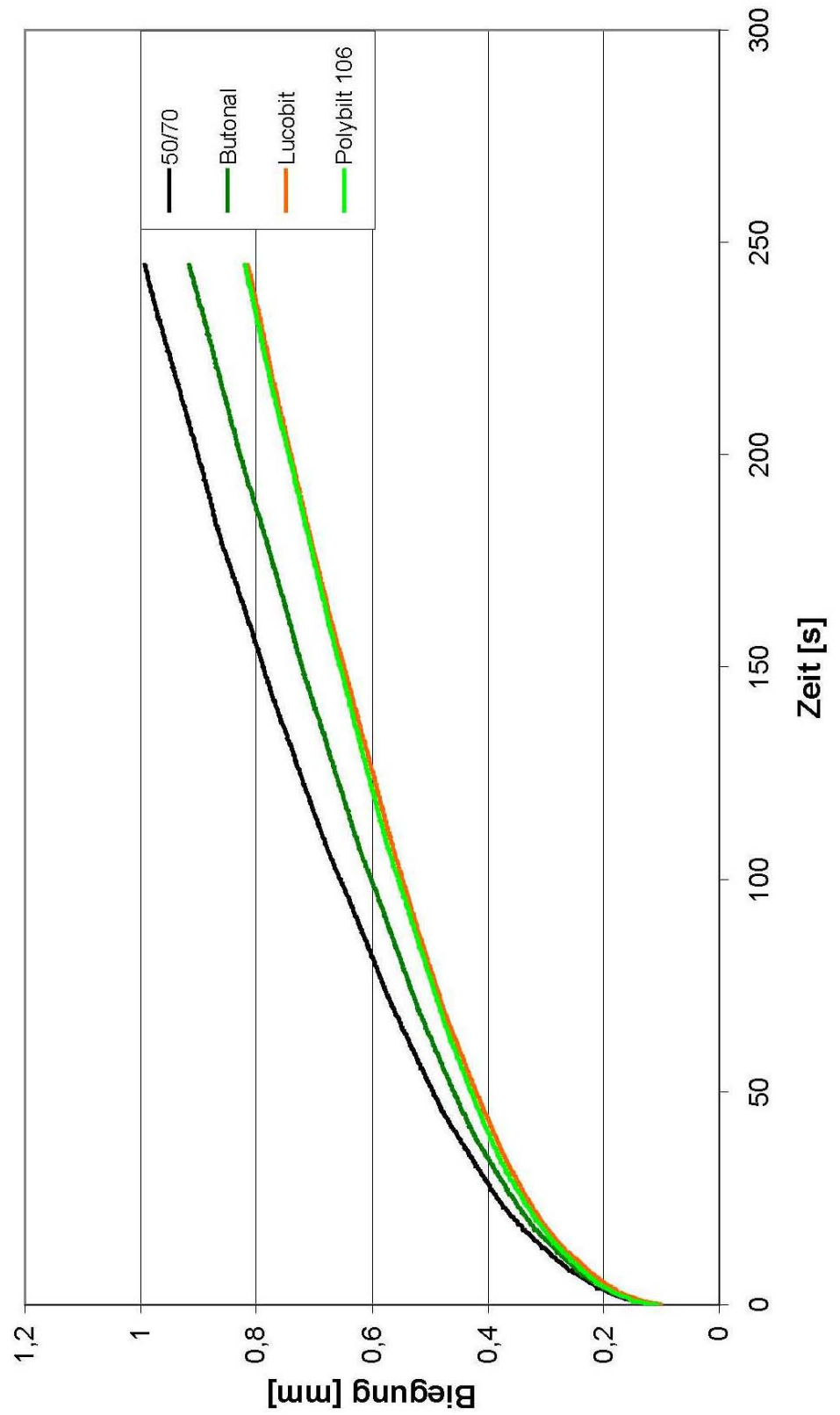
Anhang F 2

Abbildung F2: Bending Beam Rheometer Wachse

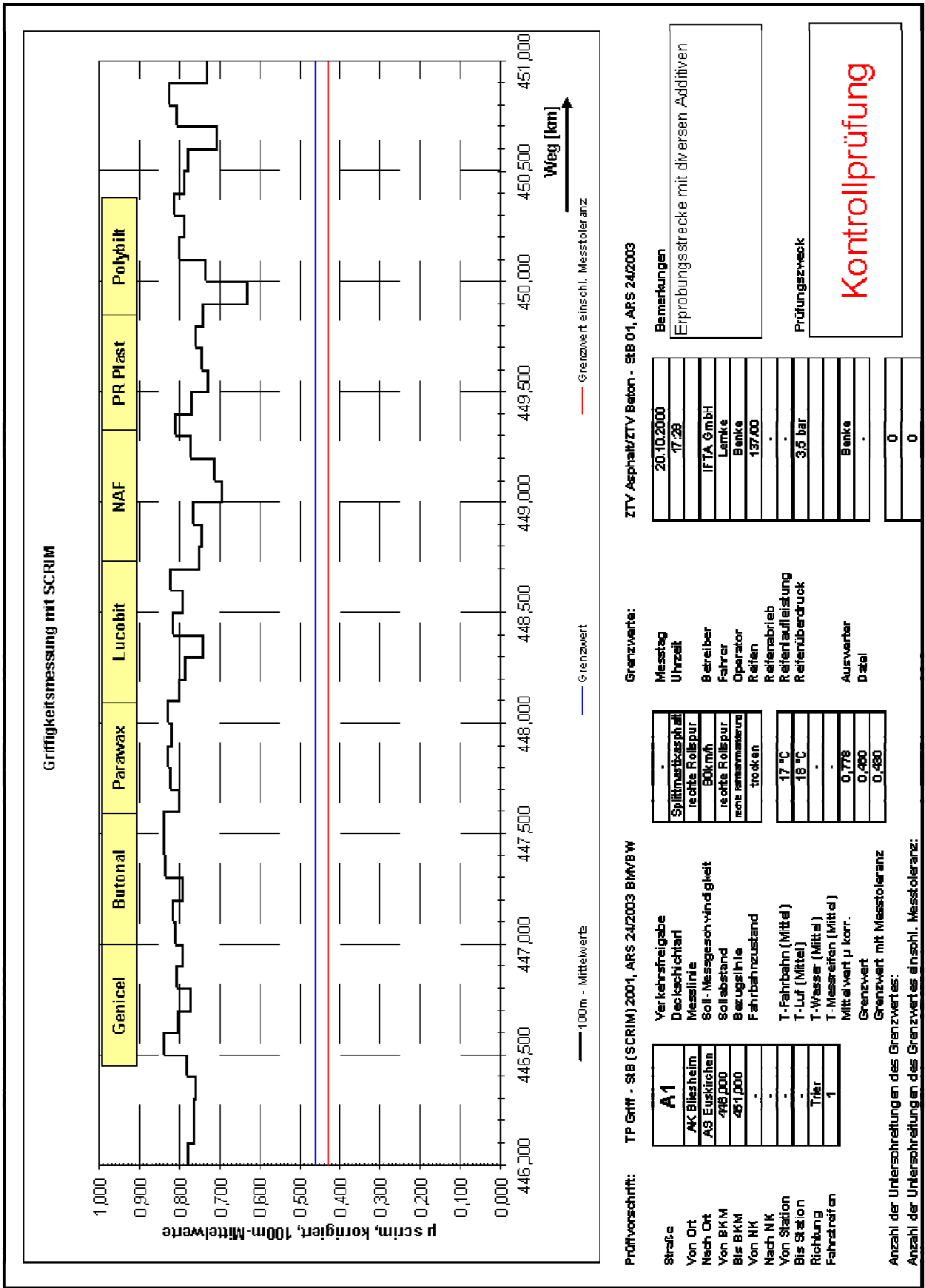


Anhang F 3

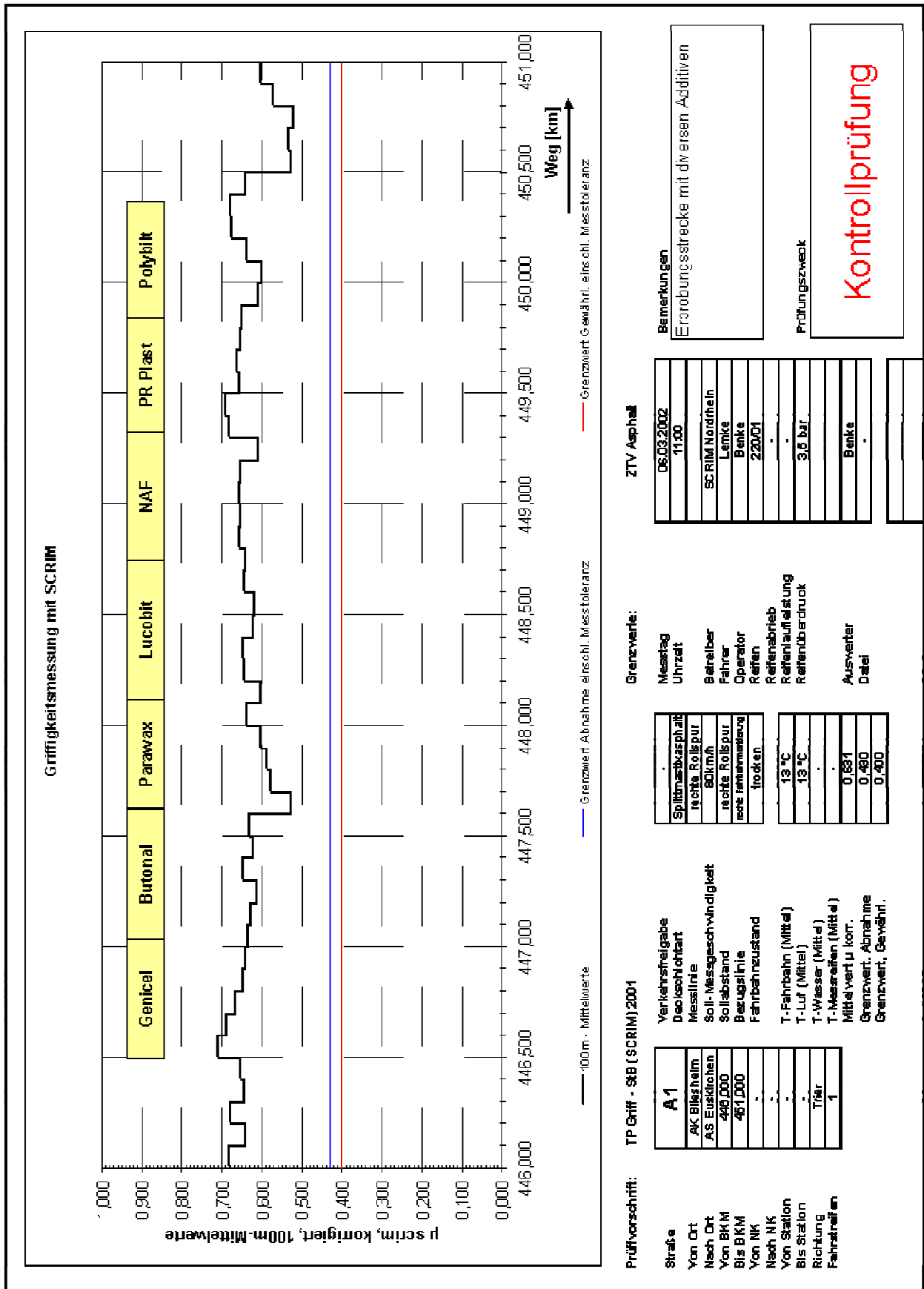
Abbildung F3: Bending Beam Rheometer Polymere



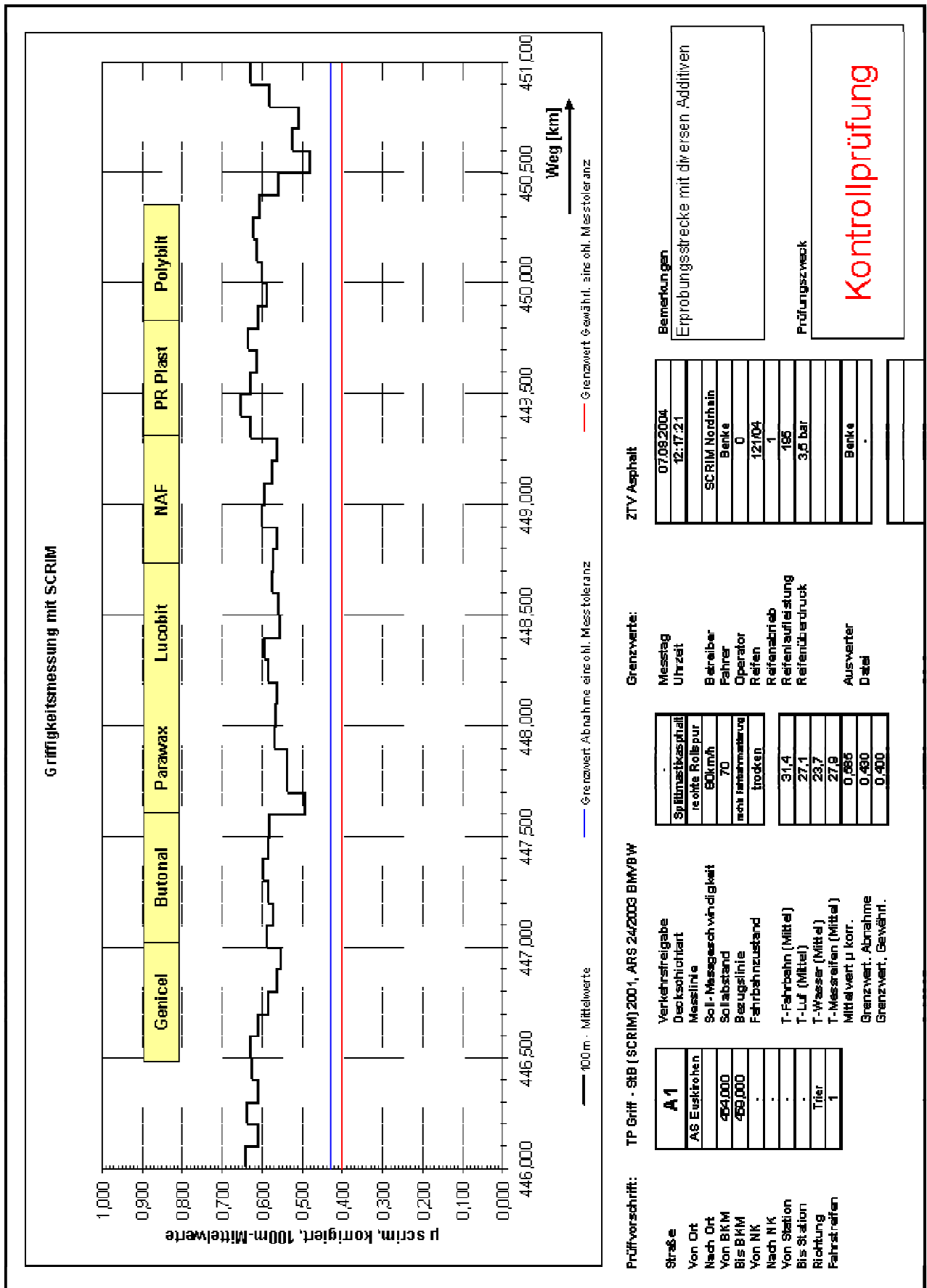
Anhang G 1



Anhang G 2



Anhang G 3



Anhang H 1

Dokumentation der Asphaltauslieferung

Protok -Nr.	Mischgutart	Datum	Uhrzeit	LKW-KNZ	Name Fahrer	Temperatur beim Verlassen der Anlage
1	SMA + Genicel	19.09.00	6.55	DN-JD 93	Dahmen	150 °C
2	SMA + Genicel	19.09.00	6.59	DAU-B 651	Blonien	149 °C
3	SMA + Genicel	19.09.00	7.10	DN-AJ 500	Stein	151 °C
4	SMA + Genicel	19.09.00	7.20	AC-HZ 550	Zachtena	152 °C
5	SMA + Genicel	19.09.00	7.59	AC-HZ 365	Hartmann	150 °C
6	SMA + Genicel	19.09.00	8.34	DN-JD 93	Dahmen	150 °C
7	SMA + Genicel	19.09.00	8.50	DAU-B 651	Blonien	162 °C
8	SMA + Genicel	19.09.00	9.15	DN-AJ 500	Stein	160 °C
9	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	9.48	AC-HZ 550	Zachtena	173 °C
10	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	10.03	AC-HZ 365	Hartmann	176 °C
11	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	10.32	DN-JD 93	Dahmen	175 °C
12	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	10.48	DAU-B 651	Blonien	173 °C
13	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	11.07	DN-AJ 500	Stein	172 °C
14	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	11.21	AC-HZ 550	Zachtena	178 °C
15	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	11.46	AC-HZ 365	Hartmann	176 °C
16	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	12.06	DN-JD 93	Dahmen	176 °C
17	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	12.31	DAU-B 651	Blonien	175 °C
18	SMA + Parawax 8000	19.09.00	13.10	DN-AJ 500	Stein	167 °C
19	SMA + Parawax 8000	19.09.00	13.28	AC-HZ 365	Hartmann	168 °C
20	SMA + Parawax 8000	19.09.00	13.58	DN-JD 93	Dahmen	168 °C
21	SMA + Parawax 8000	19.09.00	14.21	DAU-B 651	Blonien	167 °C
22	SMA + Parawax 8000	19.09.00	14.46	DN-AJ 500	Stein	168 °C
23	SMA + Parawax 8000	19.09.00	15.07	AC-HZ 365	Hartmann	167 °C
24	SMA + Parawax 8000	19.09.00	15.32	DN-JD 93	Dahmen	169 °C
25	SMA + Parawax 8000	19.09.00	15.47	DAU-B 651	Blonien	169 °C
26	SMA + Lucobit	19.09.00	16.19	DN-AJ 500	Stein	159 °C
27	SMA + Lucobit	19.09.00	16.39	AC-HZ 365	Hartmann	161 °C
28	SMA + Lucobit	20.09.00	6.41	DAU-B 651	Blonien	169 °C
29	SMA + Lucobit	20.09.00	6.53	DN-JD 93	Dahmen	171 °C
30	SMA + Lucobit	20.09.00	7.28	AC-HZ 365	Hartmann	170 °C
31	SMA + Lucobit	20.09.00	7.40	DN-AJ 500	Stein	170 °C
32	SMA + Lucobit	20.09.00	8.33	DAU-B 651	Blonien	169 °C
33	SMA + NAF 501	20.09.00	9.25	DN-JD 93	Dahmen	170 °C
34	SMA + NAF 501	20.09.00	9.41	AC-HZ 365	Hartmann	170 °C
35	SMA + NAF 501	20.09.00	10.04	DN-AJ 500	Stein	171 °C
36	SMA + NAF 501	20.09.00	10.26	DAU-B 651	Blonien	169 °C
37	SMA + NAF 501	20.09.00	10.58	DN-JD 93	Dahmen	171 °C
38	SMA + NAF 501	20.09.00	11.12	AC-HZ 365	Hartmann	171 °C
39	SMA + NAF 501	20.09.00	11.56	DN-AJ 500	Stein	171 °C
40	SMA + NAF 501	20.09.00	12.20	DAU-B 651	Blonien	170 °C

Anhang H 2

Dokumentation der Asphaltauslieferung

Protok -Nr.	Mischgutart	Datum	Uhrzeit	LKW-KNZ	Name Fahrer	Temperatur beim Verlassen der Anlage
41	SMA + PR Plast S	20.09.00	12.51	DN-JD 93	Dahmen	175 °C
42	SMA + PR Plast S	20.09.00	13.06	AC-HZ 365	Hartmann	174 °C
43	SMA + PR Plast S	20.09.00	13.36	DN-AJ 500	Stein	171 °C
44	SMA + PR Plast S	20.09.00	13.46	DAU-B 651	Blonien	172 °C
45	SMA + PR Plast S	21.09.00	6.44	DAU-B 651	Blonien	170 °C
46	SMA + PR Plast S	21.09.00	6.55	DN-JD 93	Dahmen	171 °C
47	SMA + PR Plast S	21.09.00	7.40	DN-AJ 500	Stein	170 °C
48	SMA + PR Plast S	21.09.00	8.25	AC-HZ 365	Hartmann	171 °C
49	SMA + Polybilt 106	21.09.00	9.11	DAU-B 651	Blonien	189 °C
50	SMA + Polybilt 106	21.09.00	9.40	DN-JD 93	Dahmen	182 °C
51	SMA + Polybilt 106	21.09.00	10.00	DN-AJ 500	Stein	180 °C
52	SMA + Polybilt 106	21.09.00	10.44	AC-HZ 365	Hartmann	180 °C
53	SMA + Polybilt 106	21.09.00	10.59	DAU-B 651	Blonien	180 °C
54	SMA + Polybilt 106	21.09.00	11.11	DN-JD 93	Dahmen	181 °C
55	SMA + Polybilt 106	21.09.00	11.41	DN-AJ 500	Stein	180 °C
56	SMA + Polybilt 106	21.09.00	12.06	AC-HZ 365	Hartmann	181 °C

Dokumentation der Probenahmen

Protok -Nr.	Material	Datum	Uhrzeit	Menge	Probenhmer	Temperatur bei der Probenahme
MG I	SMA + Genicel	19.09.00	7.12	8 x 10 L	Simsek	148 °C
MG II	SMA + Butonal NX 1129	19.09.00	10.35	8 x 10 L	Simsek	170 °C
MG III	SMA + Parawax 8000	19.09.00	14.00	8 x 10 L	Simsek	168 °C
MG IV	SMA + Lucobit	20.09.00	7.35	8 x 10 L	Simsek	170 °C
MG V	SMA + NAF 501	20.09.00	10.20	8 x 10 L	Simsek	170 °C
MG VI	SMA + PR Plast S	20.09.00	13.41	8 x 10 L	Simsek	174 °C
MG VII	SMA + Polybilt 106	21.09.00	10.06	8 x 10 L	Simsek	178 °C
MS I	Edelsplitt 2/5 mm Moräne	19.09.00	14.30	2 x 10 L	Simsek/Römer	-
MS II	Edelsplitt 5/8 mm Grauwacke	19.09.00	14.30	3 x 10 L	Simsek/Römer	-
MS III	Brechsand 0/2 mm Moräne	19.09.00	15.20	2 x 10 L	Simsek/Römer	-
MS IV	Kalksteinfüller	20.09.00	11.30	1 x 10 L	Simsek/Römer	-
B I	Bitumen 50/70	19.09.00	11.30	5 x 5 L	Simsek/Römer	160 °C
B II	PmB 45 A	21.09.00	12.30	5 x 5 L	Römer	165 °C
A I	Genicel	19.09.00	8.10	6 x 1 L	Radenberg	-
A II	Butonal NX 1129	19.09.00	10.20	6 x 1 L	Radenberg / Schischka	-
A II	Parawax 8000	19.09.00	12.10	6 x 1 L	Radenberg	-
A II	Lucobit	19.09.00	12.20	6 x 1 L	Radenberg	-
A II	NAF 501	20.09.00	8.05	6 x 1 L	Radenberg	-
A II	PR Plast S	20.09.00	8.10	6 x 1 L	Radenberg	-
A II	Polybilt 106	20.09.00	8.15	6 x 1 L	Radenberg	-

Anhang H 3

Abschnitt 1 – SMA 0/8S, 50/70+GENICEL		km 446,467		Temperaturen				
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke	nach Fertiger	Bemerkungen
1	DAU-B651	19.09.00 / 07:00h	35,25t	-	-	136°C v.B.	-	1 Walze 12 to
2	DN-JD93	19.09.00 / 06:48h	31,45 t	-	Krustenbildung	130°C v.B.	88°C n.B.	2 Walzen 11,5to
3	DN-HJ500	19.09.00 / 07:05h	31,10t	-	-	147°C	111°C	Fertiger.
4	AC-HZ550	19.09.00 / 07:16h	32,30t	-	-	138°C	110°C	ABG-VARIO DUOTAMP
5	AC-HZ365	19.09.00 / 07:56h	26,65t	-	133°C	142°C	113°C	
6	DN-JD93	19.09.00 / 08:29h	36,25t	-	-	147°C	-	Außentemperatur 15°C bis 20°C
7	DAU-B651	19.09.00 / 08:41h	36,25t	-	162°C	158°C	130°C	
8	DN-HJ500	19.09.00 / 09:12h	21,85t	09:40h	-	160°C	152°C	15°C bis 20°C WALZGÄNGE
Abschnitt 2 – SMA 0/8S, B50/70+RUTONAL		km 447,024		Temperaturen				
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke	nach Fertiger	Bemerkungen
9	AC-HZ550	19.09.00 / 09:47h	28,35t	10:15h	-	177°C	144°C	
10	AC-HZ365	19.09.00 / 10:02h	27,70t	-	-	174°C	-	
11	DN-JD93	19.09.00 / 10:29h	32,55t	-	-	178°C	-	Außentemperatur 22°C bis 26°C
12	DAU-B651	19.09.00 / 10:47h	32,40t	-	-	168°C	-	
13	DN-AJ500	19.09.00 / 11:07h	28,95t	-	-	170°C	-	
14	AC-HZ550	19.09.00 / 11:30h	31,45t	-	160°C	180°C	-	
15	AC-HZ365	19.09.00 / 11:50h	31,05t	-	180°C	180°C	181°C	
16	DN-JD93	19.09.00 / 12:07h	23,10t	12:40h	178°C	178°C	155°C	
17	DAU-B651	19.09.00 / 12:29h	25,50t	12:50h	-	183°C	-	

Anhang H 4

Abschnitt 3 – SMA 0/8S, 50/70+PARAWAX				Temperaturen			
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke	nach Fertiger
18	DN-AJ500	19.09.00 / 13:09h	31,60t	-	174°C	168°C	174°C
19	AC-HZ365	19.09.00 / 13:28h	29,50t	-	188°C	180°C	162°C
20	DN-JD93	19.09.00 / 13:56h	37,95t	-	168°C	173°C	167°C
21	DAU-B651	19.09.00 / 14:19h	37,50t	14:45h	141°C	167°C	160°C
22	DN-AJ500	19.09.00 / 14:45h	34,25t	15:12h	172°C	172°C	165°C
23	AC-HZ550	19.09.00 / 15:07h	31,05t	15:35h	150°C	168°C	170°C
24	DN-JD93	19.09.00 / 15:32h	36,10t	16:03h	151°C	168°C	165°C
25	DAU-B651	19.09.00 / 15:41h	20,80t	16:15h	175°C	171°C	164°C
Abschnitt 4 – SMA 0/8S, 50/70+LUCOBIT				Temperaturen			
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke	nach Fertiger
26	DN-AJ500	19.09.00 / 16:19h	34,00t	16:50	165°C	165°C	155°C
27	AC-HZ365	19.09.00 / 16:38h	30,90t	17:06	143°C	177°C	170°C
28	DAU-B651	20.09.00 / 06:40h	37,35t	-	-	173°C	-
29	DN-JD93	20.09.00 / 06:53h	40,00t	-	-	170°C	-
30	AC-HZ365	20.09.00 / 07:28h	27,40t	-	-	173°C	153°C
31	DN-AJ500	20.09.00 / 07:39h	33,60t	-	-	175°C	-
32	DAU-B651	20.09.00 / 08:30h	37,70t	-	-	175°C	-
33	DN-JD93	20.09.00 / -	13,50t	-	-	-	-

Bemerkungen
 Außentemperatur 22°C
 Defekt Mischanlage
 150°C nach Walzen
 8:00h 17°C
 Bewölkt Nieselregen

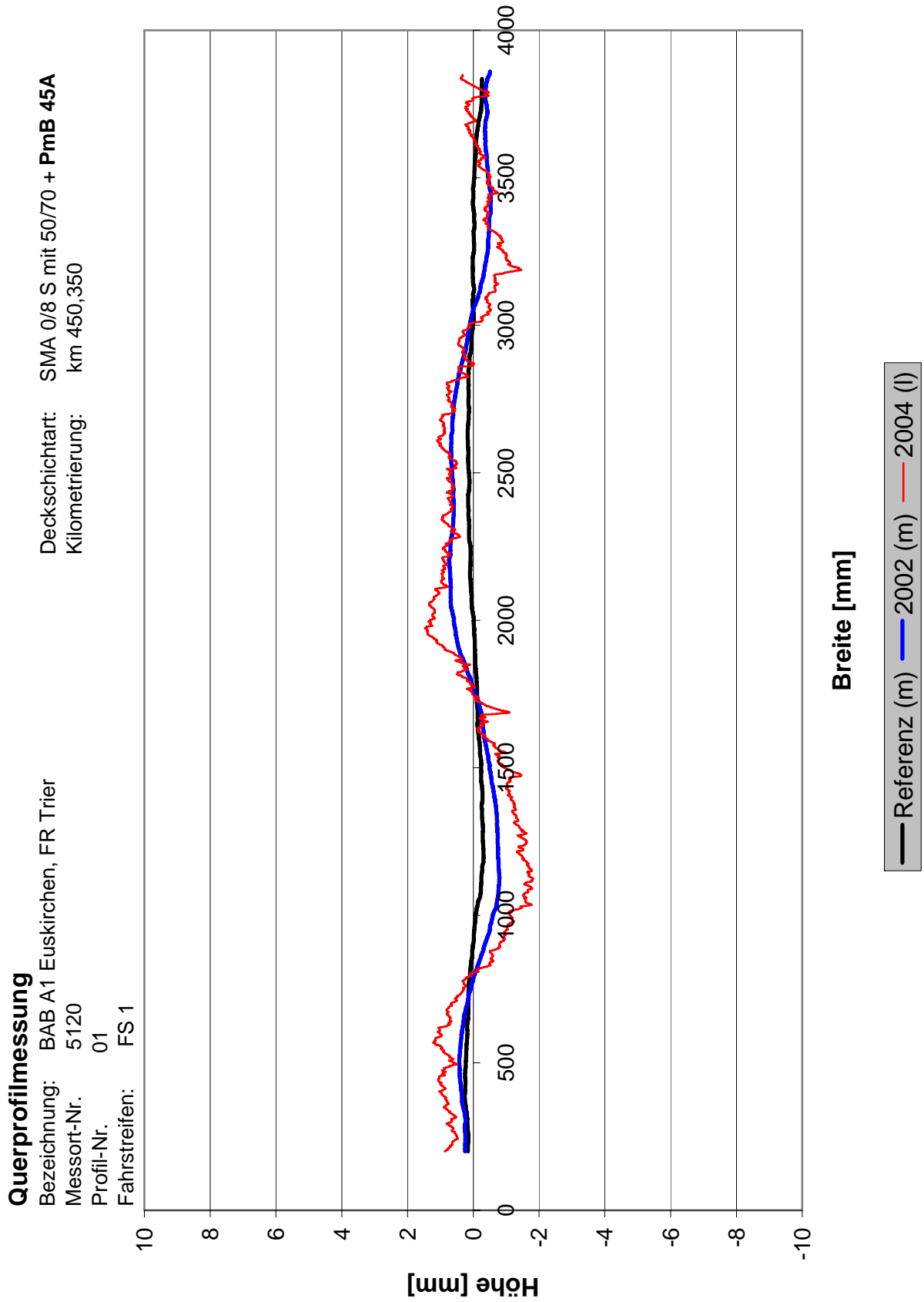
Anhang H 5

Abschnitt 5 – SMA 0/8S, 50/70+NAFS01		km 448, 764		Temperaturen			
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke nach Fertiger	Bemerkungen
34	DN-JD93	20.09.00 / 09:24h	35,90t	-	-	173°C	9:00h 18°C
35	AC-HZ365	20.09.00 / 09:41h	29,05t	10:25h	-	180°C	Niesdregen
36	DN-AJ500	20.09.00 / 10:02h	33,40t	-	-	174°C	teilweise starker Regen
37	DAU-B651	20.09.00 / 10:26h	33,60t	12:55h	-	170°C	Wasser vor Fertiger
38	DN-JD93	20.09.00 / 10:55h	37,80t	11:30h	-	171°C	-
39	AC-HZ365	20.09.00 / 11:16h	29,00t	11:50h	-	170°C	-
40	DN-AJ500	20.09.00 / 11:53h	30,65t	-	-	171°C	-
41	DAU-B651	20.09.00 / 12:18h	29,70t	12:40h	-	163°C	-
Abschnitt 6 – SMA 0/8S, 50/70+PR PLAST		km 449, 334		Temperaturen			
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteilerschnecke nach Fertiger	Bemerkungen
42	DN-JD93	20.09.00 / 12:51h	33,20h	13:20h	-	-	starke Schauer
43	AC-HZ365	20.09.00 / 13:14h	28,90t	13:40h	152°C	173°C	159°C
44	DN-AJ500	20.09.00 / 13:36h	30,45t	14:05h	178°C	168°C	14:30h Einbau Ende
45	DAU-B651	21.09.00 / 06:43h	32,70t	-	171°C	171°C	1 Walze 13 to
46	DN-JD93	21.09.00 / 06:54h	36,05t	8:10h	-	-	2 Walze 11,5 to
47	DN-AJ500	21.09.00 / 07:38h	33,20t	8:30h	-	-	leicht bewölkt
48	AC-HZ365	21.09.00 / 08:27h	34,30t	8:50h	-	-	Regen

Anhang H 6

Abschnitt 7 – SMA 0/8S, 50/70+POLYBILT			km 449,843		Temperaturen			
Nummer	Kennzeichen	Datum/Beladezeit	Masse	Entladezeit	vor Fertiger	Verteiler-schnecke	nach Fertiger	Bemerkungen
49	DAU-B651	21.09.00 / 09:10h	37,80t	-	167°C	182°C	171°C	12°C bis 18°C
50	DN-JD93	21.09.00 / 09:39h	35,70t	10:10h	168°C	195°C	180°C	
51	DN-AJ500	21.09.00 / 10:02h	29,50t	10:30h	189°C	179°C	177°C	
52	AC-HZ365	21.09.00 / 10:25h	27,60t	10:50h	175°C	172°C	174°C	
53	DAU-B651	21.09.00 / 10:54h	37,90t	11:17h	167°C	182°C	174°C	
54	DN-JD93	21.09.00 / 11:22h	38,00t	11:53h	166°C	185°C	173°C	
55	DN-AJ500	21.09.00 / 11:46h	33,80t	12:15h	176°C	168°C	152°C	
56	AC-HZ365	21.09.00 / 12:10h	31,65t	12:40h	176°C	185°C	174°C	

Anhang I 1



Anhang I 2

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

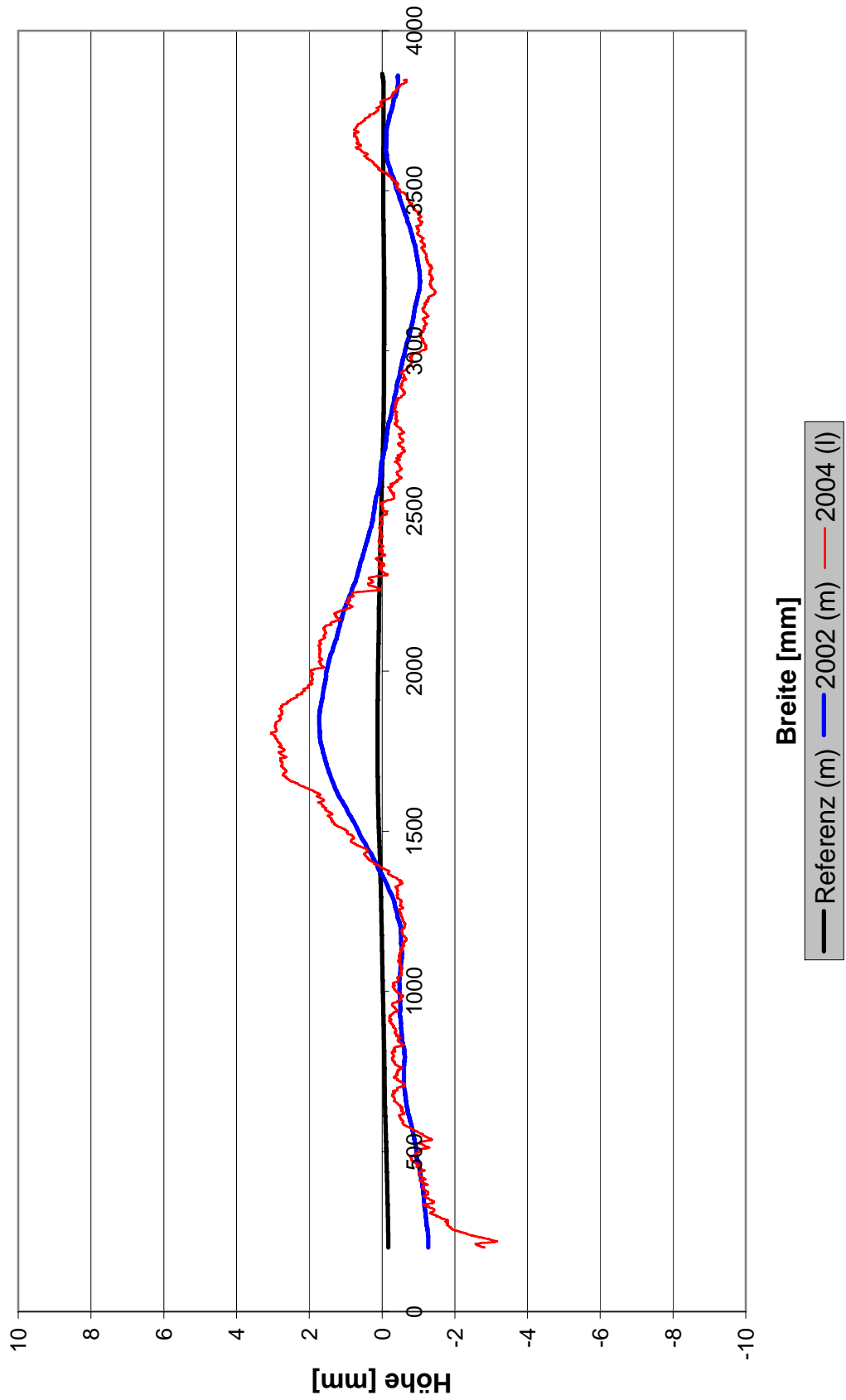
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 03

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + GENICEL

Kilometrierung: km 450,350



Anhang I 3

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

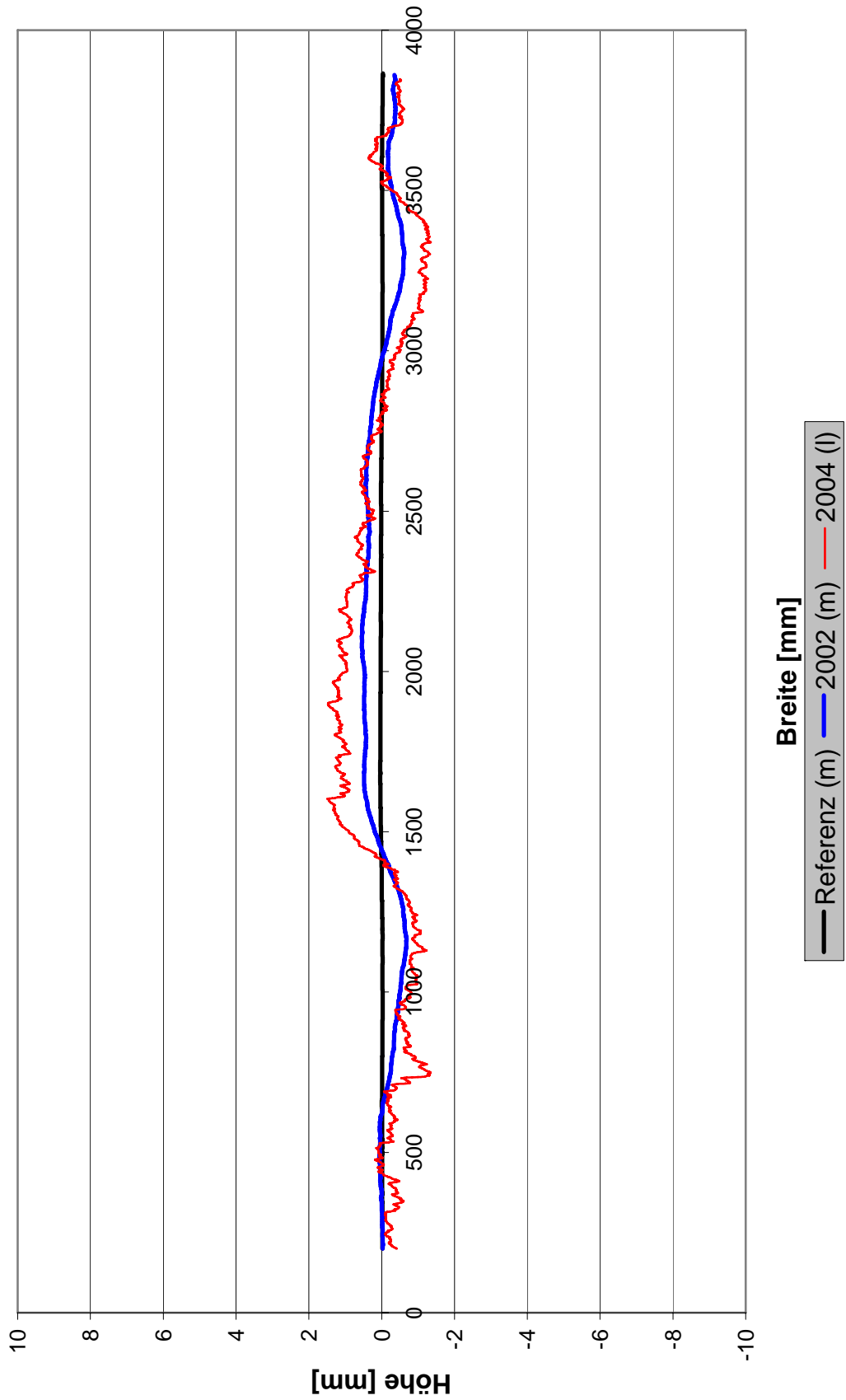
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 04

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + GENICEL

Kilometrierung: km 450,350



Anhang I 4

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

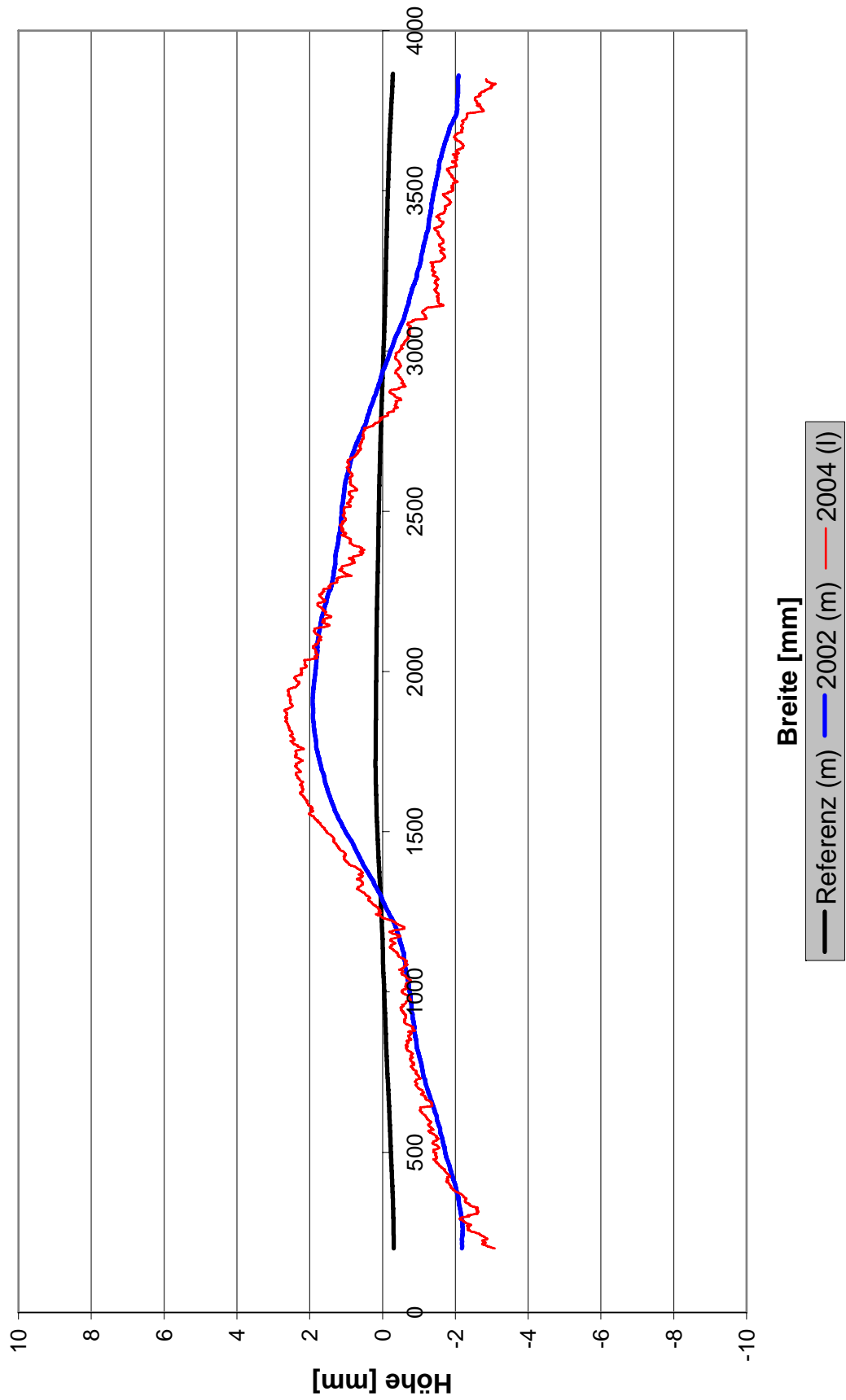
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 05

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + BUTONAL NX 112

Kilometrierung: km 450,350



Anhang I 5

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

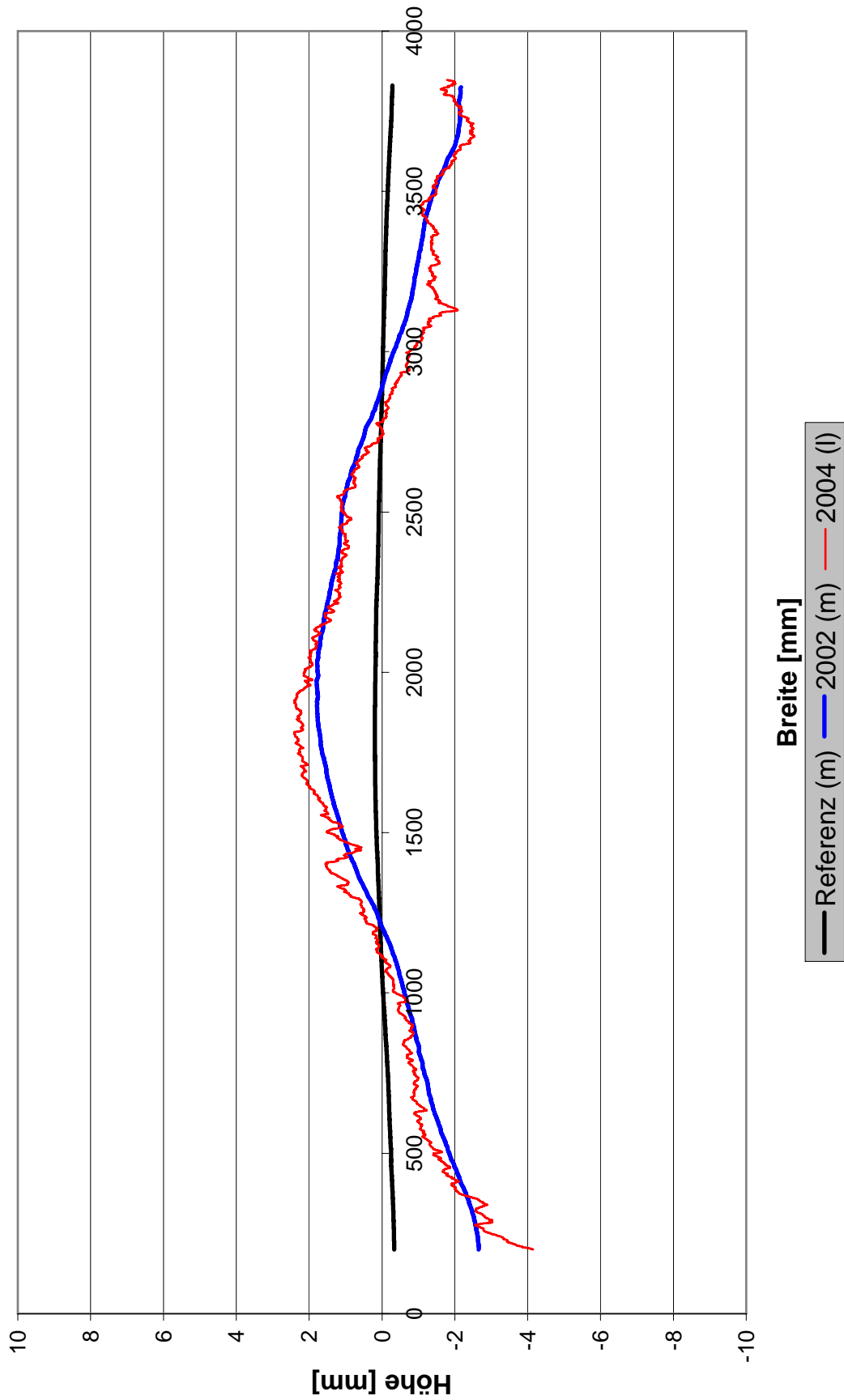
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 17

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + BUTONAL NX 112

Kilometrierung: km 450,350



Anhang I 6

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

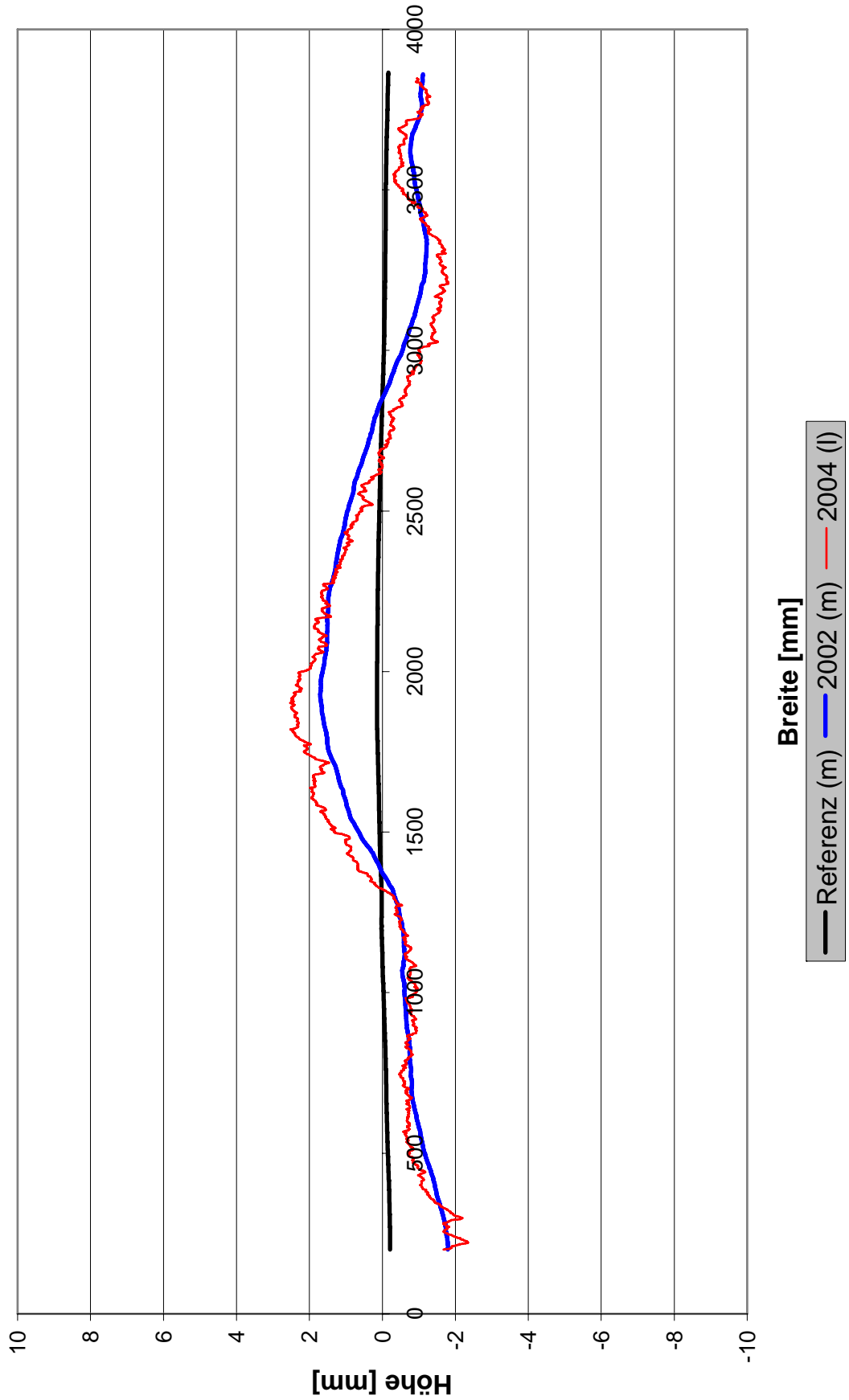
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 07

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + PARAWAX 8000

Kilometrierung: km 450,350



Anhang I 7

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

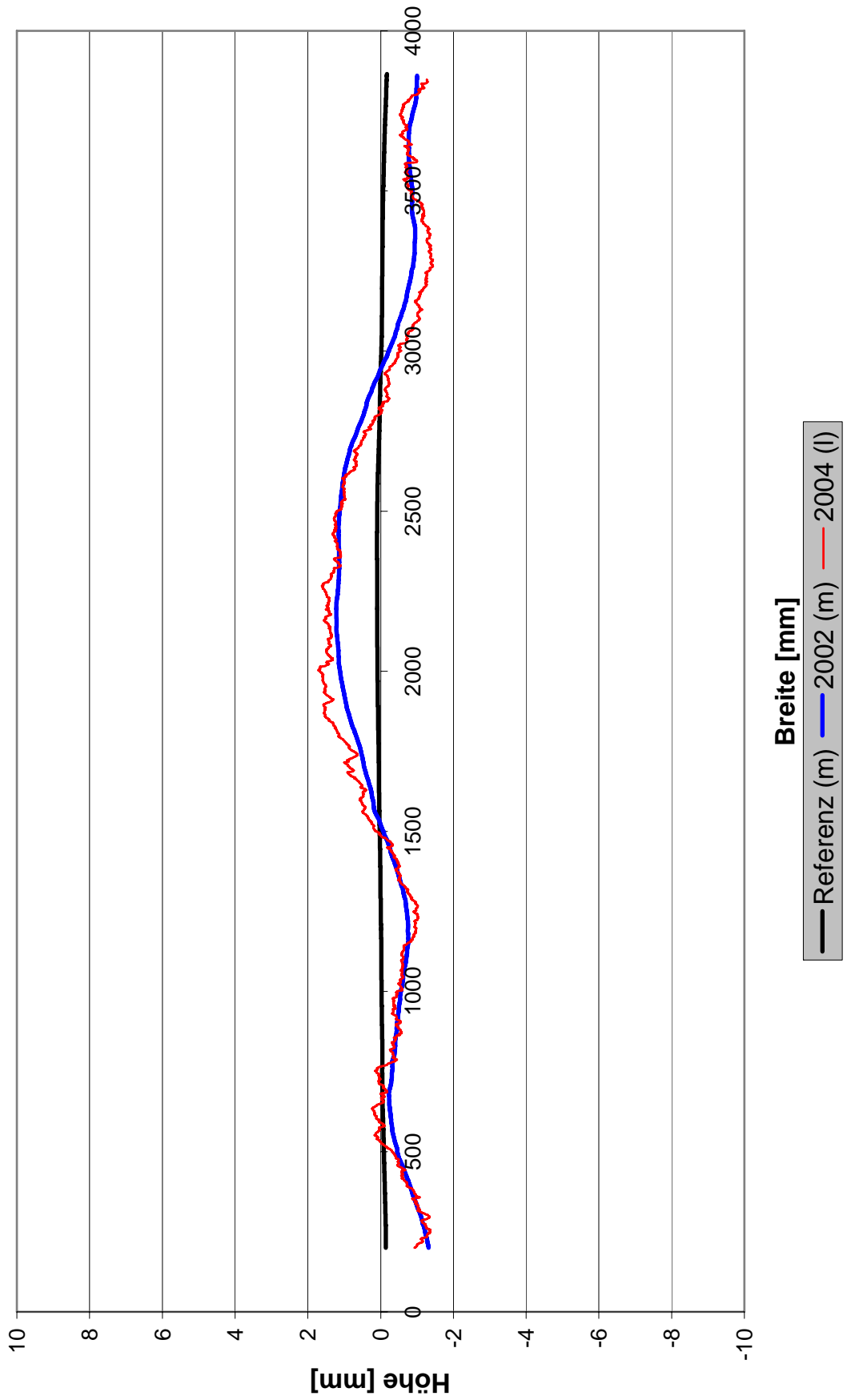
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 08

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + PARAWAX 8000

Kilometrierung: km 448,095



Anhang I 8

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

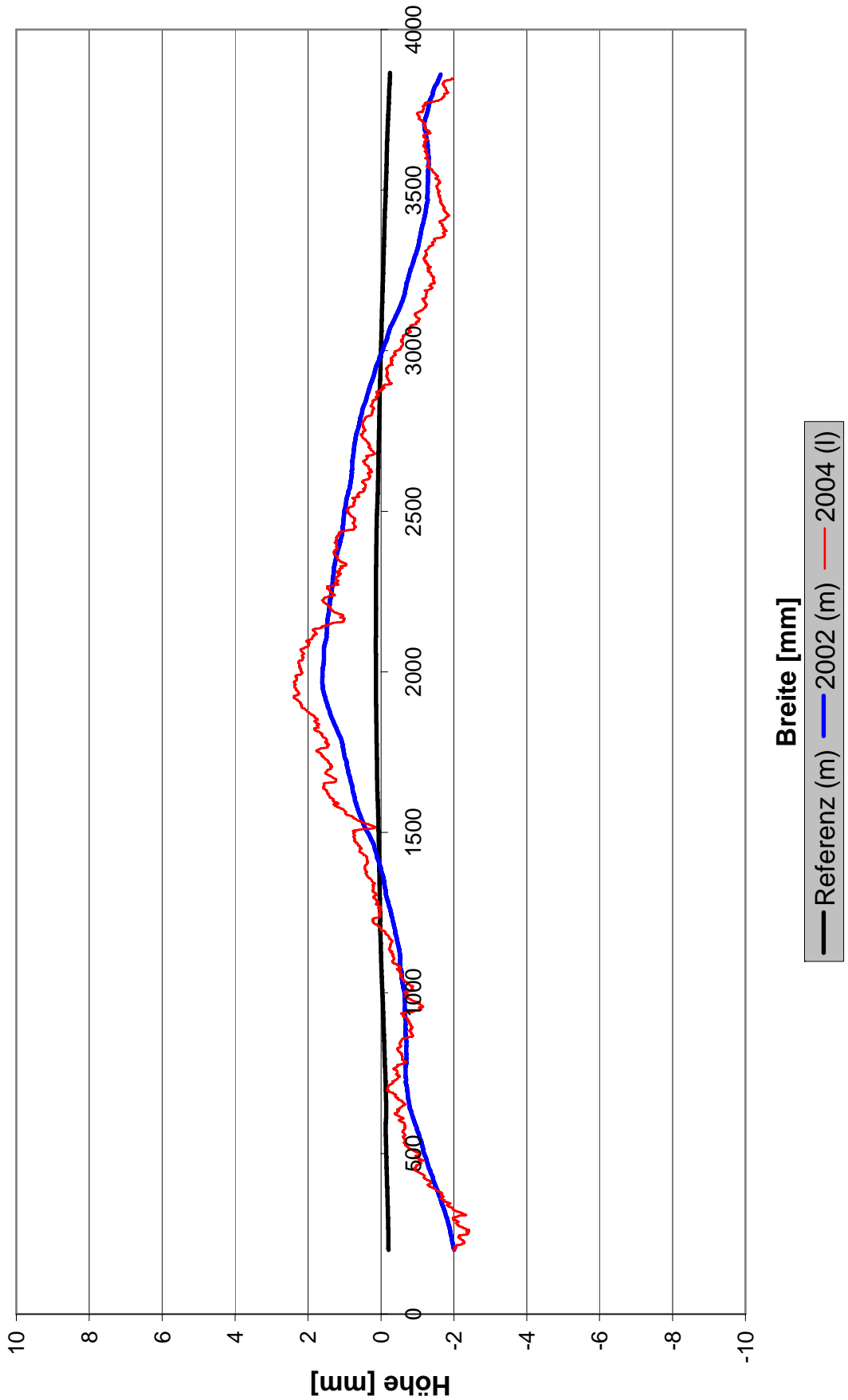
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 09

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Lucobit 1210

Kilometrierung: km 448,284



Anhang I 9

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 10

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Lucobit 1210

Kilometrierung: km 448,475



Anhang I 10

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

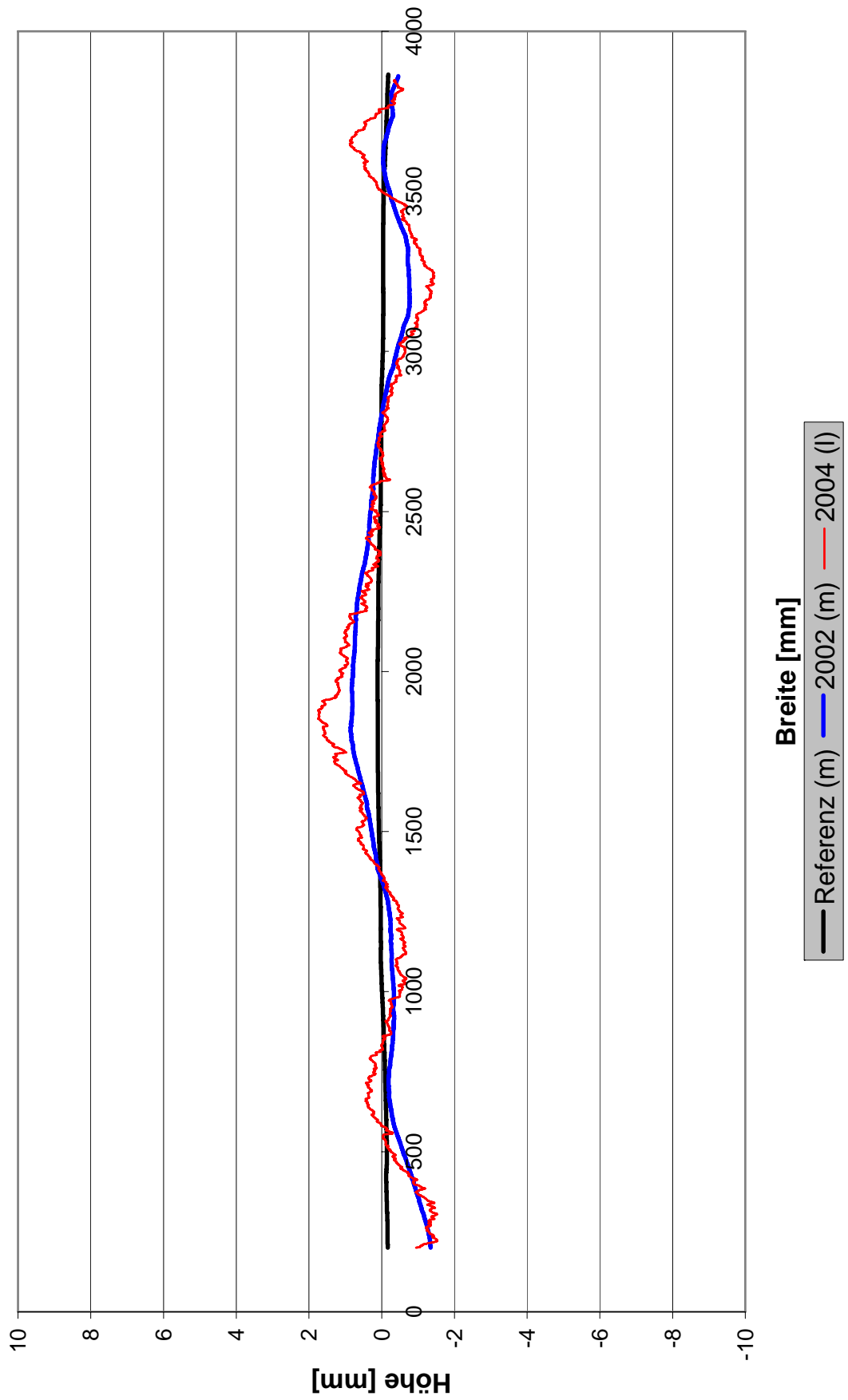
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 11

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Lucobit 1210

Kilometrierung: km 448,675

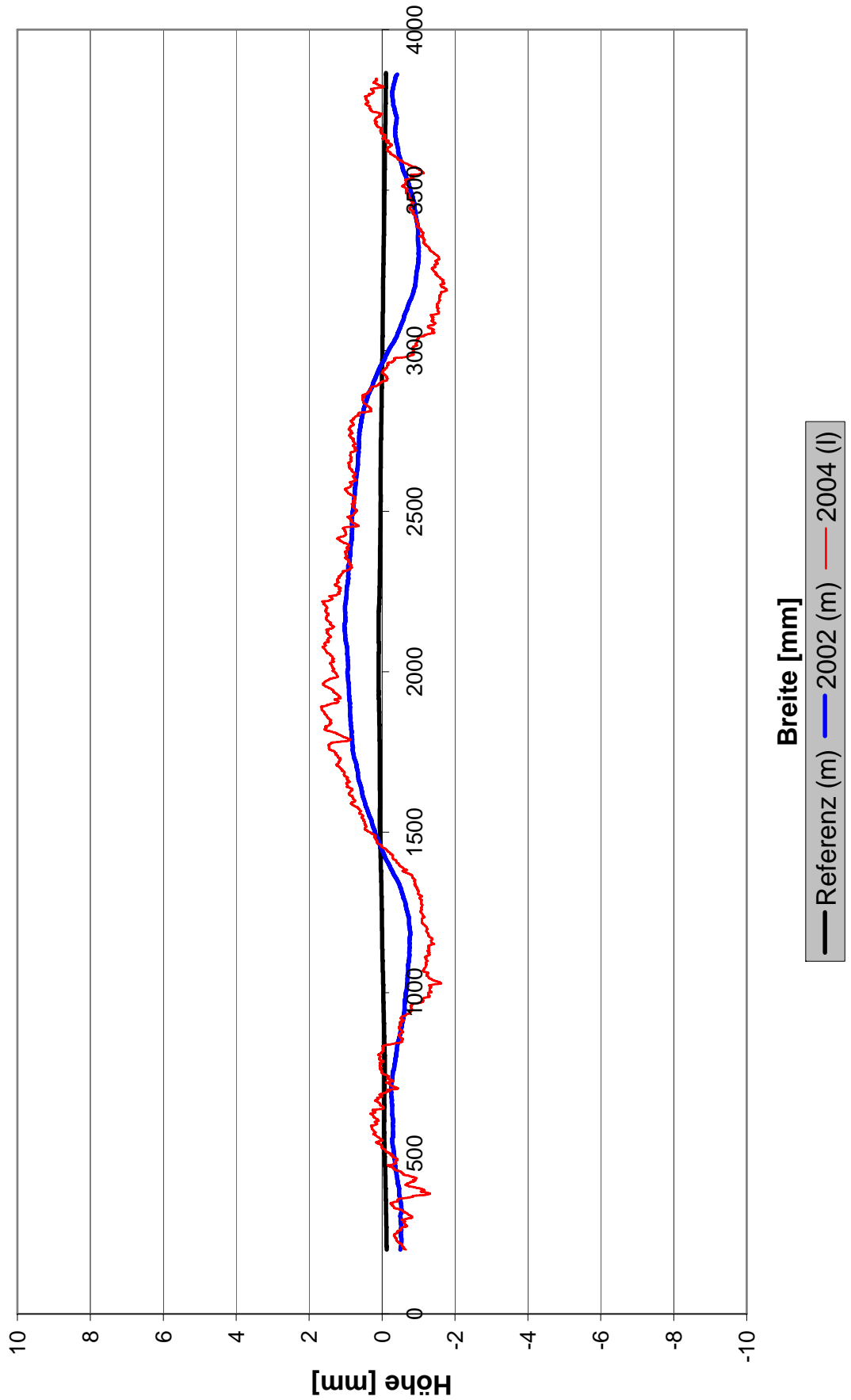


Anhang I 11

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier
Messort-Nr. 5120
Profil-Nr. 12
Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + NAF 501
Kilometrierung: km 449,042



Anhang I 12

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

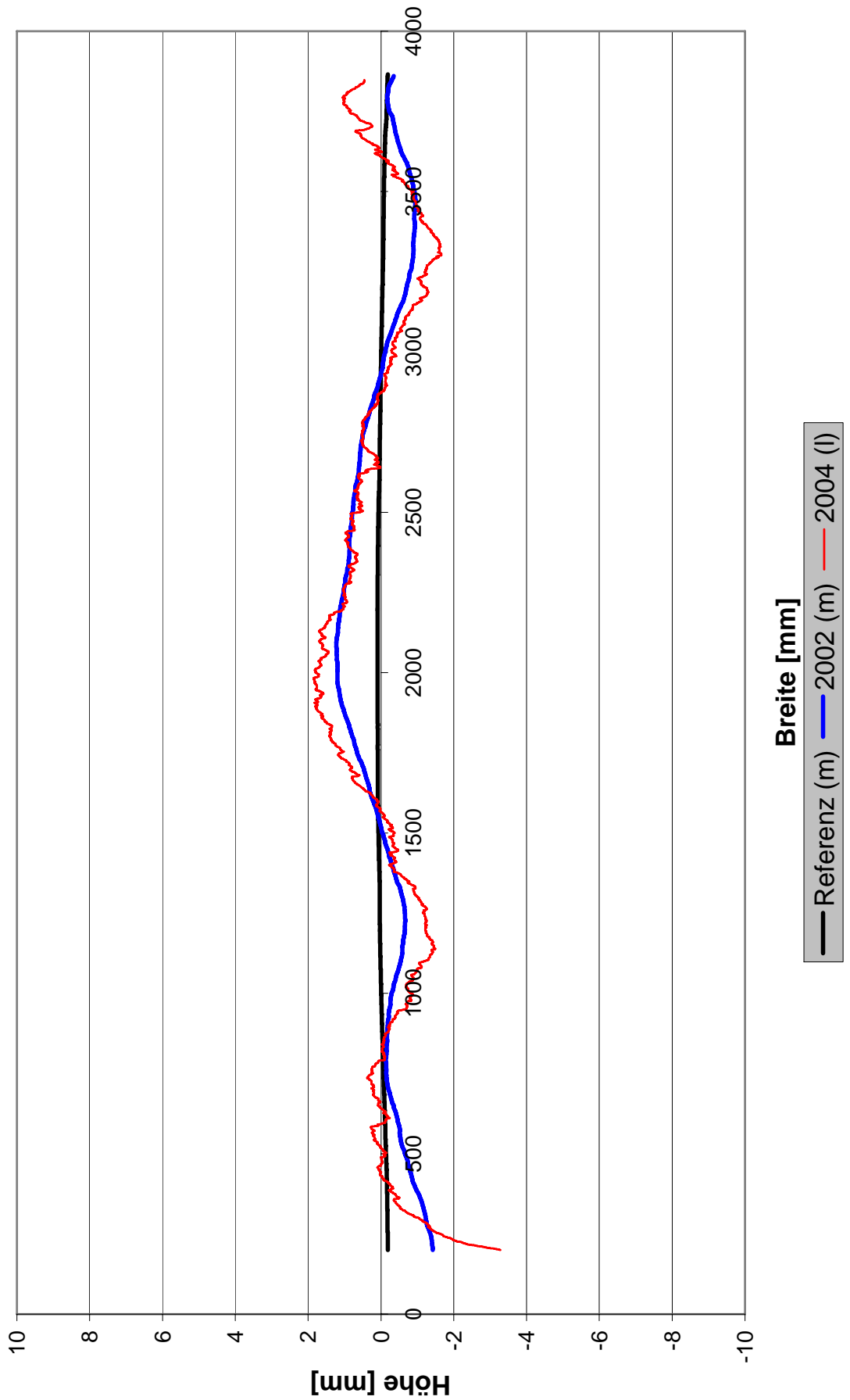
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 13

Fahrtstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + NAF 501

Kilometrierung: km 449,242

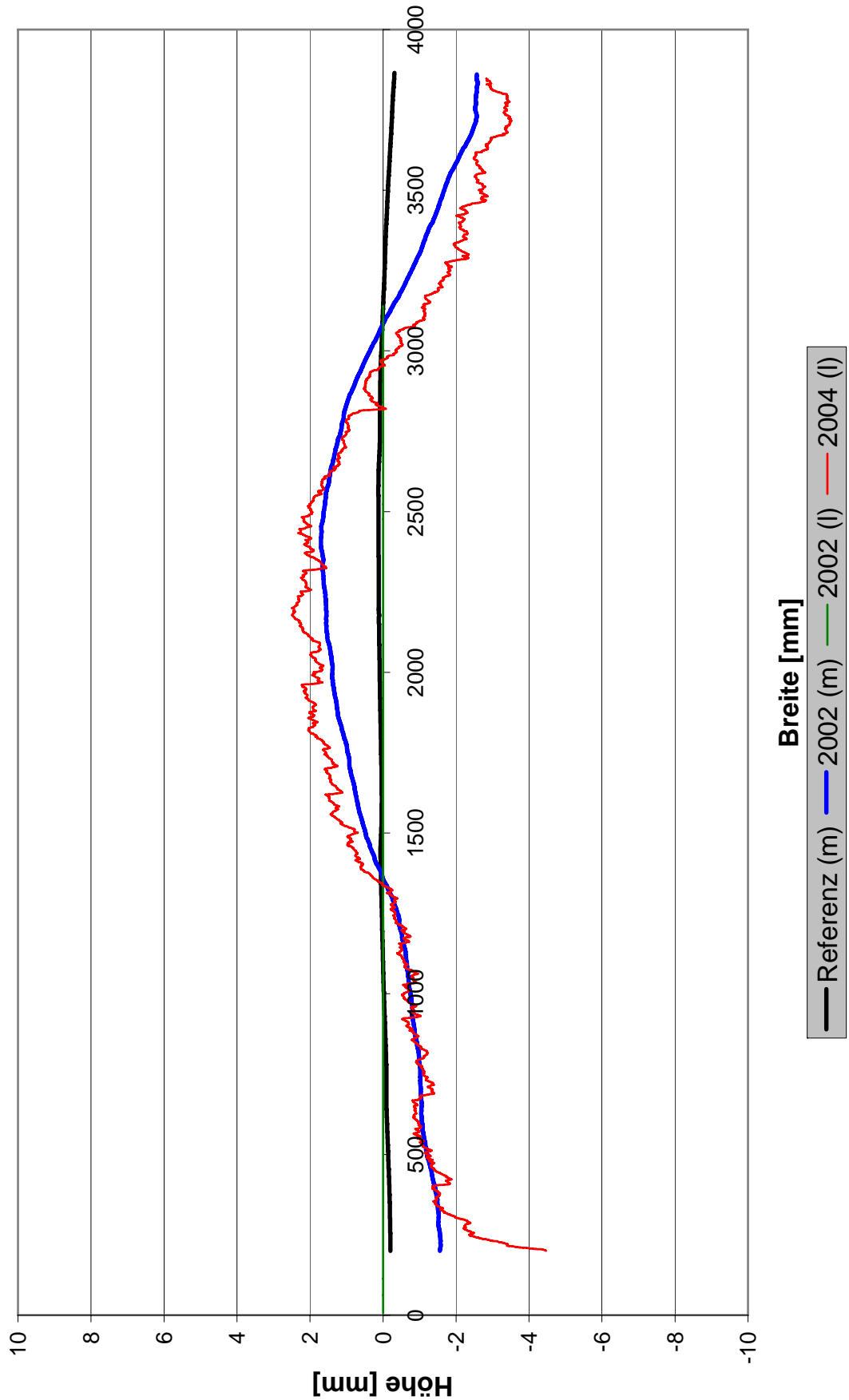


Anhang I 13

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier
Messort-Nr. 5120
Profil-Nr. 14
Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + PR Plast S
Kilometrierung: km 449,751



Anhang I 14

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

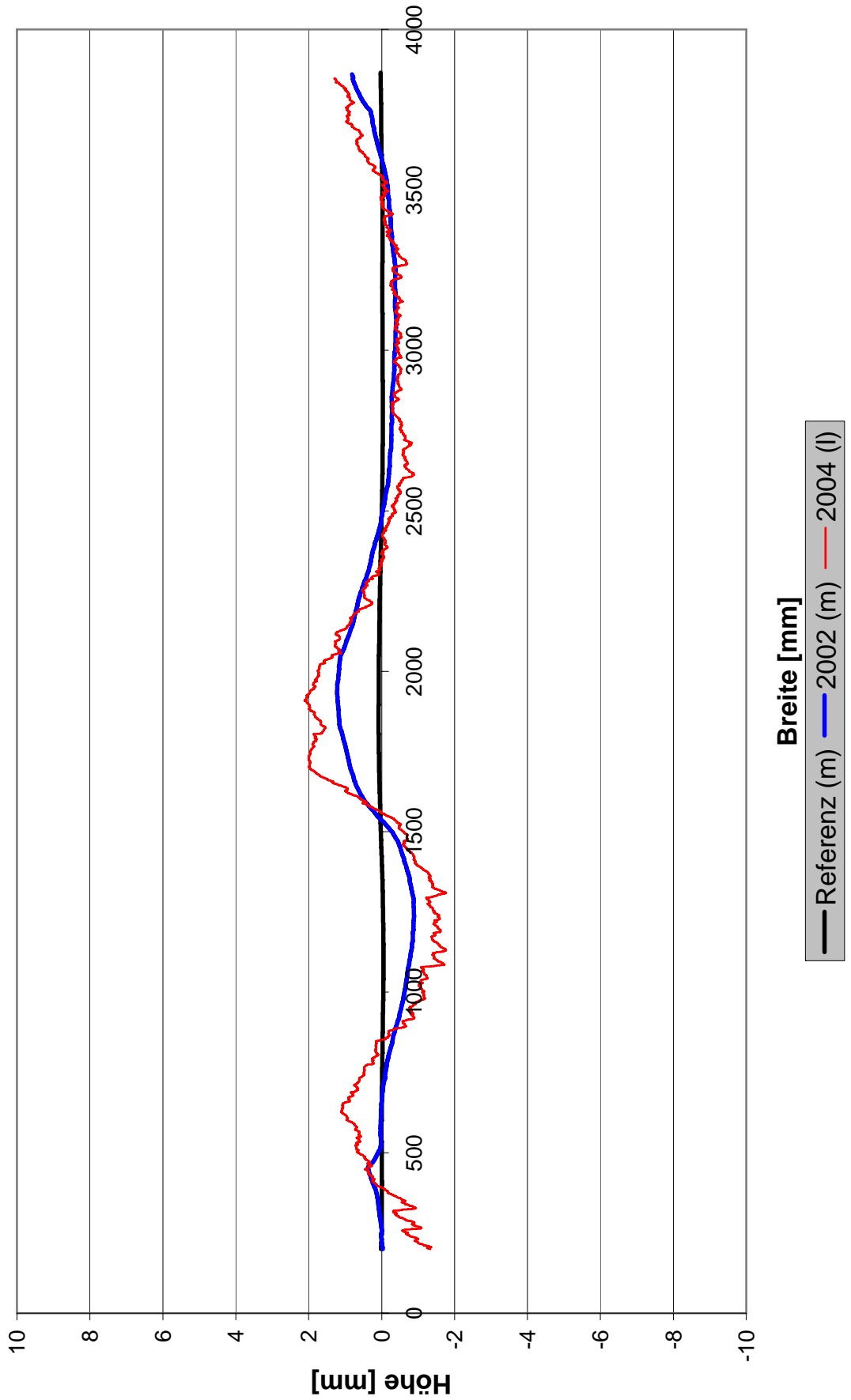
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 15

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Polybit 106

Kilometrierung: km 449,852



Anhang I 15

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier

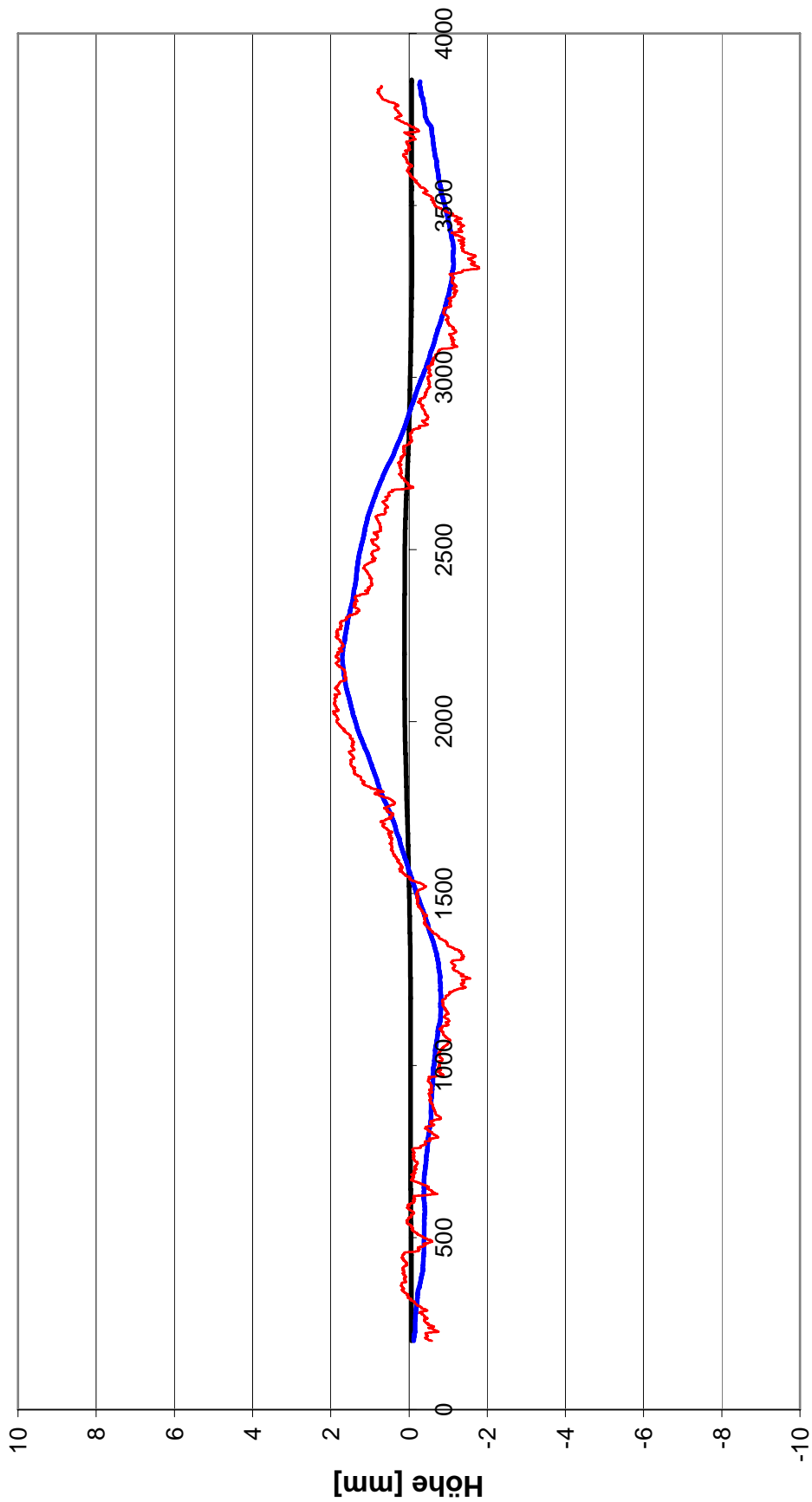
Messort-Nr. 5120

Profil-Nr. 16

Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Polybit 106

Kilometrierung: km 450,150



Breite [mm]

— Referenz (m) — 2002 (m) — 2004 (l)

Anhang I 16

Querprofilmessung

Bezeichnung: BAB A1 Euskirchen, FR Trier
Messort-Nr. 5120
Profil-Nr. 17
Fahrstreifen: FS 1

Deckschichtart: SMA 0/8 S mit 50/70 + Polybit 106
Kilometrierung: km 450,350

