



Markavbildning med adaptiva SAR-algoritmer

Flygteknik 2010 18-19/10

**Patrik Dammert, Hans Hellsten, Anders Åhlander
(Saab EDS)**

Annelie Wyholt, Lars Ulander

(Inst. för Rymd- och Geovetenskap, Chalmers Tekniska Högskola)

Markavbildning med adaptiva SAR-algoritmer

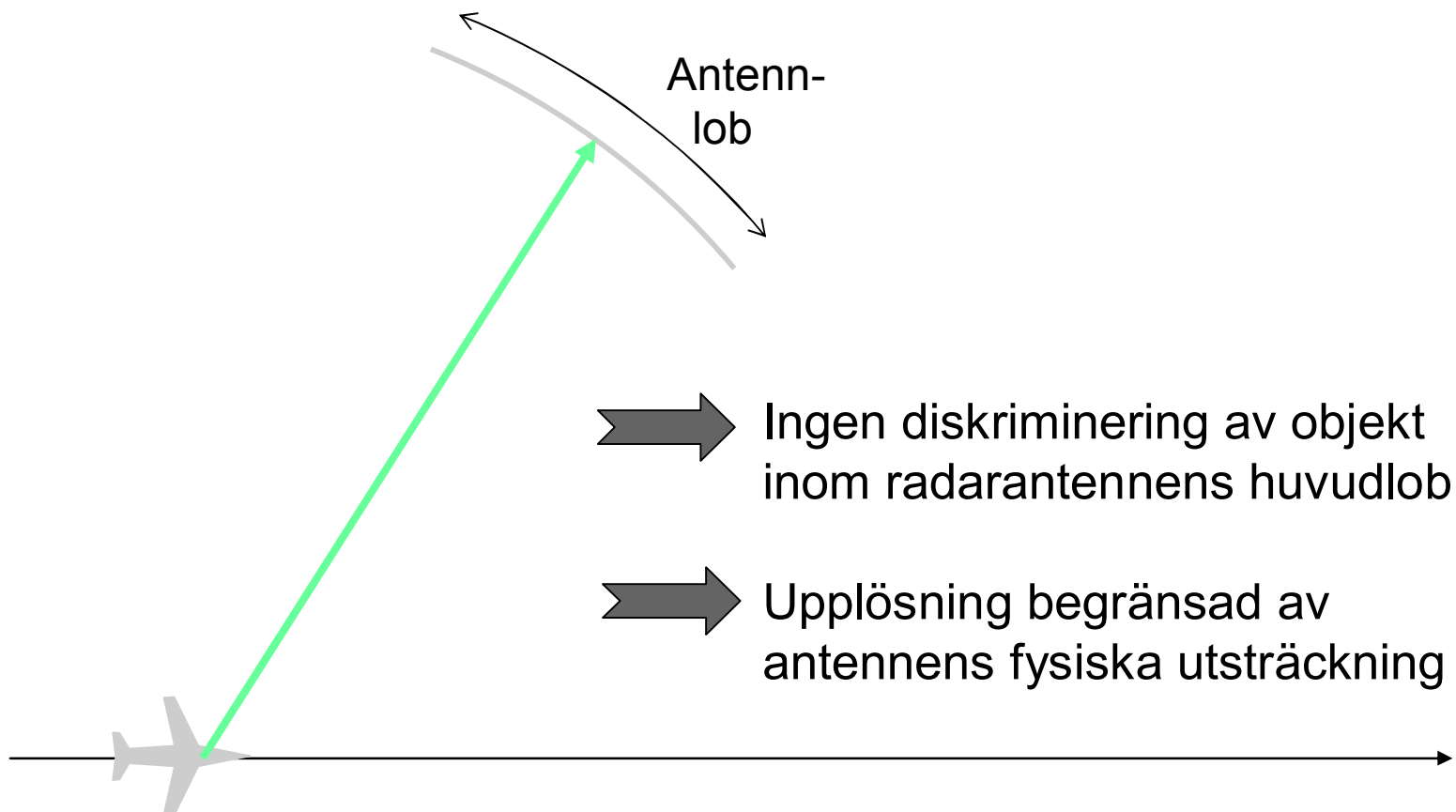
- ▶ Syntetisk Apertur Radar

- ▶ Inversionstransform och SAR fokuseringsalgoritmer

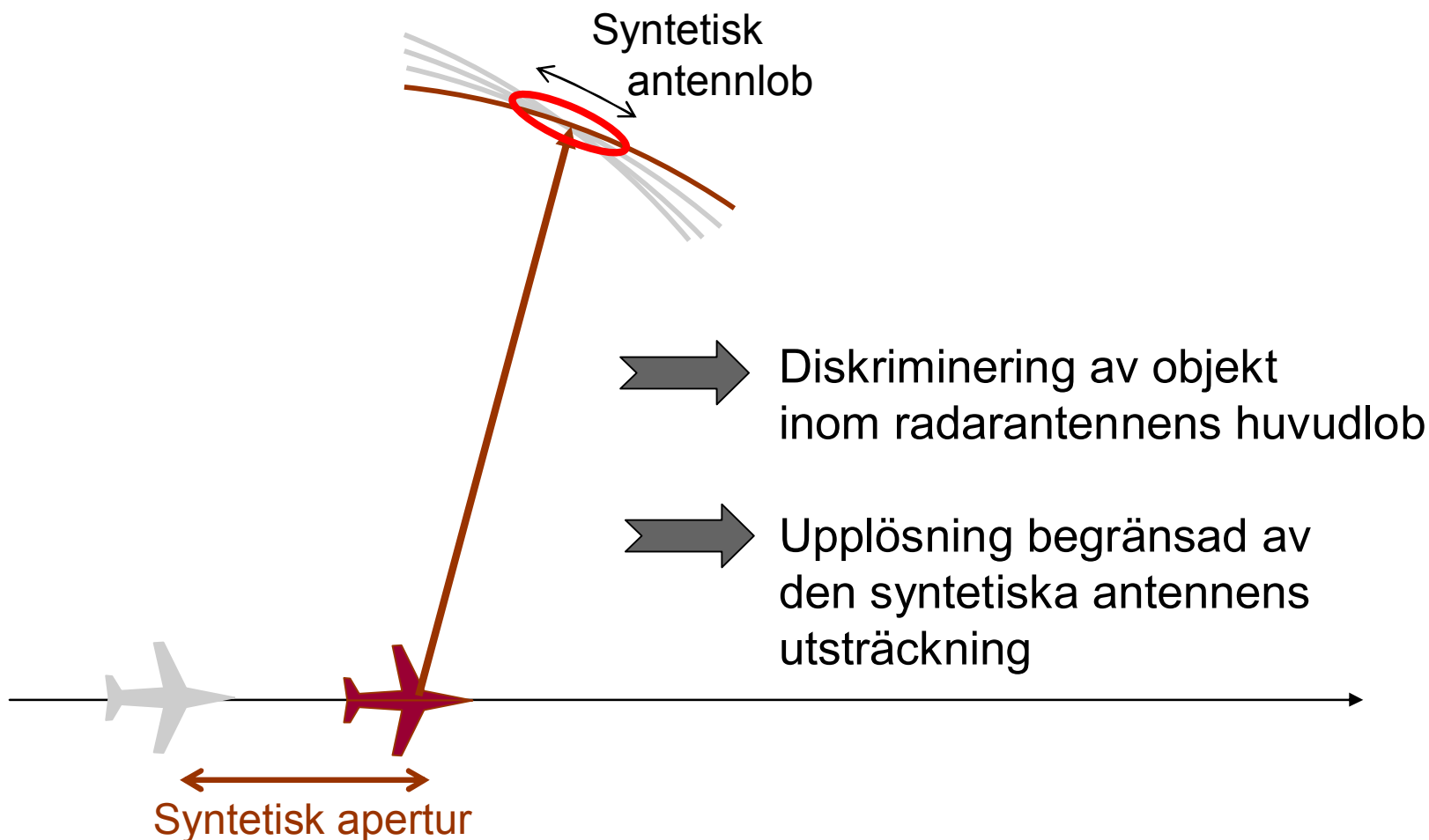
- ▶ Nya möjligheter
 - Högpresterande autofokus
 - Rörliga mål
 - Underjordskartering

- ▶ Sammanfattning

Avbildning med radar – *Real beam mapping*



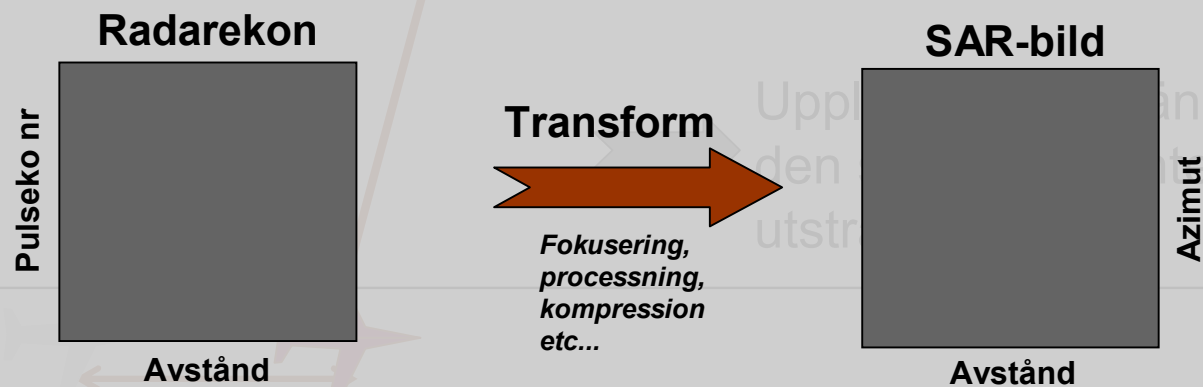
Avbildning med radar – *Syntetisk aperturradar (SAR)*



Avbildning med radar – *Syntetisk aperturradar (SAR)*

SAR-bilden innebär en transform av registrerade radarekon

En stor mängd fokuseringsalgoritmer existerar



Avbildning med radar – *Syntetisk aperturradar (SAR)*

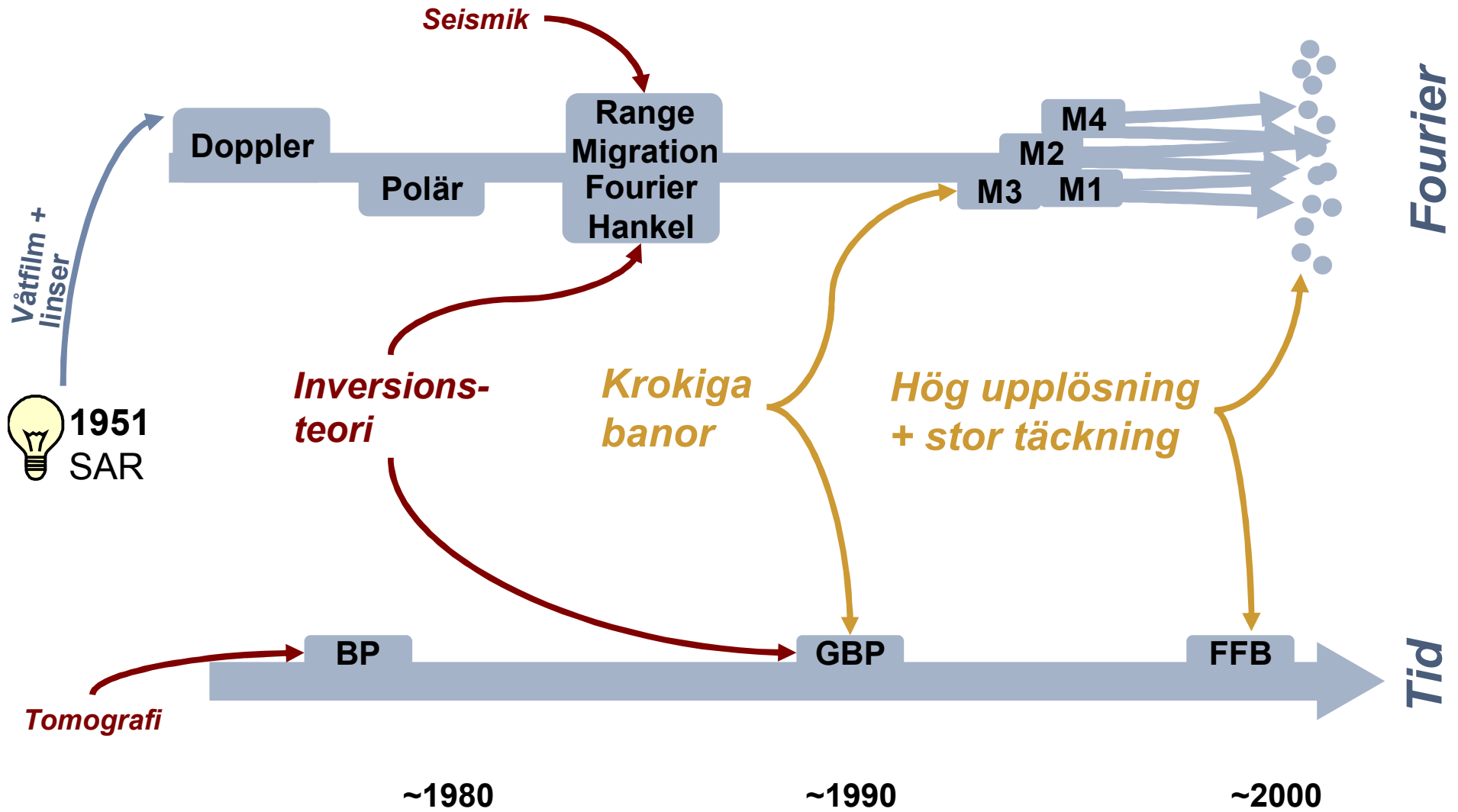
SAR-bilden innebär en transform av registrerade radarekon

En stor mängd
fokuseringsalgoritmer existerar

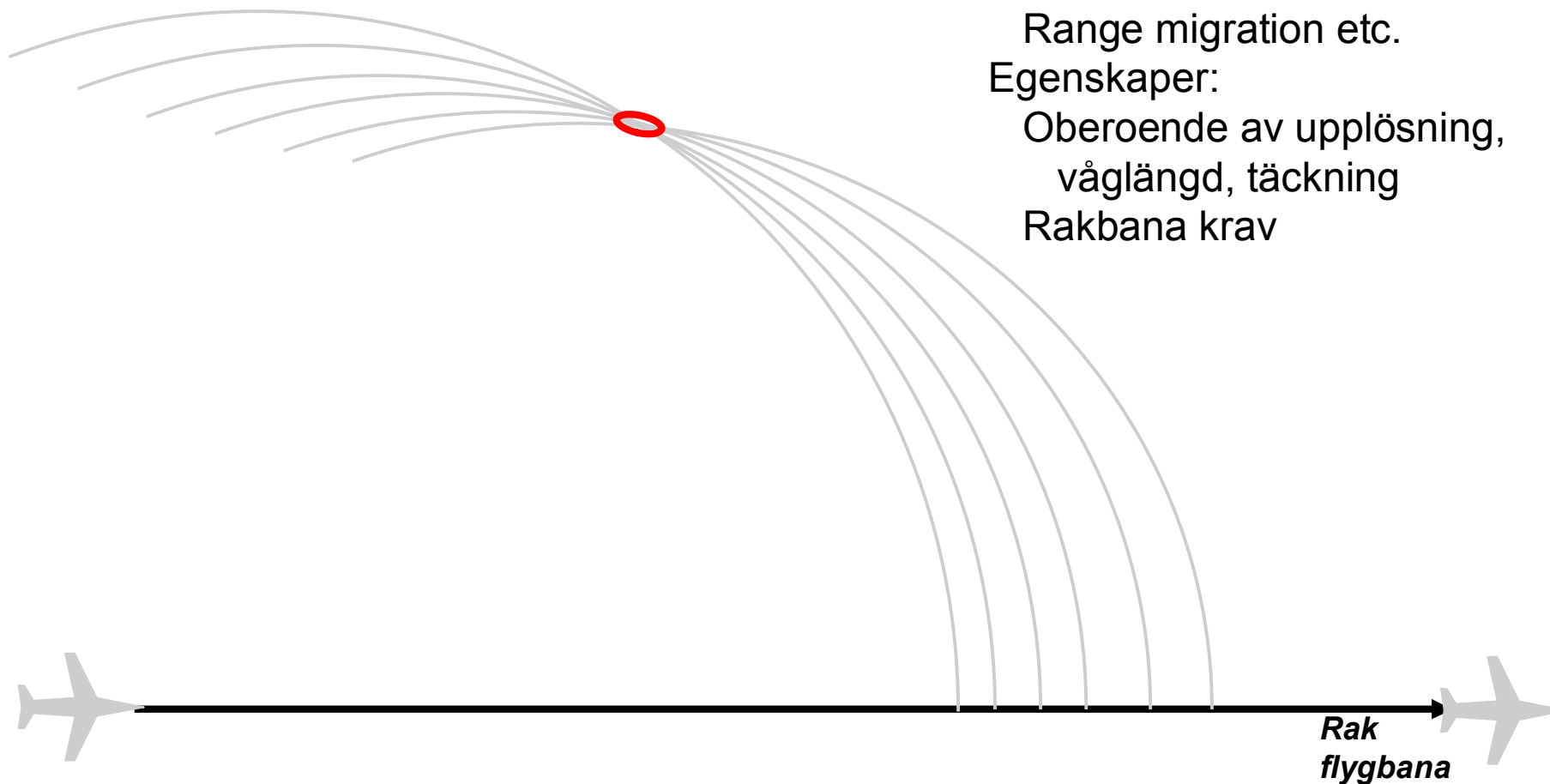
**Generella
algoritmkrav**

- 1. Avvikelse från rakbana inget hinder**
- 2. Beräkningseffektiva**
- 3. Kompakt beskrivning av
algoritmapproximationer**

SAR: Fokuseringsalgoritmer



SAR: Inversion vid ideal rakbana



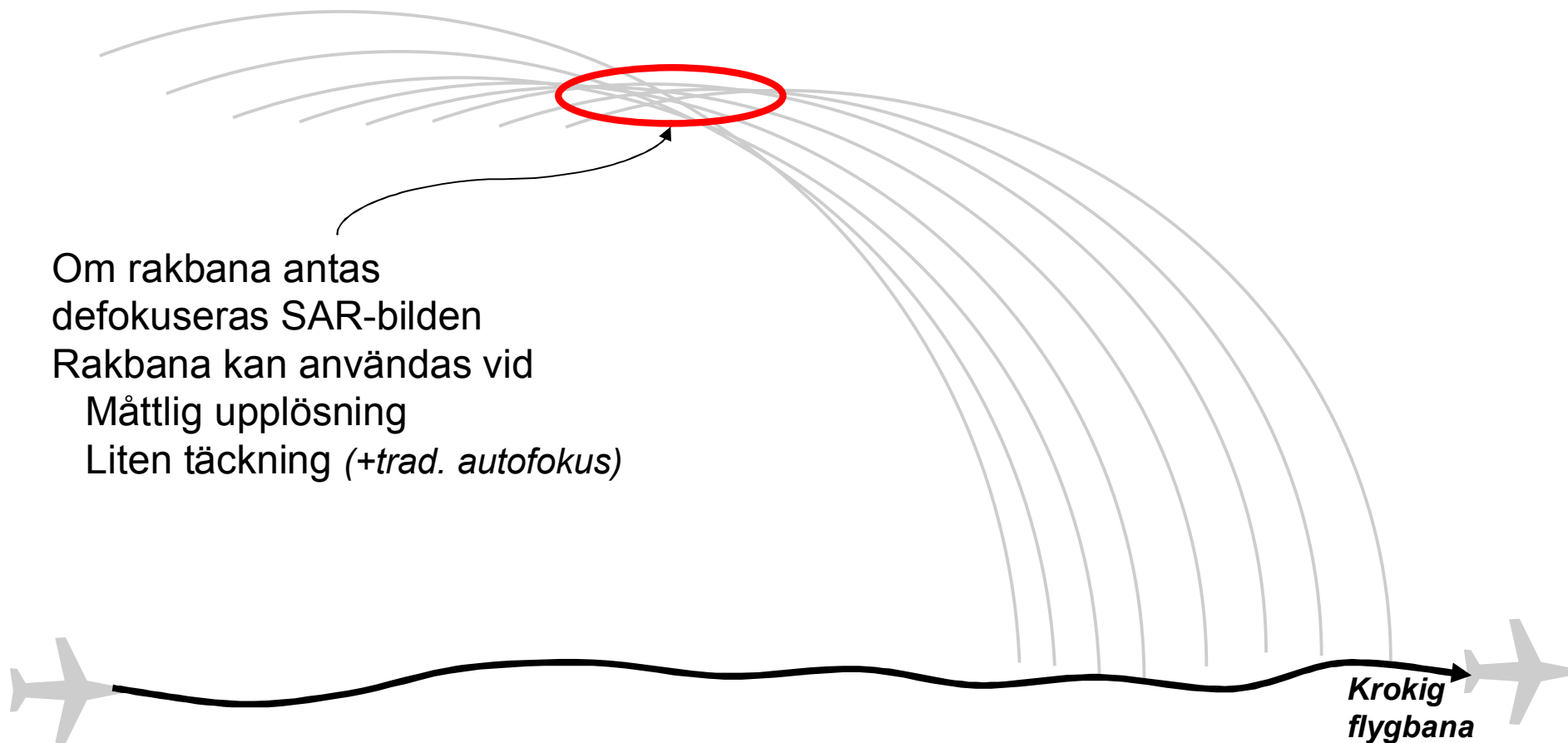
Algoritmer:

Fourier-Hankel,
Range migration etc.

Egenskaper:

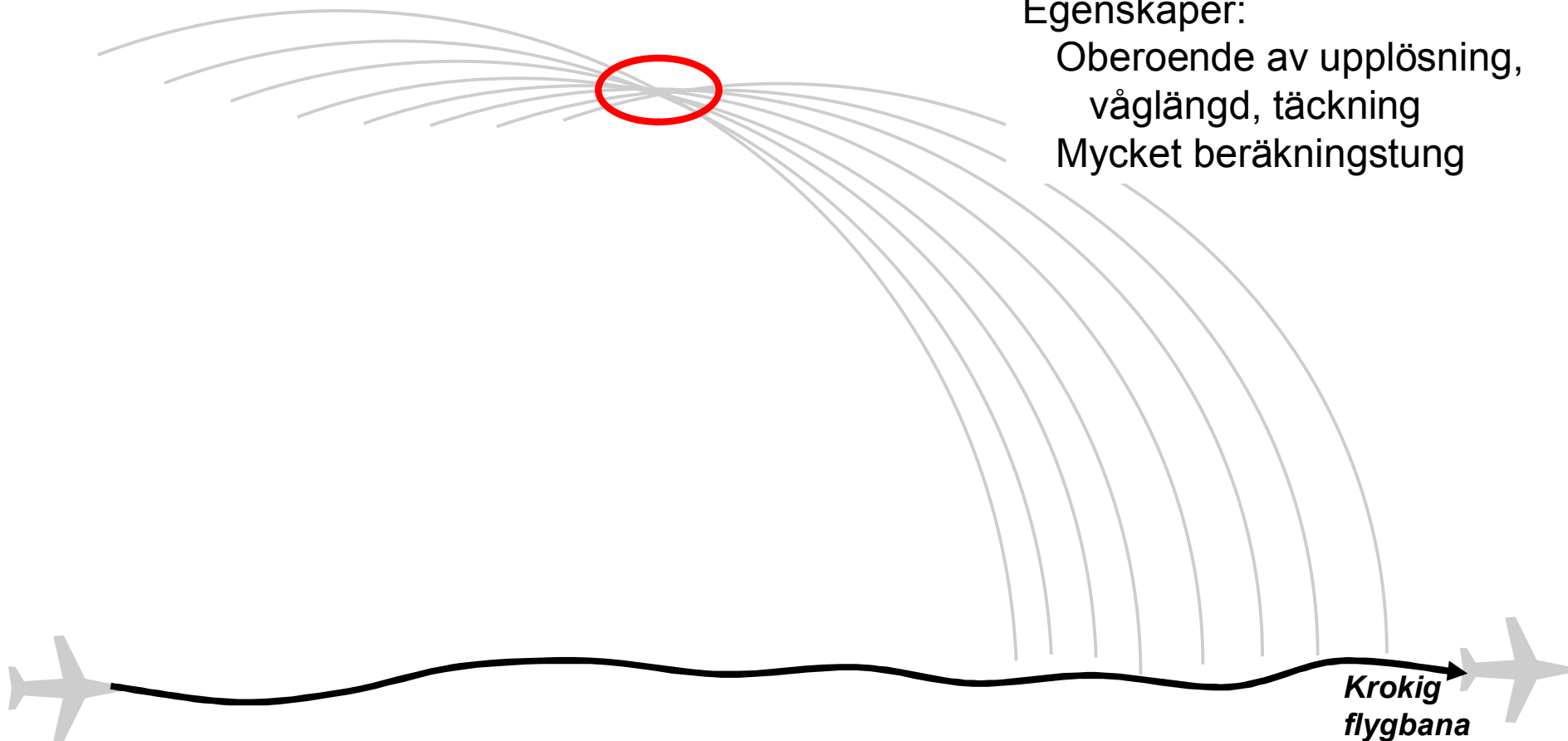
Oberoende av upplösning,
våglängd, täckning
Rakbana krav

SAR: Inversion vid krokig bana



SAR: Inversion vid krokig bana

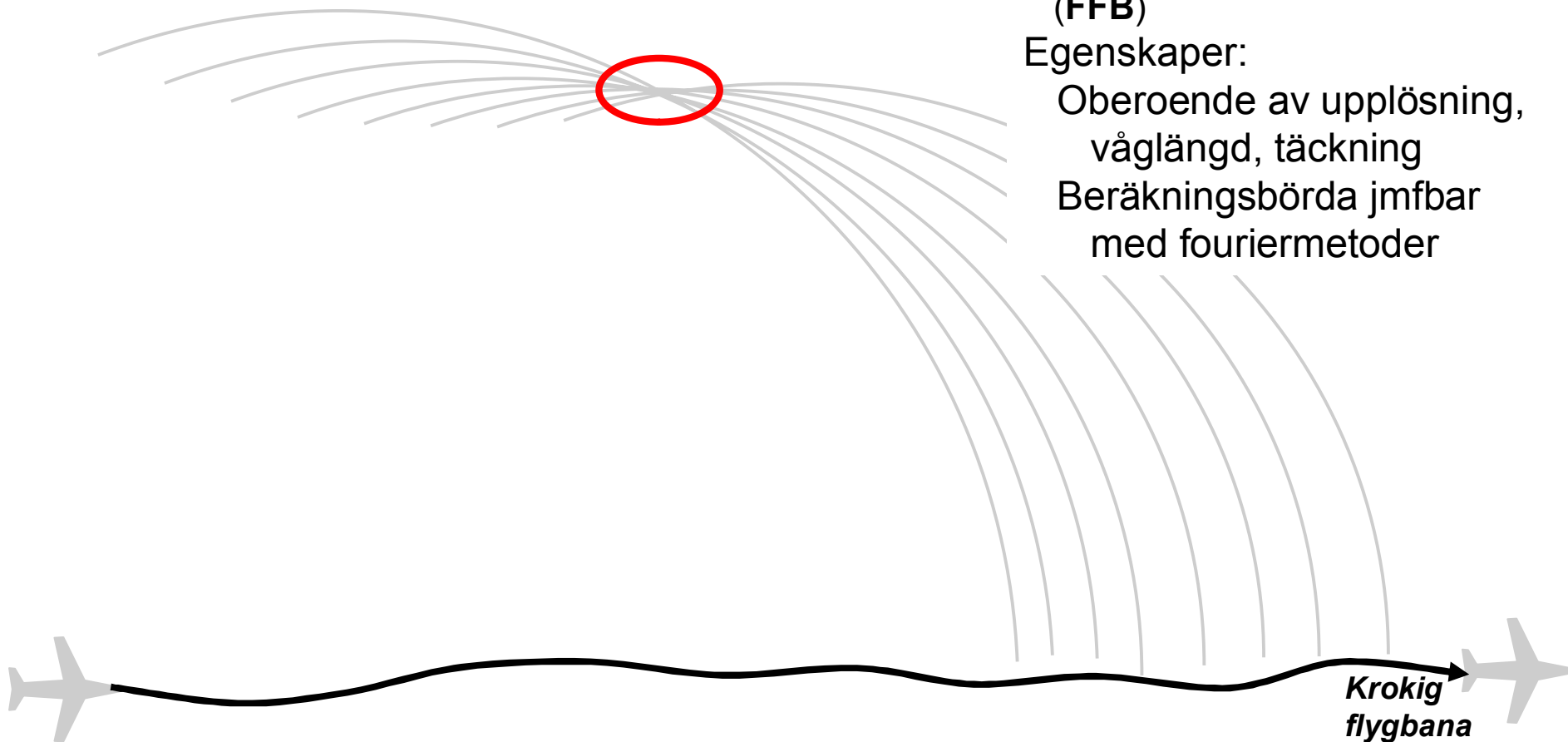
Algoritm:
Global bakåtprojektion (GBP)
Egenskaper:
Oberoende av upplösning,
våglängd, täckning
Mycket beräkningstung



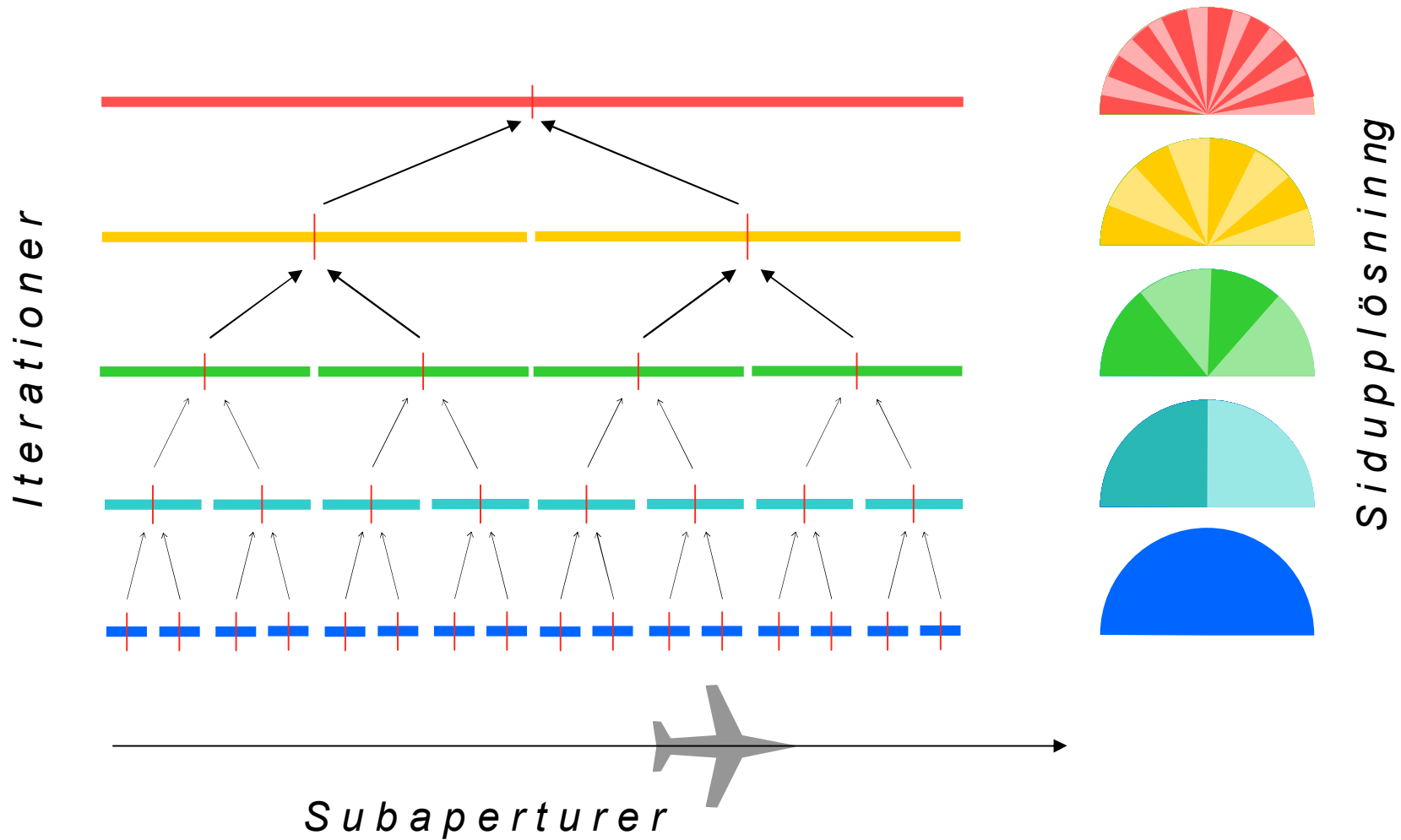
SAR: Inversion vid krokig bana

Algoritm:
Faktoreriserad bakåtprojektion
(FFB)

Egenskaper:
Oberoende av upplösning,
våglängd, täckning
Beräkningsbörda jmfbar
med fouriermetoder



Fast Factorized Backprojection - base 2 shown



FFB egenskaper

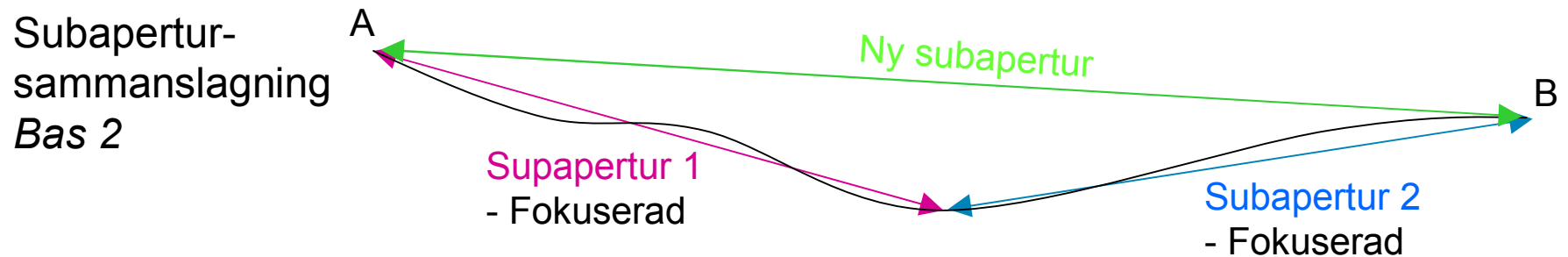
		<u>FFB</u>	
Generella SAR algoritmkrav	{	1. <i>Avvikelse från rakbana inget hinder</i>	✓ (Inherent)
		2. <i>Beräkningseffektiva</i>	✓ ($N^2 \log N$)
		3. <i>Kompakt beskrivning av algoritmapproximationer</i>	✓ (Grad av faktorisering)

+ Beräkningseffektiv implementering av

- 1. **Högpresterande autofokus**
- 2. **Avbildning och detektion
av rörliga mål**
- 3. **Avbildning och kartering
av objekt under markytan**

FFB: Högpresterande autofokus

Grundläggande ide: Rekonstruera flygbanan
(trad. algoritmer skattar residualer från bild)



➔ Vid sammanslagning variera banparametrar (**4** : 2 primära, 2 sekundära) som påverkar fokuseringen

➔ Faktoriseringen reducerar kraftigt beräkningskomplexitet hos autofokus **!**

FFB: Högpresterande autofokus – *Resultat*

GPS-data - vanlig FFB



Felaktiga GPS-data + FFB autofokus

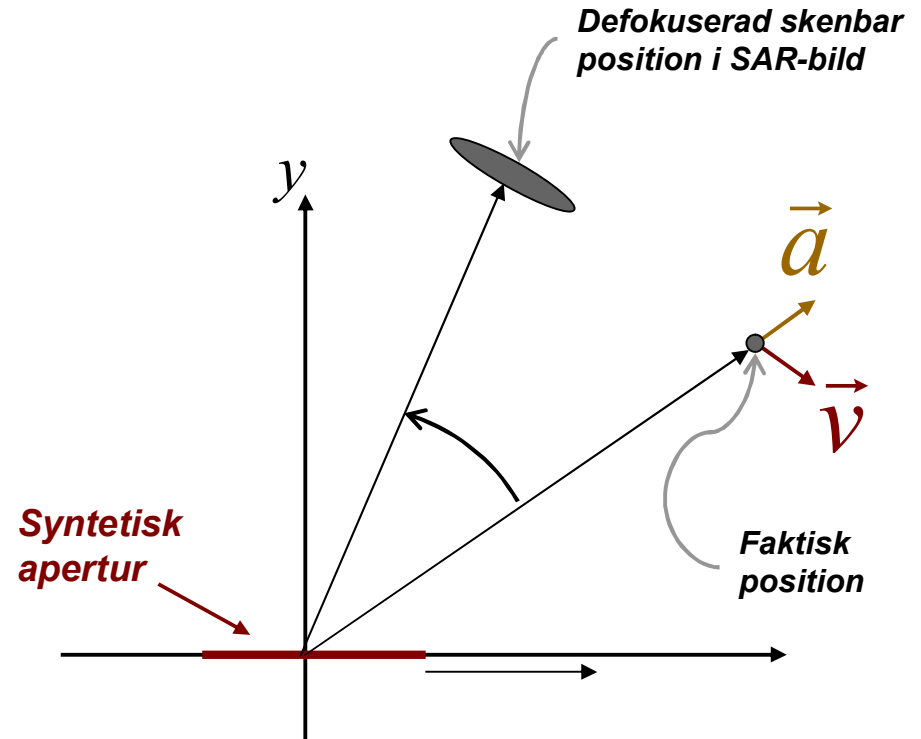


SAR-data från Carabas-II

FFB: Rörliga mål

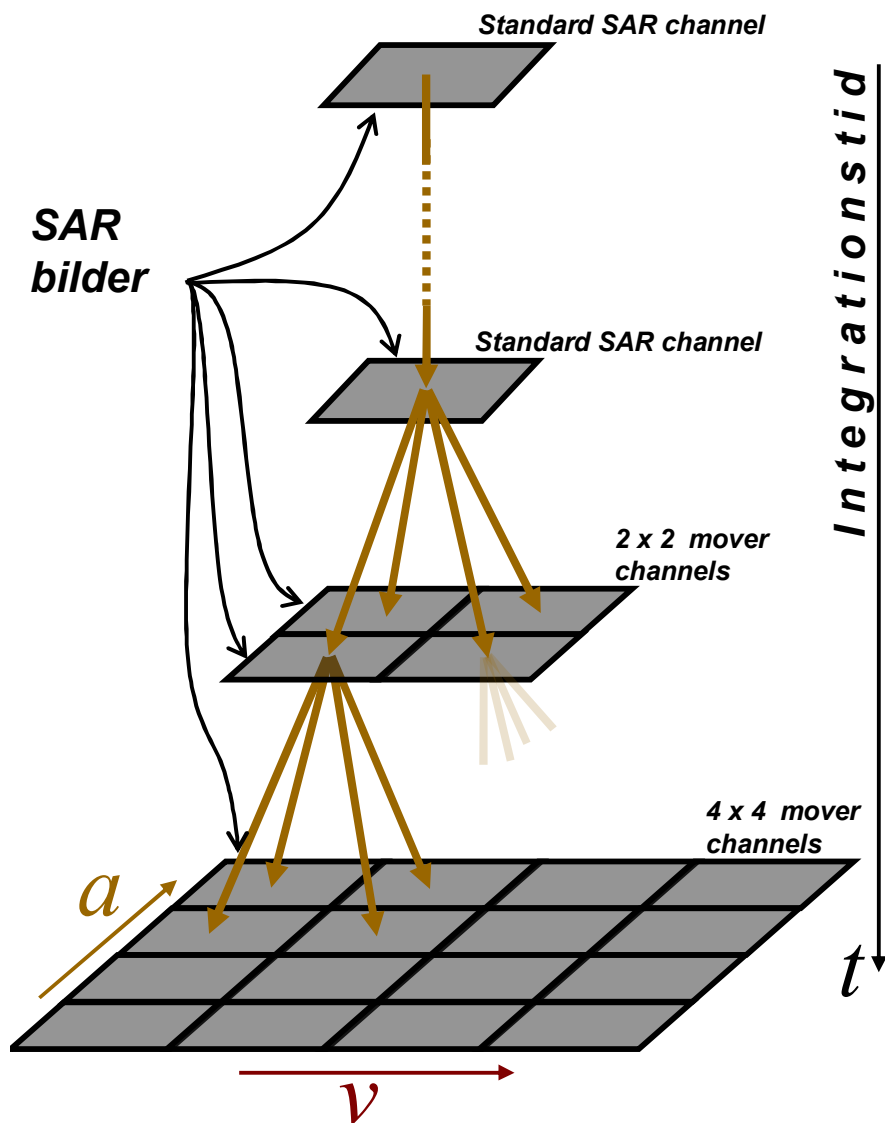
Korrekt position och fokus i SAR-bild förutsätter stationära objekt

➔ Rörliga mål felplaceras och defokuseras



➔ FFB: Introducera kanaler för olika rörelsehypoteser i sådan takt att fokusering behålls för ökande subaperturlängder

FFB: Rörliga mål – Exempel



Bearbetningstid

FFB iter. nr.	Integr. tid [s]	Hast. tolerans [m/s]	Acc. tolerans [m/s ²]	Hast. kan. #	Acc. kan. #	Total kan. #
1-7	≤ 0.125	≥ 190	≥ 1.9	1	1	1
8	0.25	48	0.48	1	1	1
9	0.5	12	0.12	4	4	16
10	1	3	0.03	16	16	256
Summa processade kanaler				28	28	280

Beräkningsbörda är 28 ggr större jmf med (1-kanals) normal SAR för 256 kanaler.

FFB: Rörliga mål – Resultat

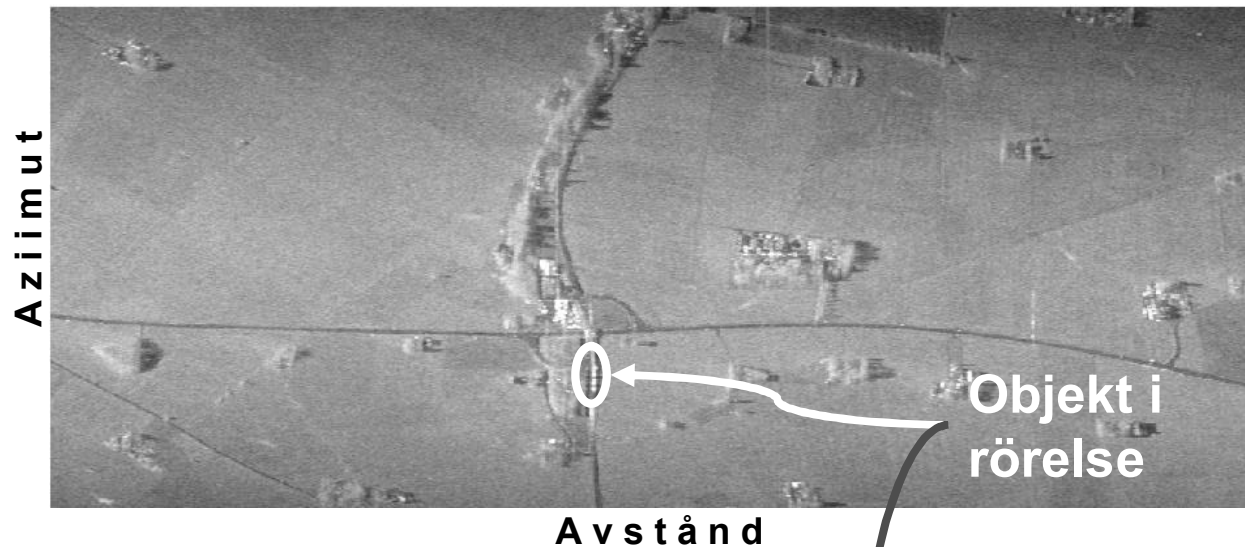
Saab EDS SAR/GMTI X-band Experiment System

3 m avst uppl. (20 / 3 / .8 m)

0.5 s integrationstid

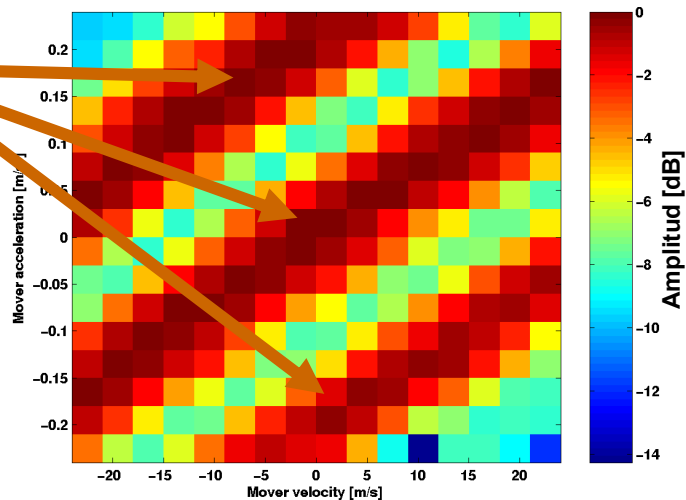
15 km avstånd (10-100 km)

80 m/s plattformsfart

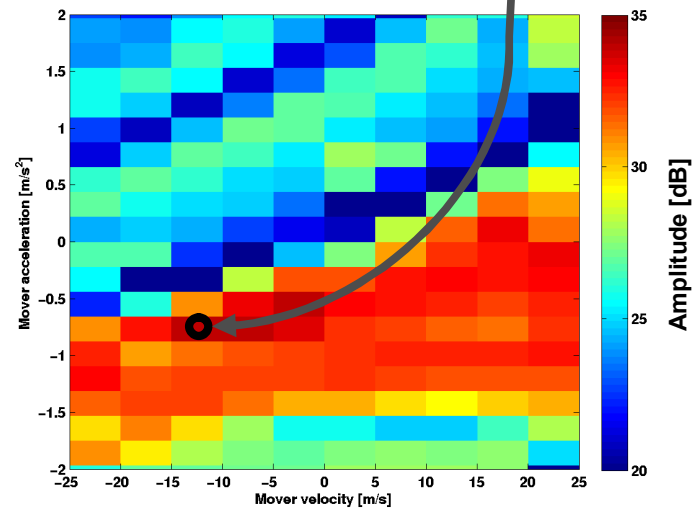


Simulering

Rörliga objekt



SAR data



FFB: Rörliga mål – Resultat

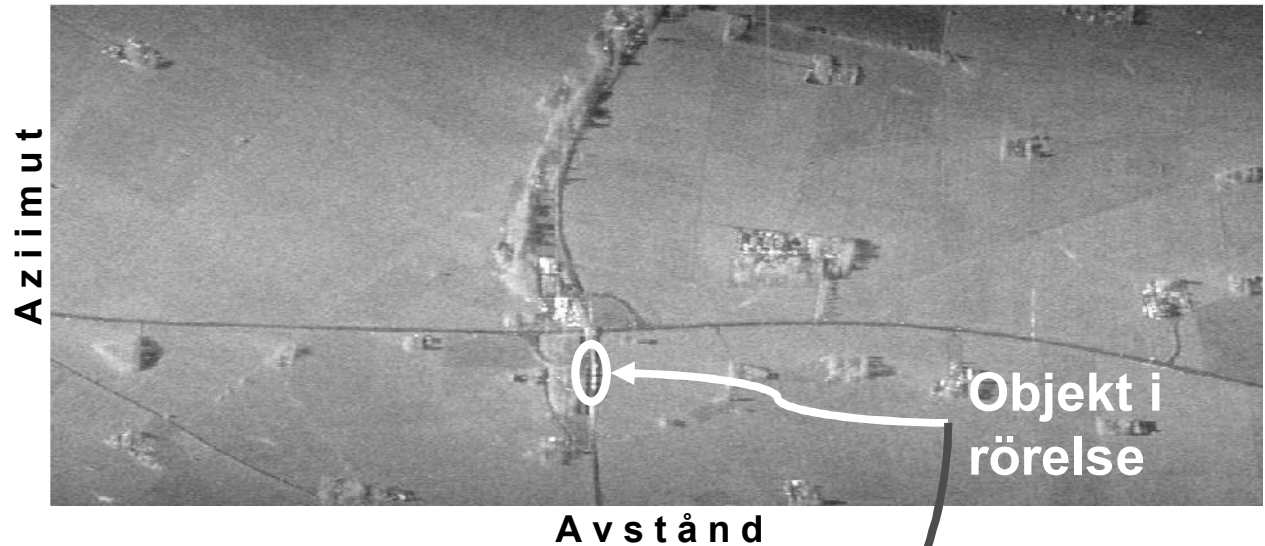
Saab EDS SAR/GMTI X-band Experiment System

3 m avst uppl. (20 / 3 / .8 m)

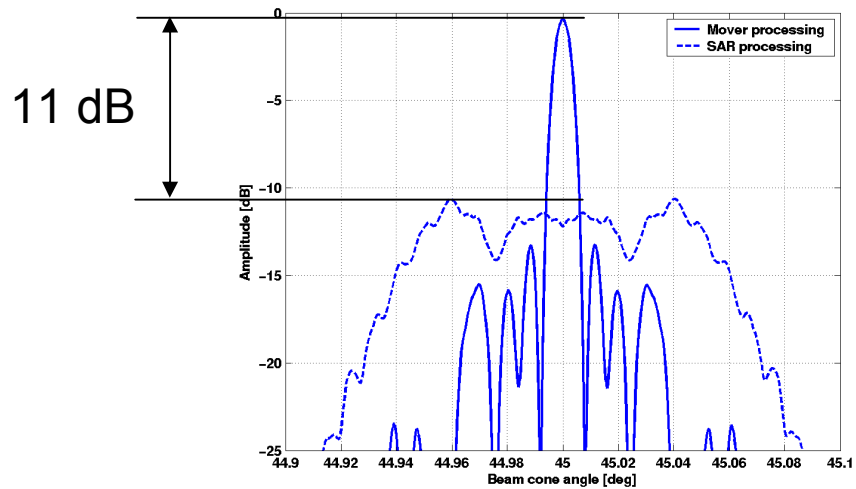
0.5 s integrationstid

15 km avstånd (10-100 km)

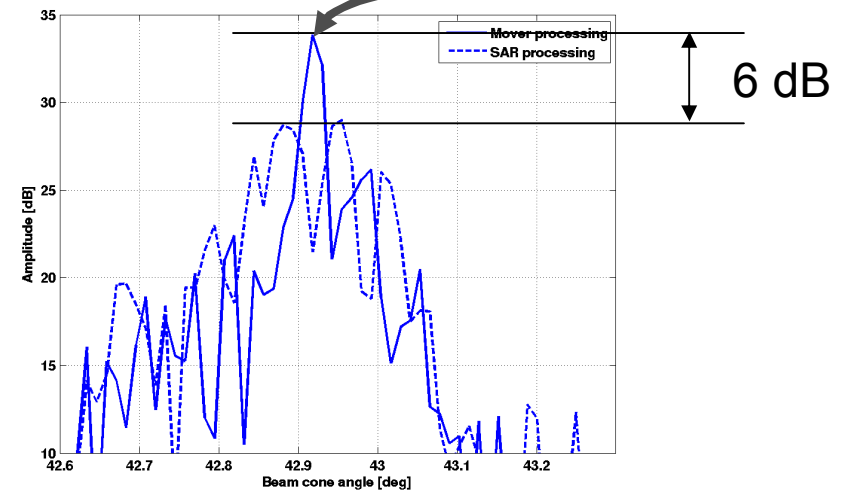
80 m/s plattformsfart



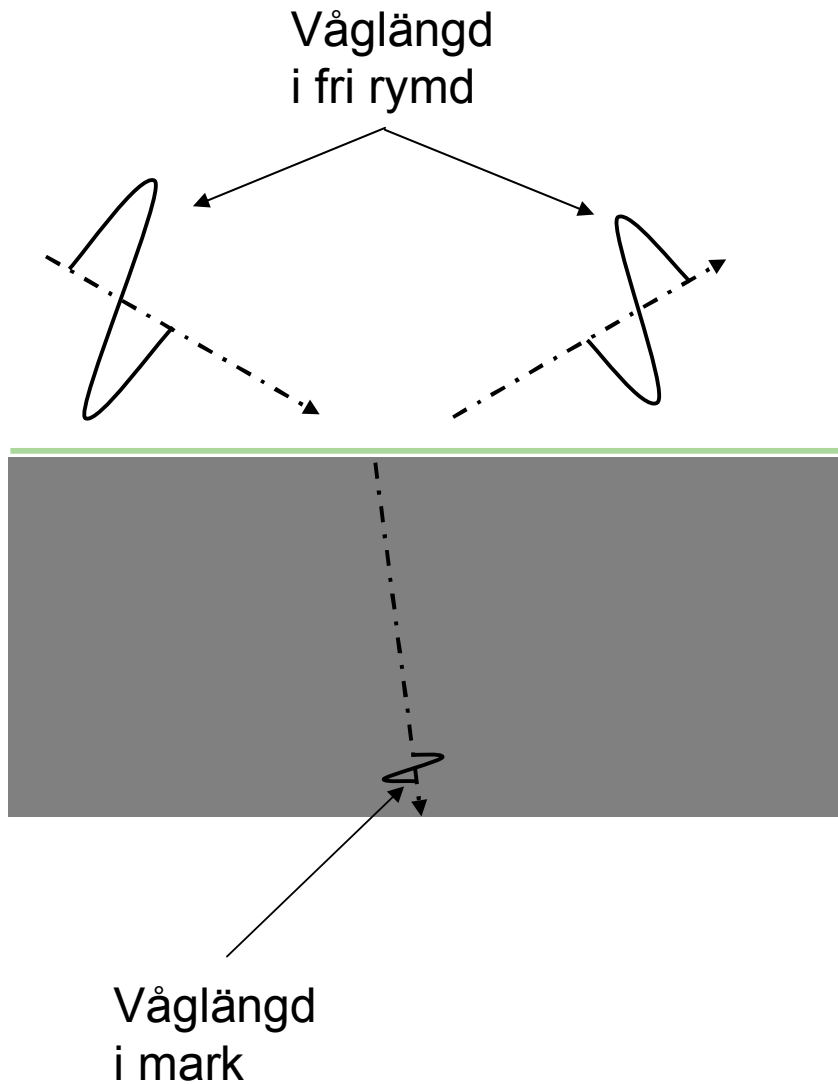
Simulering



SAR data

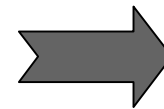


FFB: Objekt under markytan



Struktur mindre än våglängd påverkar inte spridningen
(ytan optisk jämn, skrovlighet $< \lambda/8$)

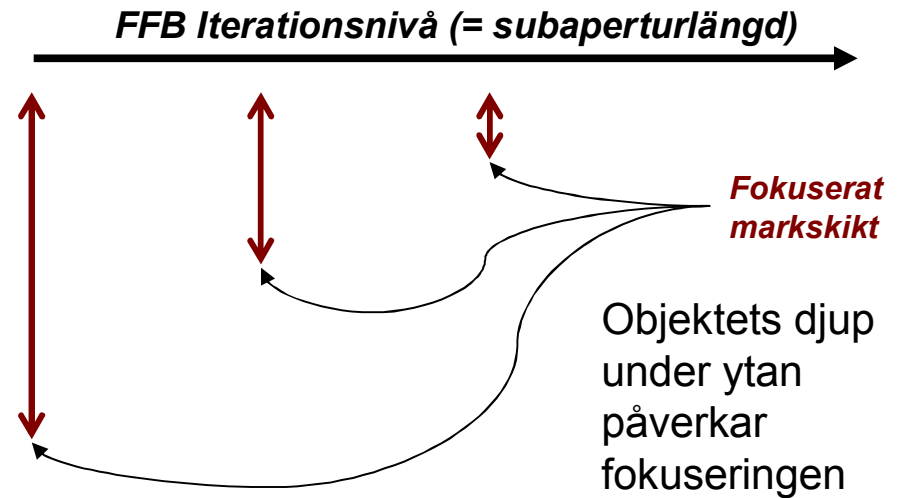
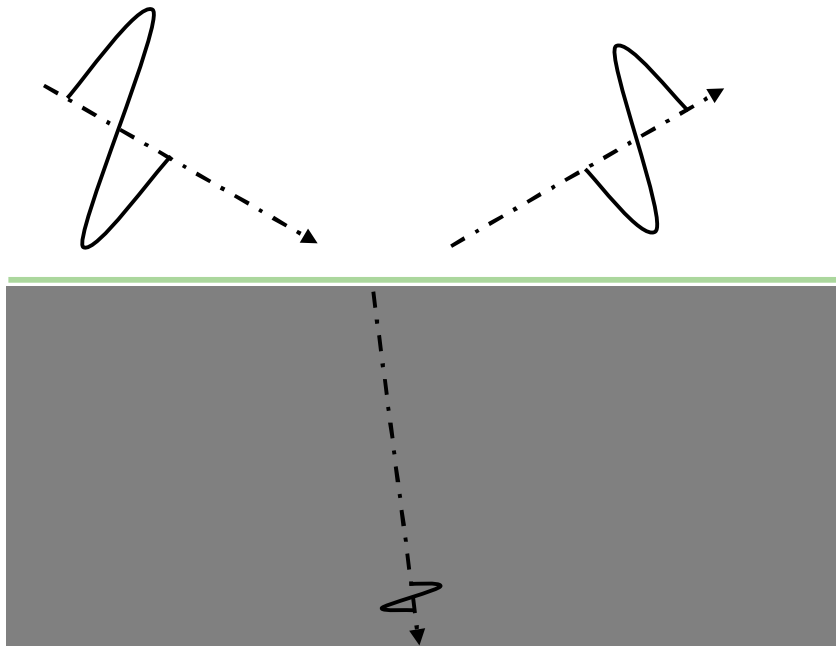
Vid Brewstervinkeln bryts hela vågen ner i marken



Den förändrade vågutbredningen i marken defokuserar objekt under markytan

FFB: Objekt under markytan

Graden av defokusering beror på aktuell SAR upplösning (*subaperturlängd*) samt objektets djup under markytan



FFB: Introducera kanaler (markskikt) i sådan takt att fokuseringen behålls för ökande subaperturlängder

Sammanfattning

- ▶ Faktoriserad bakåtprojektion – FFB – en god grund för beräkningseffektiva algoritmer vid markavbildning
- ▶ Högpresterande autofokus
 - Oberoende av dyra (och exportkontrollerade) TN/NAV-system
- ▶ Rörliga mål
 - Förbättrad känslighet för rörliga mål
- ▶ Objekt under markytan
 - Avbildning och detektion
- ▶ Ett nära samarbete med Chalmers Tekniska Högskola och FOI
(samt med Högskolan i Halmstad och Linköpings Universitet)



SAAB

SAABGROUP.COM