

MBEx Dokumentation

Inhalt

Mandelbrot-Explorer MBEx	2
Kurzanleitung	2
Bedienfelder und Tastaturkürzel	3
Automatik	4
Interner Buffer-Speicher	4
Tastatur- und Maus-Abfrage	4
Angezeigte Information	5
DPI-Skalierung	5
x87-Befehle	5
Rechengenauigkeit	6
FPU- und CPU-Modus	6
Umschaltswelle	6
Iterations-Tiefe	6
ANHANG - Parameter bei Programm-Aufruf	7
RegAdd	7
RegDel	7
Extension .mbp ändern	7

Mandelbrot-Explorer MBEx

MBEx ist ein schneller Explorer – oder Bildbetrachter – für das Mandelbrot-Fraktal (benannt nach dem Mathematiker BENOÎT MANDELBROT). Man kann ein Bild verschieben, vergrößern und verkleinern, anders einfärben und abspeichern. Der maximale Zoomfaktor liegt bei 2^{112} . Ein 10 cm großes „Apfelmännchen“ hätte bei Zoomfaktor 2^{112} den 2-millionenfachen Universums-Durchmesser. Der Kern von MBEx, nämlich die Iterations-Schleifen, sind in Maschinensprache (Assembler) codiert und extrem schnell.

Das Programm MBEx liegt in zwei Varianten vor (32/64 Bit) und braucht keine Installation. So kann z.B. MBEx32.exe auf den Desktop gezogen und angeklickt werden, es wird auf allen Windows-Rechnern problemlos funktionieren (ab XP, mindestens 256 MB RAM). MBEx64.exe läuft natürlich nur auf einem 64-Bit-System. Weil keine Installation erforderlich ist, hinterläßt MBEx auch keinen Datenmüll auf der Festplatte. Allerdings wäre zu beachten:

1. Beim Speichern eines Bildes legt MBEx den Ordner „Pictures“ in dem Verzeichnis an, wo sich gerade das .exe-File befindet. Wird MBEx auf dem Desktop gestartet und ein Bild gespeichert, befindet sich hinterher der Ordner „Pictures“ auf dem Desktop. Wird MBEx von einem USB-Stick aus gestartet und ein Bild gespeichert, befindet sich der Ordner „Pictures“ auf dem USB-Stick.
2. Zusammen mit dem .png-Bild wird auch ein Parameter-File in den Ordner „Pictures“ geschrieben. Ein solches .mbp-File läßt sich wieder öffnen, indem man es auf MBEx oder die zugehörige Verknüpfung zieht. Nicht notwendigerweise, aber dennoch als Option, kann die Datei-Endung .mbp dem Programm MBEx zugeordnet werden. Dann freilich erfolgt ein Eintrag in der Registry (siehe Kapitel **RegAdd** und **RegDel** am Ende dieser Beschreibung).

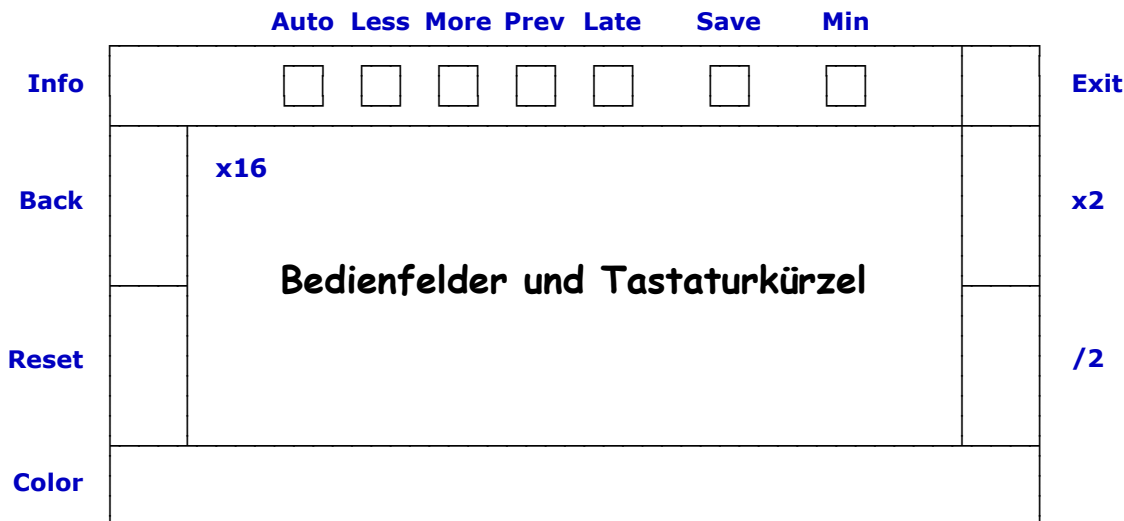
Kurzanleitung

Leertaste, **F1**, **1** oder **Mausklick R** blendet die Info-Anzeige EIN/AUS. **Mausklick L** in das große, zentrale **x16**-Feld zoomt das Bild um den Faktor 16, dabei ist die jeweilige Mausposition das neue Zentrum. Mit **Maustaste L + Maus bewegen** läßt sich das Bild verschieben, dasselbe **Maustaste L + Maus bewegen** im **Color**-Feld am unteren Bildschirmrand verändert die Farbe. Die großen Bedienfelder sind immer aktiviert, d.h. auch bei ausgeblendeter Info-Anzeige. Die kleinen Bedienfelder im oberen **Info**-Feld sind nur dann aktiviert, wenn man sie sehen kann, denn im ausgeblendeten Zustand wären sie wohl kaum zu finden.

1. Die Zoom-Änderung funktioniert auch während einer Bildberechnung. Für einige andere Funktionen muß die Bildberechnung jedoch abgeschlossen sein.
2. Ganz bewußt wurde darauf verzichtet, eine laufende Berechnung in den Hintergrund zu minimieren (mit Taste **F11** oder den **WIN**-Tasten). Weil MBEx alle Prozessor-Kerne nutzt, liegt die Auslastung oft bei 100%. Egal, wie leistungsfähig der Rechner auch sein mag, dadurch geht Windows auf jeden Fall in die Knie und würde mit einer zusätzliche Belastung leicht ins Straucheln kommen.

Bei eingeschalteter Info-Anzeige, d.h. bei sichtbaren Bedienfeldern, steht am unteren Rand des Bedienfeldes das jeweilige Tastaturkürzel: **Space** ist die **Leertaste**, **Backspace** die **Löschtaste**, **DEL** die **Entf**-Taste und **Ctrl** die **Strg**-Taste. Die Anordnung der Bedienfelder und das ganze Layout überhaupt sollen einen komfortablen Tablet-Betrieb ermöglichen.

Im Folgenden werden nun alle Bedienelemente samt mathematischem Hintergrund nochmals ausführlich aufgelistet. Wer aber nur außergewöhnliche Bilder sehen möchte – dafür ist das Programm schließlich geschrieben worden – braucht nicht unbedingt weiterzulesen: Zoomen und Farbe einstellen reicht aus, die Automatik erledigt den Rest.



<u>Feld</u>	<u>Taste</u>	<u>Funktion</u>
Exit	ESC, Strg-C	Programm beenden
Info	Leertaste, F1, 1, Mausklick R	Info-Anzeige EIN/AUS (Die kleinen Schaltflächen im Info -Feld sind nur sichtbarerweise aktiviert. Die zugehörigen Tastaturkürzel und alle anderen Schaltflächen funktionieren aber immer, auch das Info -Feld selbst.)
x16	Pfeiltasten, Maustaste L	a) Mausklick L : 16-fach Zoom, die Mausposition ist das neue Zentrum b) Maustaste L + Maus bewegen : Bild verschieben
Color	N/M, Maustaste L, Mausrad	a) Mausklick L : Farbe auf den Standard-Wert zurückstellen b) Maustaste L + Maus bewegen : Farb-Dichte ändern Mit dem Mausrad kann die Farb-Dichte ebenso verändert werden.
-	Strg-N/M	Strg-N und Strg-M verschieben den Farb-Nullpunkt.
x2	+, Bild ↑	zentrierter 2-fach Zoom
/2	-, Bild ↓	zentrierter 2-fach Zoom zurück
Back	Löschtaste	ein Bild zurück, die jeweils letzten 4 Bilder werden gemerkt
Reset	Entf	alles zurücksetzen
Auto	F2, 2	Automatik EIN/AUS
Less	F3, 3	Iterations-Tiefe verringern
More	F4, 4	Iterations-Tiefe erhöhen
Prev	F5, 5	Rechengenauigkeit früher umschalten (falls das Bild „pixelt“)
Late	F6, 6	Rechengenauigkeit später umschalten
Save	F9, 9, Strg-S	Bild abspeichern (Im MBEx-Verzeichnis wird der Ordner „Pictures“ angelegt, dort befindet sich neben dem .png-Bild auch das MBEx Parameter-File. Wenn man dieses .mbp-File auf MBEx zieht, wird das Bild wieder geladen.)
Min	F11, WIN	Programm in die Task-Leiste minimieren
-	TAB	Bild neu berechnen
-	F	zwischen FPU- und CPU-Arithmetik wechseln
-	Eingabe	Bild neu ausgeben (z.B. um Nachrichten schneller auszublenden)
-	I, Strg-I	Information über MBEx

Automatik

Die Automatik wirkt auf 3 Teilbereiche:

1. Farbe

Wenn die Farbe manuell verstellt worden ist, findet keine automatische Farb-Anpassung mehr statt.

Mausklick L auf das **Color**-Feld aktiviert die automatische Farb-Anpassung wieder.

2. Iterations-Tiefe

Wenn die Iterations-Tiefe manuell verstellt worden ist, findet keine automatische Anpassung der Iteration mehr statt. Die automatische Iterations-Anpassung läßt sich nur durch „Automatik AUS“ gefolgt von „Automatik EIN“ wieder aktivieren.

3. Rand

Bei eingeschalteter Automatik wird nur der Rand der „Apfelmännchen“ berechnet und nicht das Innere, was den Bildaufbau erheblich beschleunigt. In sehr seltenen Fällen kann die Automatik den Rand nicht richtig einschätzen (vor allem dicht am Bildschirmrand) und unsauber arbeiten. Falls man dann unbedingt ein sauberes Bild haben möchte, gibt es folgende Möglichkeiten:

- Das Bild über die unsaubere Stelle hinaus verschieben, **Maustaste L** loslassen, den gegenüberliegenden Rand neu berechnen lassen, dann das Bild wieder zurückschieben (geht schnell),
- oder die Automatik ausschalten und mit der **TAB**-Taste das Bild komplett neu berechnen lassen.

„Automatik AUS“ gefolgt von „Automatik EIN“ aktiviert die Automatik für alle 3 Teilbereiche wieder.

Interner Buffer-Speicher

Dort stehen die letzten 4 Bilder und mit **Back** (oder **Löschtaste**) kann man diesen Speicher durchblättern. Jede neue Berechnung überschreibt das älteste Bild. Ausnahme:

- „Farbe ändern“ oder „Bild verschieben“ überschreibt nur das zuletzt gespeicherte Bild, denn sonst wäre gleich der ganze Buffer-Speicher voll,
- „Iteration verringern“ überschreibt überhaupt nichts, das so erzeugte Bild steht nicht im Speicher, und **Back** (oder **Löschtaste**) lädt die alte, hohe Iteration zurück. „Iteration verringern“ kostet keine Rechenzeit, die bereits bekannten Iterationswerte werden einfach abgeschnitten, d.h. limitiert. Wenn man wieder die alte Iteration haben möchte, würde das aber schon Rechenzeit kosten: In so einem Fall also nicht mit **More** die Iteration erhöhen, sondern mit **Back** das alte Bild zurückladen.

Tastatur- und Maus-Abfrage

Der Bildschirm ist in 1024 Kacheln aufgeteilt, und die Tastatur-/Maus-Abfrage erfolgt normalerweise erst, wenn eine Kachel fertig berechnet wurde. Braucht eine Kachel länger als 1 Sekunde, blendet sich eine kleine Fortschritts-Anzeige ein, die im Sekundentakt aktualisiert. In diesem Rhythmus findet dann auch die Tastatur-/Maus-Abfrage statt. Deswegen beginnt das System bei hohen Iterations-Tiefen träge zu reagieren. Wer mit hohen Iterations-Tiefen arbeiten möchte, was an sich problemlos funktioniert, muß sich auf lange Laufzeiten einstellen, da führt kein Weg dran vorbei.

Wer Spaß haben will – und dafür sind m.E. kurze Laufzeiten notwendig – sollte nicht zu dicht am Rand des „Apfelmännchens“ zoomen und unbedingt versuchen, die schwarzen Zonen aus dem Bild herauszuhalten. Das ist freilich eine Gratwanderung. Natürlich muß man schon nahe an das „Apfelmännchen“ herangehen, weil nur in dessen Umfeld die fraktale Geometrie Kapriolen schlägt. Lohnende Objekte sind hier die sog. „Julia-Inseln“, – blütenähnliche Strukturen –, die schnell berechnet werden können.

Angezeigte Information

Screen: 1920 × 1080
Window: 1920 × 1080
DPI: 100%
Threads: 4 / not x87

Zoom: 1 (2⁰)
28 CPU (up to 2¹⁶)
Iteration: 256
Color: 4.00 Δ3

Auto: standby
Time: 150 ms

Screen: 1920 × 1080	hardwaremäßige Bildschirm-Auflösung
Window: 1920 × 1080	von MBEx genutzte Auflösung
DPI: 100%	DPI-Skalierung des Betriebssystems
Threads: 4	Anzahl Threads
/ not x87	nur MBEx32: Genauigkeits-Abweichung bei x87-Befehlen
Zoom: 1 (2 ⁰)	Zoomfaktor
28 CPU (up to 2 ¹⁶)	Rechengenauigkeit und Umschaltsschwelle (im CPU-Modus steht hier „Bit“, im FPU-Modus „FPU“ oder „CPU“)
Iteration: 256	Iterations-Tiefe (gedämpftes Rot: Iterations-Anpassung EIN)
Color: 4.00 Δ3	Farb-Dichte und -Nullpunkt (gedämpftes Rot: Farb-Anpassung EIN)
Auto: standby	Zustand der Automatik
Time: 150 ms	Laufzeit der letzten Bildberechnung

DPI-Skalierung

MBEx ist für maximal HD- bzw. WUXGA-Auflösung ausgelegt (1920 × 1200 Pixel). Kleinere Bildschirme bereiten kein Problem, UHD-Bildschirme bei 200% DPI-Skalierung auch nicht.

Wenn die DPI-Skalierung für einen WUXGA-Bildschirm (oder kleiner) nicht auf 100% eingestellt ist, sollte die DPI-Skalierung für MBEx abgeschaltet werden. Das geschieht im Kontext-Menü des .exe-Files oder der jeweiligen Verknüpfung: [Rechtsklick](#) > [Eigenschaften](#) > [Kompatibilität](#) > [Hohe DPI-Einstellung ändern](#) > [Hohe DPI-Skalierung überschreiben](#) > [Anwendung](#) wählen (oder so ähnlich, je nach Windows-Version).

x87-Befehle

x87-Befehle beinhalten ein Zahlenformat, das größere Genauigkeit ermöglicht (im Intel-Jargon „double extended-precision floating-point format“, in der Programmiersprache PASCAL einfach bloß „extended“). Bei 32-Bit-Prozessoren sind x87-Befehle noch gang und gäbe, bei 64-Bit-Prozessoren rät Intel schon seit längerem, diese Befehle nicht mehr für Neuentwicklungen zu verwenden und statt dessen auf SSE/AVX auszuweichen. SSE/AVX hat aber eine geringere Genauigkeit als x87, und so könnte Intel im Rahmen einer Vereinheitlichung irgendwann auch die x87-Genauigkeit reduzieren, was durchaus verständlich wäre, denn das 80 Bit große „extended“ fügt sich nur schlecht in eine 64-Bit-Architektur ein. MBEx32 prüft deswegen vorsichtshalber die x87-Genauigkeit, und falls diese vom Sollwert abweicht, erscheint die Meldung „not x87“. MBEx32 paßt sich dann an die verringerte Genauigkeit an. MBEx64 verwendet sowieso schon SSE/AVX. Der Unterschied zwischen x87 und SSE/AVX fällt besonders im Zoom-Bereich von 2⁵³ bis 2⁵⁶ auf. MBEx32 ist dort deutlich schneller als MBEx64, dessen SSE/AVX-Genauigkeit bereits ab 2⁴⁶ nicht mehr ausreicht.

Rechengenauigkeit

Je tiefer man in ein Bild hinein zoomt, um so größer muß die Rechengenauigkeit sein. Weil eine hohe Rechengenauigkeit aber lange dauert, arbeitet MBEx mit möglichst geringer Genauigkeit. Die beiden Varianten MBEx32 und MBEx64 unterscheiden sich wie folgt:

FPU = Gleitpunkt-Arithmetik auf der „Floating Point Unit“, d.h. dem Co-Prozessor

CPU = Festpunkt-Arithmetik auf der „Central Processing Unit“, d.h. dem Haupt-Prozessor selbst

x32			x64		
Zoom	FPU-Modus	CPU-Modus	Zoom	FPU-Modus	CPU-Modus
kleiner 2 ⁰	53/32 Bit FPU	53 Bit FPU	kleiner 2 ⁰	53 Bit FPU	
2 ⁰ bis 2 ¹⁶	53/32 Bit FPU	28 Bit CPU	2 ⁰ bis 2 ⁴⁵	53 Bit FPU	60 Bit CPU
2 ¹⁷ bis 2 ⁴⁵		53 Bit FPU			
2 ⁴⁶ bis 2 ⁵⁶	64/32 Bit FPU	64 Bit FPU	2 ⁴⁶ bis 2 ⁵²	60 Bit CPU	
2 ⁵⁷ bis 2 ¹¹²	120 Bit CPU		2 ⁵³ bis 2 ¹¹²	120 Bit CPU	

Die Bit-Genauigkeit bezieht sich auf die Länge der Gleitpunkt-Mantisse (bei FPU) bzw. die Stellen nach dem Festpunkt-Komma (bei CPU). Mit **Prev** (Taste **F5** oder **5**) und **Late** (Taste **F6** oder **6**) lassen sich die Umschaltsschwellen verschieben.

FPU- und CPU-Modus

Die Initialisierung beruht auf folgender Annahme: Bei kleinen Rechnern ist meist die FPU-Arithmetik recht flott, während bei größeren Rechnern (Kriterium: mehr als 4 Cores) die CPU-Arithmetik weniger Zeit braucht. Mit Taste **F** kann man jederzeit zwischen FPU- und CPU-Modus wechseln.

Für den x32 FPU-Modus gibt es noch eine Besonderheit: Die Abfrage „ $a^2 + b^2 < 4$ “ (s. **Iterations-Tiefe**) erfolgt nicht im Mantissen-Format (d.h. 53 oder 64 Bit), sondern so, daß der Zahlenwert von $a^2 + b^2$ in 32 Bit Gesamtbreite paßt („53/32“ s.o.). Auf manchen 32-Bit-Rechnern läuft MBEx dadurch schneller. Der CPU-Modus arbeitet aber immer mit voller Genauigkeit, und der x64 FPU-Modus auch. (Der Unterschied fällt selten auf, z.B. am Rand des äußeren, großen Kreises rund um das Ursprungs-„Apfelmännchen“.)

Umschaltsschwelle

Falls nahe einer Umschaltsschwelle das Bild zu pixeln anfängt, bleibt wohl nichts anderes übrig, als die Umschaltsschwelle mit **Prev** (Taste **F5** oder **5**) abzusenken und die höhere Rechenzeit der genaueren Arithmetik in Kauf zu nehmen. Die Quantisierungs-Artefakte im Übergangsbereich interessieren freilich nur wenig, wenn man sowieso tiefer in das Bild hinein zoomen möchte.

Iterations-Tiefe (oder „maximale Anzahl an Rechenschritten“)

Jeder Bildpunkt hat die eindeutigen Koordinaten X/Y, und ein Rechenschritt für diesen Bildpunkt lautet:

1. $a_{\text{neu}} = (2 \cdot a \cdot b) + X$ und $b_{\text{neu}} = (b^2 - a^2) + Y$ mit $a = 0$ und $b = 0$ als Anfangswert
2. Anschließend wird mit $a = a_{\text{neu}}$ und $b = b_{\text{neu}}$ obiger Rechenschritt erneut ausgeführt.
3. Dieser Vorgang wird wiederholt, solange $a^2 + b^2$ kleiner als 4 ist und die Anzahl an erfolgten Wiederholungen die Iterations-Tiefe nicht überschreitet.

Gemäß der Anzahl an Wiederholungen, die so stattgefunden haben, erfolgt die Farbauswahl für den Bildpunkt X/Y. Farbe Schwarz bedeutet, daß die Iterations-Tiefe erreicht wurde – wie z.B. im Inneren eines „Apfelmännchens“. Den Werten a und b selbst kommt keine weitere Bedeutung zu.

ANHANG - Parameter bei Programm-Aufruf

MBEx32.exe bzw. MBEx64.exe -2 -1 [1 .. 8] [33 .. 99] 100 Dateiname

-2	CPU-Modus, Rechengenauigkeit früher umschalten (d.h. hohe Genauigkeit)
-1	FPU-Modus, Rechengenauigkeit später umschalten (d.h. schneller Bildaufbau)
[1 .. 8]	Anzahl Threads (eigtl. nur für Testzwecke)
[33 .. 99]	Bildschirmgröße in Prozent (auch nur für Testzwecke)
100	Vollbild mit Task-Leiste (z.B. für Temperatur-Überwachung in der Task-Leiste)
Dateiname	Parameter-File laden (Pfad zum Ordner „Pictures“ und Extension .mbp optional, die File-Parameter haben Priorität vor den Eingabe-Parametern -2 bzw. -1)

MBEx sollte prinzipiell im Vollbild-Modus laufen, denn so ist es vom Design her vorgesehen. Wenn MBEx jedoch nicht im Vollbild-Modus betrieben wird, gibt es zwei Besonderheiten:

- Sobald das Programm den Fokus verliert, stoppt es jegliche Berechnung und minimiert sich selbst in die Task-Leiste.
- Das sog. „Maus-Tracking“ soll erkennen, wenn bei [Maustaste L + Maus bewegen](#) die linke Maustaste außerhalb des MBEx-Fensters losgelassen wird. Weil aber dieses Maus-Tracking auf einem Tablet-PC nicht immer zuverlässig funktioniert, – und zwar wegen der simulierten Touch-Screen-Maus –, kommt hier ein „Maus-Timer“ zum Einsatz. Bei gedrückter linker Maustaste und ruhender Maus simuliert der Timer nach kurzer Zeit, daß die Maustaste losgelassen wurde. Das klappt auf allen Windows-Rechnern einwandfrei, und dem Benutzer dürfte ein solches Verhalten kaum auffallen.

RegAdd

Die Datei-Endung .mbp kann MBEx zugeordnet werden. Nach einer solchen Registrierung lassen sich alle .mbp-Dateien über einen Doppelklick mit MBEx öffnen. Installation:

RegAdd32.bat bzw. RegAdd64.bat muß im selben Verzeichnis wie MBEx32.exe bzw. MBEx64.exe stehen. Manchmal reicht schon ein Doppelklick auf die .bat-Datei aus, um die Datei-Endung .mbp zu registrieren. Falls aber der Benutzerstatus und die Sicherheits-Einstellungen das nicht erlauben und die Meldung „Zugriff verweigert“ erscheint, funktioniert sicher:

- DOS-Fenster mit Administrator-Rechten öffnen, und zwar entweder über
 - a) [Explorer](#) > [C:\Windows\System32\cmd.exe \(Rechtsklick\)](#) > [Als Administrator ausführen](#)
 - b) oder [WINDOWS-Taste + R](#) > [cmd](#) eingeben > mit [Ctrl + Shift + Enter](#) bestätigen
- vom DOS-Fenster aus in das MBEx-Verzeichnis navigieren und [RegAdd32](#) bzw. [RegAdd64](#) aufrufen

NICHT sicher funktioniert:

- [Explorer](#) > [RegAdd32.bat](#) bzw. [RegAdd64.bat \(Rechtsklick\)](#) > [Als Administrator ausführen](#)
Bei einem solchen Aufruf setzen die meisten Windows-Versionen das falsche Home-Directory ein. Die schnellste Lösung wäre hier, die erste Zeile im Batch-File zu editieren und den ganzen Pfad selbst einzutragen (z.B.: [@set XXX=C:\MBEx\MBEx32.exe](#)). Dann kann man das Batch-File so aufrufen.

RegDel

Die durch RegAdd erstellte Zuordnung wird wieder komplett aus der Registry gelöscht. Wie zuvor sind dafür Administrator-Rechte notwendig.

Extension .mbp ändern

In den Files MBEx32.exe und MBEx64.exe taucht der String „mbp“ nur ein einziges Mal auf. Mit einem Hex-Editor läßt sich dieser String leicht suchen und ändern. Die jeweiligen Batch-Files zu RegAdd und RegDel müssen dann natürlich ebenso angepaßt werden, auch dort gibt es den String „mbp“ jeweils nur ein einziges Mal.