







Guide:

# Smart Home

Sådan laves energistyring med solceller og batterier



# Indhold

Kom godt i gang med energistyring	3
 Hvordan bliver el afregnet?	4
 Hvordan spiller solceller sammen med elnettet?	7
 Hvilke batterisystemer findes der – og hvordan virker de?	9
 Hvordan spiller ladebokse til elbiler sammen med solceller?	12
 Varmeproduktion – de store forbrugere af el	13
 Intelligente løsninger i hjemmet	14
Tre trin til at opbygge en overstyringsstrategi	15
Det skal du overveje i din overstyringsstrategi	17
Opsummering: Simple råd til konkrete løsninger	18
Sådan kan det se ud – eksempler på beregninger	19
Ordlister	22

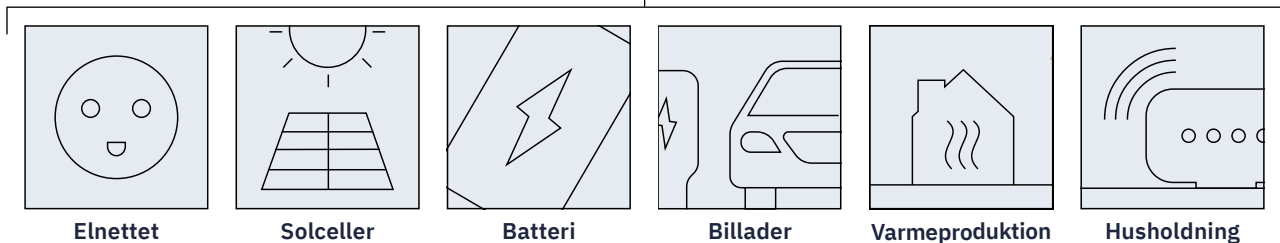
# Kom godt i gang med energistyring

Der er mange parametre, der spiller ind i forhold til at udnytte elforbrug optimalt – både i forhold til produktion, lagring og styring. Denne guide beskriver, hvordan man kan gribe omlægning af elforbrug an, eksempelvis ved at koordinere med elproduktion fra eget solcelleanlæg eller omlægge forbrug fra dyre til billige tidspunkter på elnettet.

En omlægning af elforbruget vil typisk omfatte en investering i et energilager - ofte et batteri - samt elektronik, der kan ind- og udkoble diverse elforbrugende apparater på en hensigtsmæssig måde. Der er ikke tale om direkte energibesparelser, men derimod et mere struktureret forbrug af energi, som kan lede til økonomiske besparelser i den enkelte husholdning. Økonomiske forbedringer medfører også ofte en lavere CO2 belastning, da det typisk er den billige strøm, der har lavest CO2 udledning. Styring af effekt-forbruget kan desuden gavne det samlede elsystem. Der er altså en række fordele ved en effektiv energistyring.

Guiden henvender sig til tømrere og VVS'ere med erfaring på området, men kan også være gavnlig for boligejere, der har brug for et udgangspunkt for at definere krav til håndværkere. I det følgende gennemgås først nedenstående seks kategorier indenfor styring, lagring og samspillet mellem disse. Derefter beskrives tre trin til at opbygge en overstyringsstrategi. Guiden afsluttes med at opridse de vigtigste overvejelser og en række konkrete eksempler på beregninger.

## Overstyring



# Hvordan bliver el afregnet?

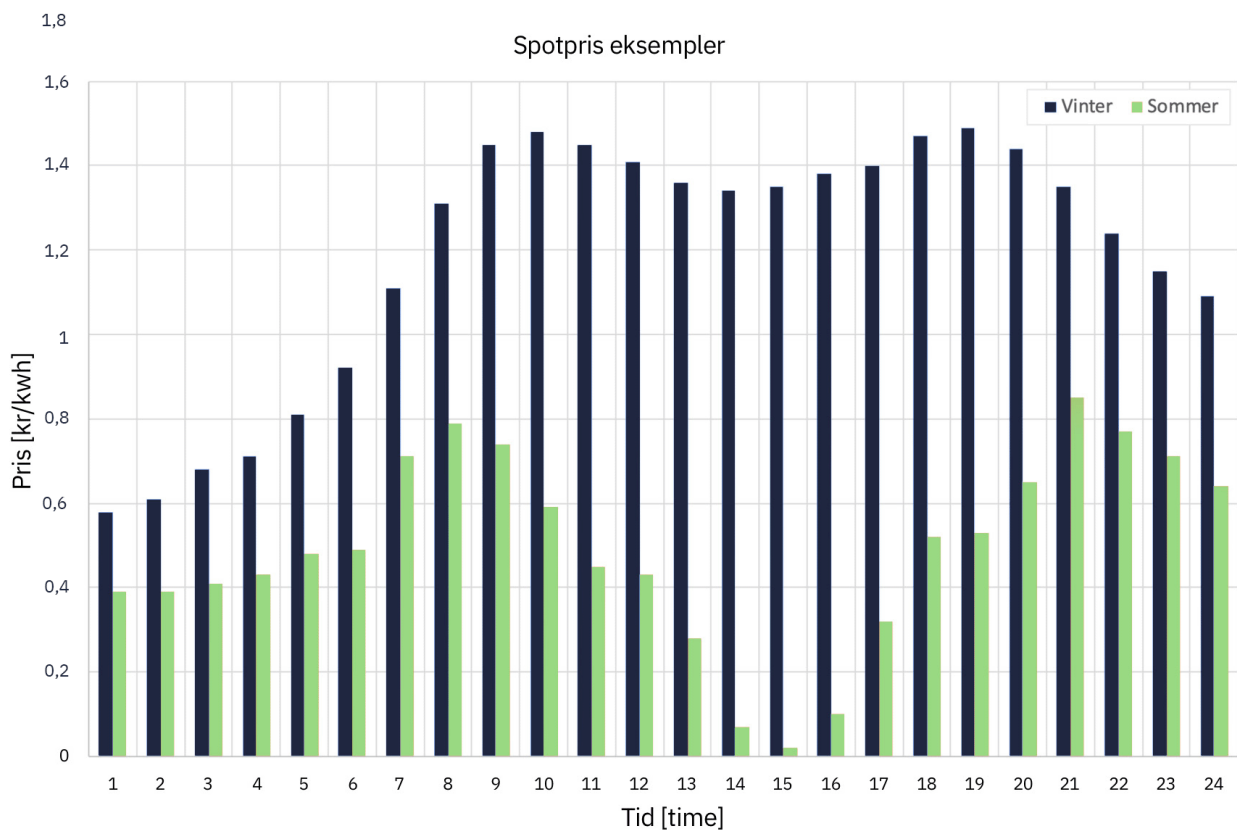
- Spotpris
- Nettarif
- Afgifter
- Systemydelse
- Tillæg til spotpris og/eller abonnement  
omkostninger til selskabet, der sælger strømmen til slutbrugeren

## Yderligere information

Der kan henvises til denne side hos [Green Power Denmark](#) for mere information om, hvad elprisen består af. Læs desuden om ændringer i tarifdesign på denne side: [Energinet.dk](#)

## Spotpris

Strømmen, der købes fra elnettet, bliver dagligt handlet klokken 13:00 for det næste døgn. Derfor kender vi med sikkerhed spotprisen på en kilowatttime (kWh) strøm de næste 12-36 timer. Spotprisen dækker over det, som producenterne af strøm reelt bliver afregnet for hver kWh.



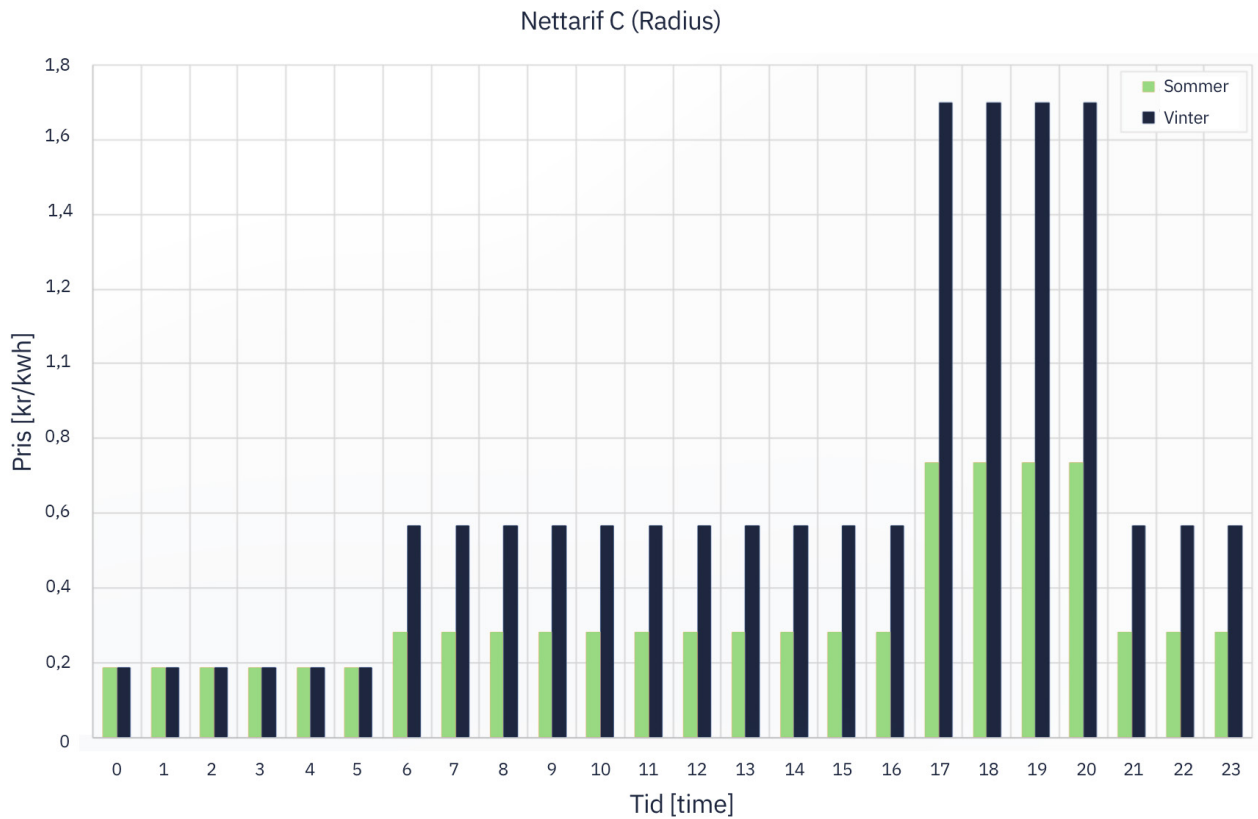
Figur 1 - Spotpris eksempler som viser, at det kan være billigt midt på dagen (**typisk sommer**) eller om natten (**typisk vinter**).

### Tillæg til spotpris og/eller abonnement

Denne post fremgår delvist af elafregningen, idet elsel-skabet, som sælger strømmen til slutbrugeren, lægger et mindre tillæg til spotprisen, som de tjener penge på sammen med et evt. abonnement. Typisk er det et fast beløb per kWh, og dette tillæg påvirkes ikke af tidspunktet på dagen, strømmen bruges.

### Nettarrifer

Omkostninger til at holde elnettet kørende i form af vedligehold, transporttab og udbygning skal dækkes ind af nettarriffen. Der bliver differentieret imellem lavlast, højlast og spidslast perioder for elnettet. Det er billigst i lavlastperioden, dyrere i højlast og dyrest i spidslast. Yderligere differentieres der mellem, om det er i vinterperiode (oktober - marts) eller den billigere sommerperiode (april - september).



Figur 2 - Nettarrifferne visualiseret for en hel dag, både vinter og sommersituationen.

### Elafgift

Elafgiften går til staten, og den varierer efter kundetype.

Læs evt. mere på ens.dk. Det er et fast beløb per kWh

- elafgiften påvirkes altså ikke af tidspunktet på dagen.

## CO2-regnskab

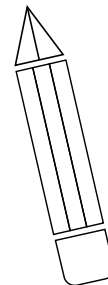
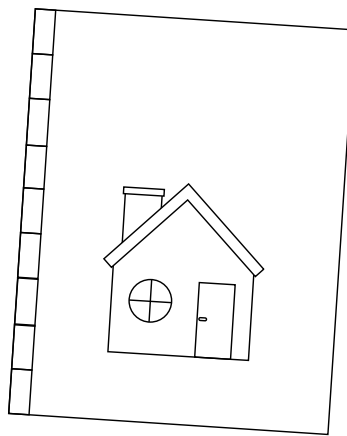
CO2 belastningen fra produktion af el svinger fra time til time, alt efter hvordan det aktuelle miks af energikilder ser ud. Man kan se den aktuelle udledning på energinet.dk. Generelt er der størst udledning, når spotprisen er høj, fordi der da bliver fyret med fossil energi på reservekraftværker.

## Systemydelse

Systemydelse dækker over de transmissionsudgifter, som er nødvendige for at elsystemet altid er i balance. Dette gøres ved at indkøbe tekniske ydelser (fx afbrydelighed eller reservekraft), som kan afhjælpe dette. Det er Energinet som har ansvaret for dette, og der kan læses mere om det på energinet.dk. Systemydelse påvirkes ikke af tidspunktet på dagen og der er altså fast beløb per kWh.

I det følgende er vist et eksempel på de omkostninger, som gør sig gældende for en elforbruger: spotpris, nettariffer, elafgift og systemydelse i maj måned i Østdanmark (DK2):

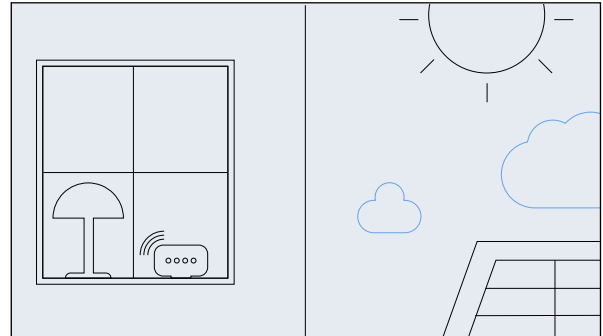
Postering	Aktør	Pris inkl. moms
Spotpris DK2 kl 10	Producent	1,17 kr./kWh
Tillæg til spotpris	El leverandør	0,06 kr./kWh
Elafgift	Staten	0,87 kr./kWh
Systemydelse	Energinet	0,14 kr./kWh
Nettarif C	Lokale netselskab	0,28 kr./kWh
I alt		2,52 kr./kWh



# Hvordan spiller solceller sammen med elnettet?

Privatøkonomisk skal man generelt sigte efter, at bruge så meget af sin egenproducerede solcellestøm som muligt. Ikke ved at skrue op for sit forbrug, men ved at flytte det til de timer, hvor solcellerne producerer.

I Videncenter for Energibesparelser i Bygningers [energiløsning om solceller](#) kan man læse meget mere om dette; men i det følgende omtales de emner, som specielt gør sig gældende ved styring og lagring.



## Afregning

Nugældende regler (øjeblikksafregning) siger, at solcellestømmen skal bruges i øjeblikket den produceres, ellers bliver den solgt.

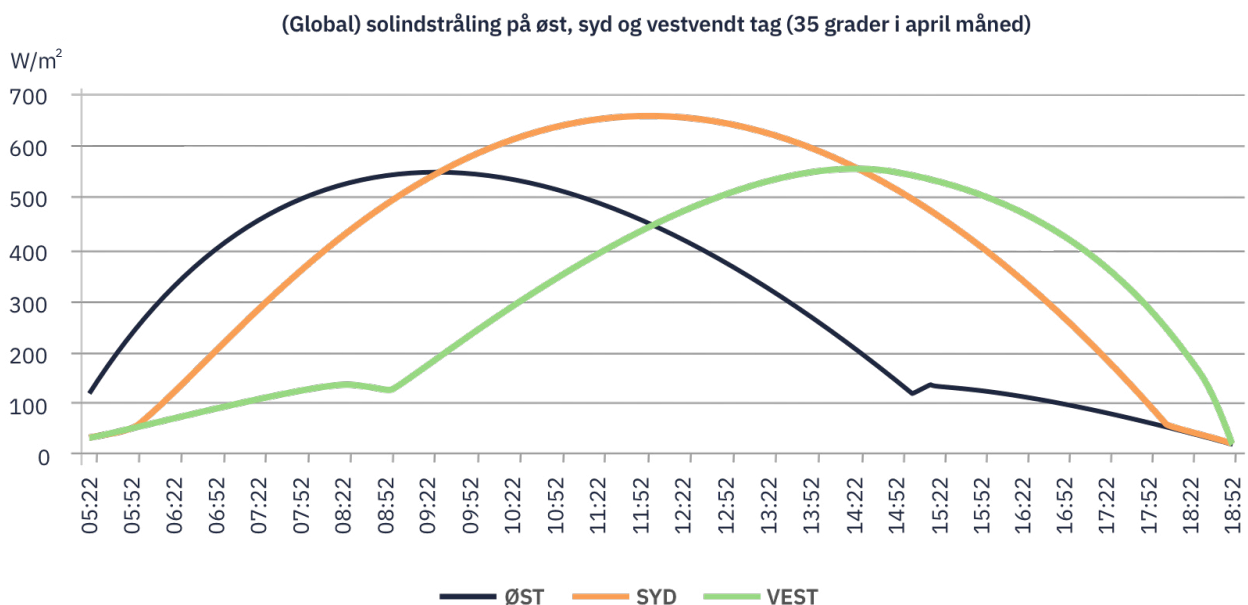
### Yderligere information

Ved ældre solcelleanlæg er det vigtigt at undersøge, hvilken afregningsgruppe man hører under, da der har været grupper, hvor man blev afregnet på timebasis, men da der er lagt op til at det afskaffes helt i 2032, gennemgås denne afregningsform ikke nærmere i denne guide.

## Orientering

Anlæggets placering har betydning for hvornår på dagen, der produceres fra solcellerne. Ved en direkte sydlig orientering produceres der mest fra solcellerne. Det er dog værd at overveje, at da den typiske familie ofte ikke er hjemme midt på dagen, hvor produktionen er højest, kan det være en fordel at placere panelerne både på en øst- og vest-flade, da man derved får jævnet sin produktion mere ud over dagen.

Herunder ses et eksempel med sammenligning ved øst-, syd- og vest-orientering af en solcelle-flade. Ved kombination af øst og vest, kan der yderligere justeres på forholdet: Eksempelvis om det skal være 50/50 eller 40/60 alt efter forbrugsmønstret.



Figur 3 - Sammenligning af (global) solindstråling på øst, syd og vest.



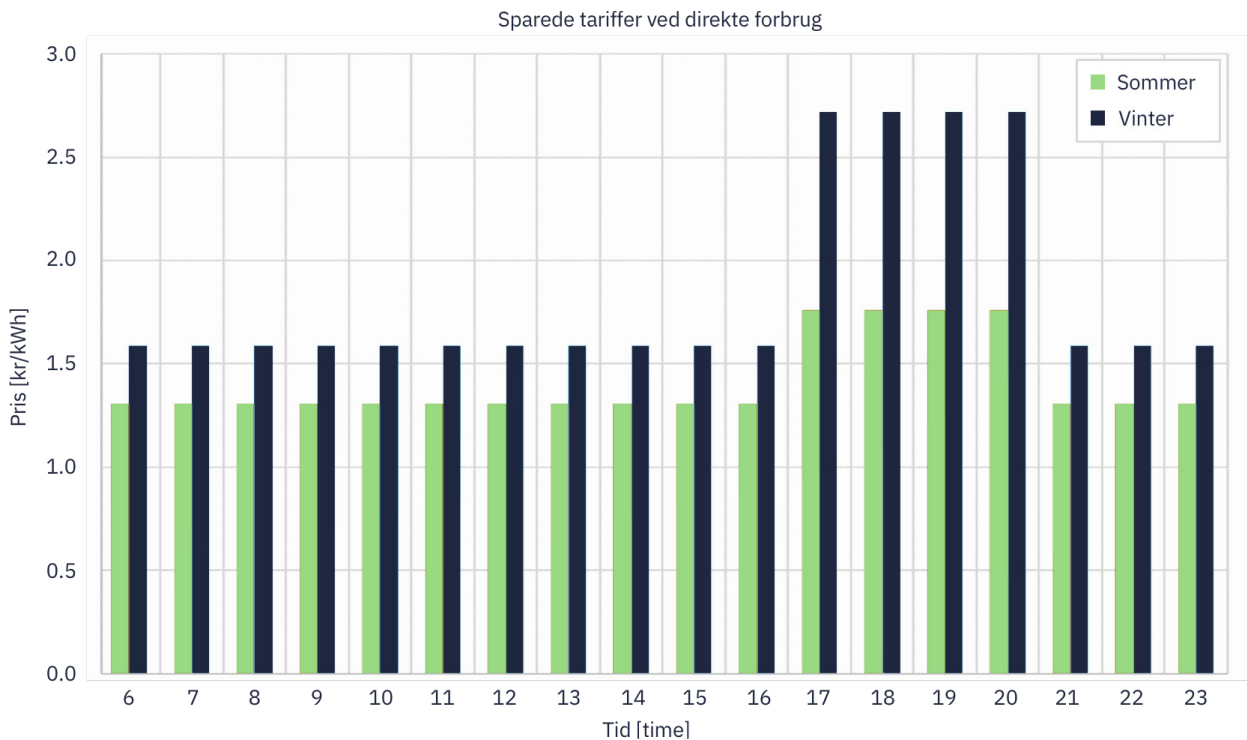
### Solcelleinverter (vekselretter)

Solcelleinverterens primære opgave er at konvertere solcellestrømmen, der er jævnstrøm (DC), om til vekselstrøm (AC), som vi har i elnettet. Sådanne hybridinvertere har desuden mulighed for at oplade et batteri fra solcellerne. De fleste invertere virker ikke, hvis der er strømsvigt, men nogle hybridinvertere har en nødstrømsfunktion til begrænset forbrug. Alle nyere invertere har indbygget kommunikation med internettet og dermed mulighed for overvågning.

### Salg af solcellestrøm

Man kan via en godkendt mellemhandler/produktions- eller leverandør sælge overskudsstrøm til nettet til spotpris (uden moms) minus en indfødningsstarif og evt. rådgivningsstarif for større anlæg. Derudover vil der typisk også være et handelsgebyr/abonnement, som skal betales. Gevinsten ved at sælge er derfor langt mindre end ved at bruge strømmen på stedet. Nedenfor er der som eksempel beregnet en direkte forskel på køb og salg i højlast- og spidslastperioden, som må være den periode, hvor der antages at være solcelleproduktion af betydning. Forskellen (gevinsten) er beregnet som sparet nettarif + indfødningsstarif + systemydelse. Spotprisen er altså ikke inkluderet i dette. Grafen skal læses som den direkte fortjeneste, der alene er ved at bruge solcellestrømmen direkte, fremfor at sælge og senere købe tilbage.

Som det kan ses ud fra grafen, er der som minimum altid 1,40 kr. at spare ved det direkte forbrug. Forskellen på købs- og salgspris medfører derfor stor motivation for at minimere salg og i stedet selv anvende denne strøm, så man undgår indkøb af el, der altid vil være dyrere. Da spotprisen varierer, og ofte vil være lav i perioder med meget sol og vind, gælder det i reglen om at minimere elsalget midt på dagen og minimere elforbruget i spidslastperioden, hvor den samlede elpris er højest. Dette kræver flytning/styring af elforbrug og/eller lagring af el. Der vil selvfølgelig være undtagelser, hvor der er gode salgspriser, men ovenstående viser det generelle billede.



Figur 4 - Fortjeneste ved at bruge egen solcellestrøm direkte fremfor at eksportere den.



# Hvilke batterisystemer findes der – og hvordan virker de?

Den mest almindelige type husstands batteri er Lithium-Jernfosfat; blybatterier bruges sjældent, da deres levetid er for kort i denne sammenhæng. Batterier af Li-Ion typen (Lithium-ion) vinder især frem i forbindelse med solcelleanlæg, hvor de kan tilsluttes en såkaldt hybridinverter, som oplader dem fra solcellerne. De findes også som selvstændige enheder, der kan kobles til elnettet via en tovejs AC/DC-konverter. Konverteren, der både fungerer som inverter og lader, er da bygget sammen med batterikabinettet. Endelig findes batterier i elbiler (typisk ret store), hvoraf nogle få typer kan oplades og aflades til og fra elnettet via en særlig ladeboks og på den måde fungere som mobilt energilager. Det vil sige, at man for eksempel kan lagre billig el om natten og bruge det i husholdningen i spidslasttimerne om morgenen. Læs mere om batterisystemer til elnettet på [teknologisk.dk](http://teknologisk.dk).

## Batteriinverter

Normalt når der omtales batterisystemer, omfatter det en selvstændig AC-DC-konverter, der transformerer fra elnettet til batteriet og omvendt.

## Standby-forbrug

Batteriinverteren har et standby-forbrug, når den er tændt, og der er derfor en nedre grænse for, hvor lidt der kan aflades og oplades, uden at det hele bliver ædt op af tab. Derudover er der selvfølgelig også en øvre effektgrænse. Den øvre grænse hænger sammen med prisen på batteriinverteren: Der er som regel ingen grund til at vælge en model, der kan oplade med mere effekt end solcelleanlægget kan producere.

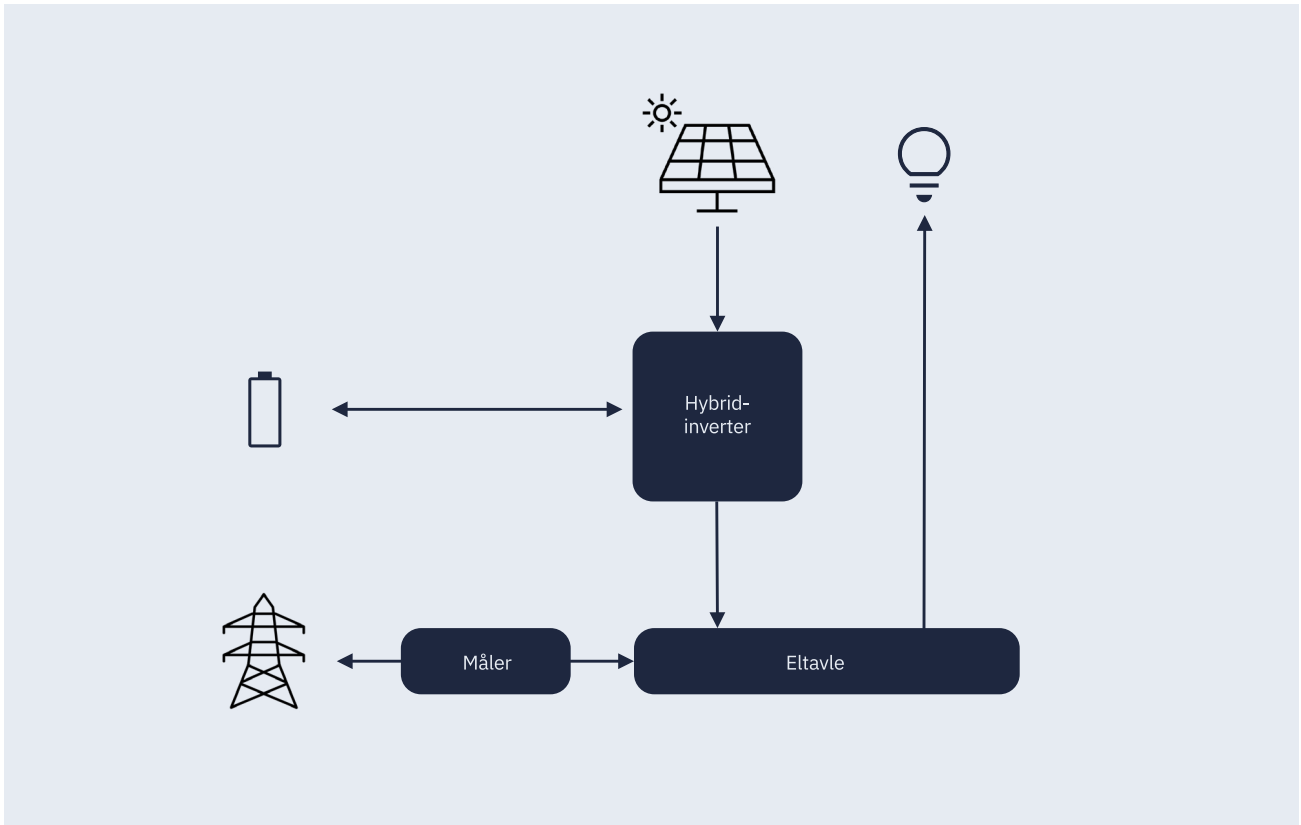
## Lade-virkningsgrad

En anden ting, som gør sig gældende for batteriinverteren, er lade/aflade-virkningsgraden. Denne varierer alt efter hvor stor belastning, der lades/oplades med. Virkningsgraden kan typisk variere mellem 70% og 95%.

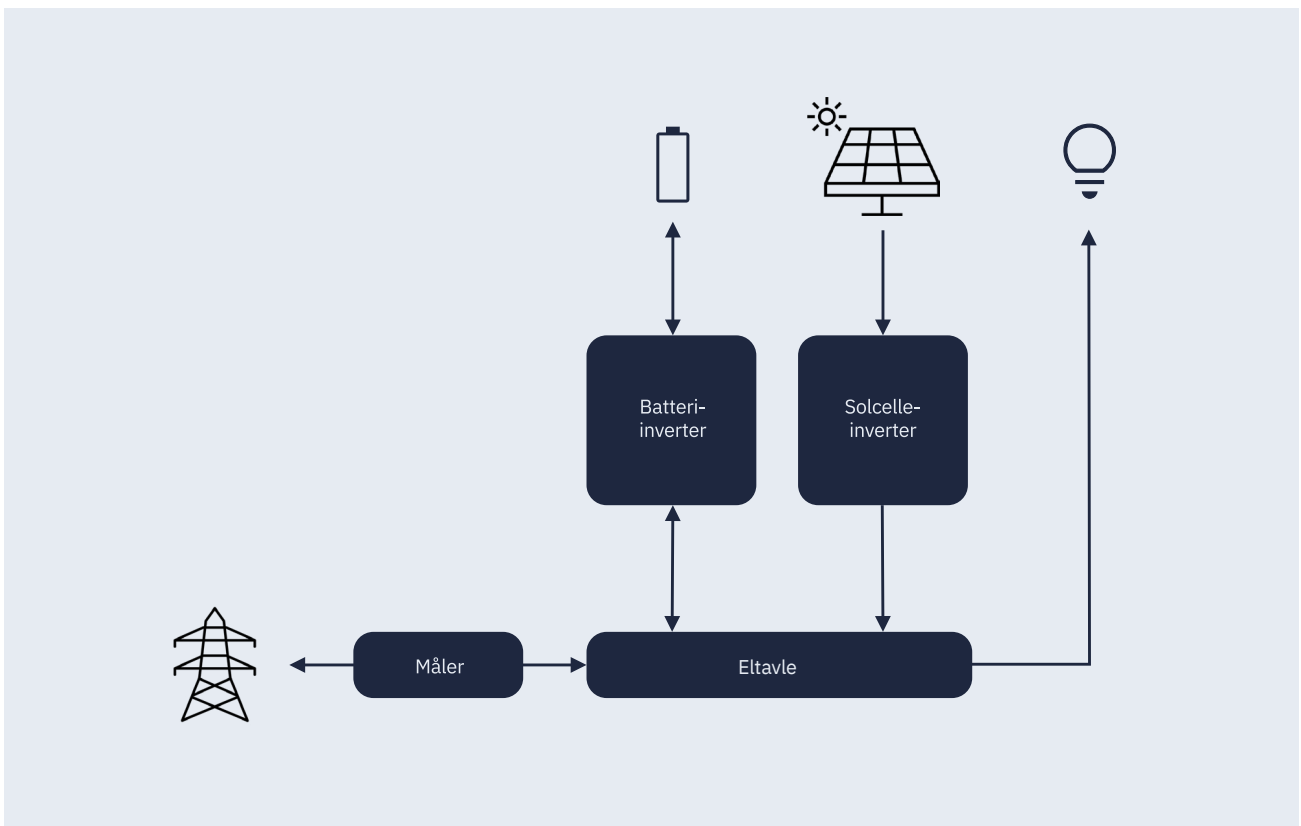
## Hybrid-inverter

Der findes solcelle-hybridinvertere, som yderligere kan lade DC på et batteri. Solcellestrømmen kan altså lades mere direkte på batteriet, og de er derfor gerne lidt mere effektive:





Figur 5 – Anlæg med hybridinverter (DC-batterilager)

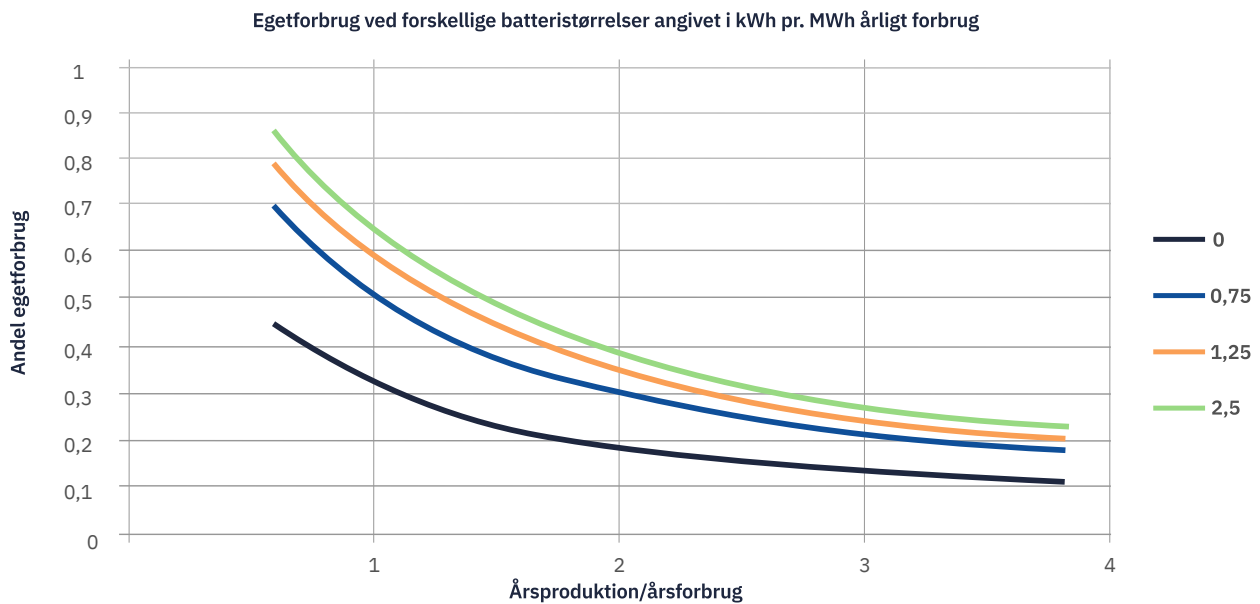


Figur 6 – Anlæg med batteriinverter (AC-batterilager)

### Batteri - hvor stort skal det være?

State of charge (SOC) betyder hvor mange procent af batteriets kapacitet, der er opladet. Selve batteriet har også tab – oftest meget små – ved op- og afladning. Li-Ion batterier har bedst af at arbejde indenfor et interval på 20-80% af deres nominelle kapacitet.

For husholdninger vil en fornuftig batteristørrelse svare til 1-2 timers fuld produktion fra solcelleanlægget. Der kan dog være situationer med særlige forbrugsmønstre, hvor større batterier kan overvejes.



Figur 7 – Egetforbrug ved varierende solcelleproduktion og batterikapacitet. Aflæs for eksempel ved forbrug 4000 kWh/år og 5 kWh batteri forholdet 5/4 = 1,25 kWh/MWh: Orange kurve. Eksempel med solcelleproduktion 4000 kWh giver 1:1 i forhold til forbruget, aflæs 1 på x-akse. Skæring = 0,62 = Egetforbrugt andel af solcelleproduktionen. Ved god placering kan man regne med en årsproduktion på 1000 kWh/kW anlægsstørrelse.

### Batteri - hvor stort skal det være?

Måden man inkluderer batteriet i huset til at dække forbruget, er afgørende for økonomien. De fleste batteristyringer måler på øjeblikbalancen i huset: Hvis der er et større forbrug end solcellerne producerer, vil batteriet forsøge at dække behovet, såfremt der er energi til rådighed på batteriet. Omvendt, hvis der er en højere produktion fra solcellerne, end hvad der forbruges, så vil batteriet gå i gang med at lade op. Dette er den simpleste måde at styre batteriet på uden at skulle have viden om forventet forbrug, elpris og vejrudsigt.

#### Yderligere information

Til sammenligning af batterier og invertere kan man for eksempel hente hjælp fra [denne australske hjemmeside](#), da de er langt fremme med batteribaserede installationer.

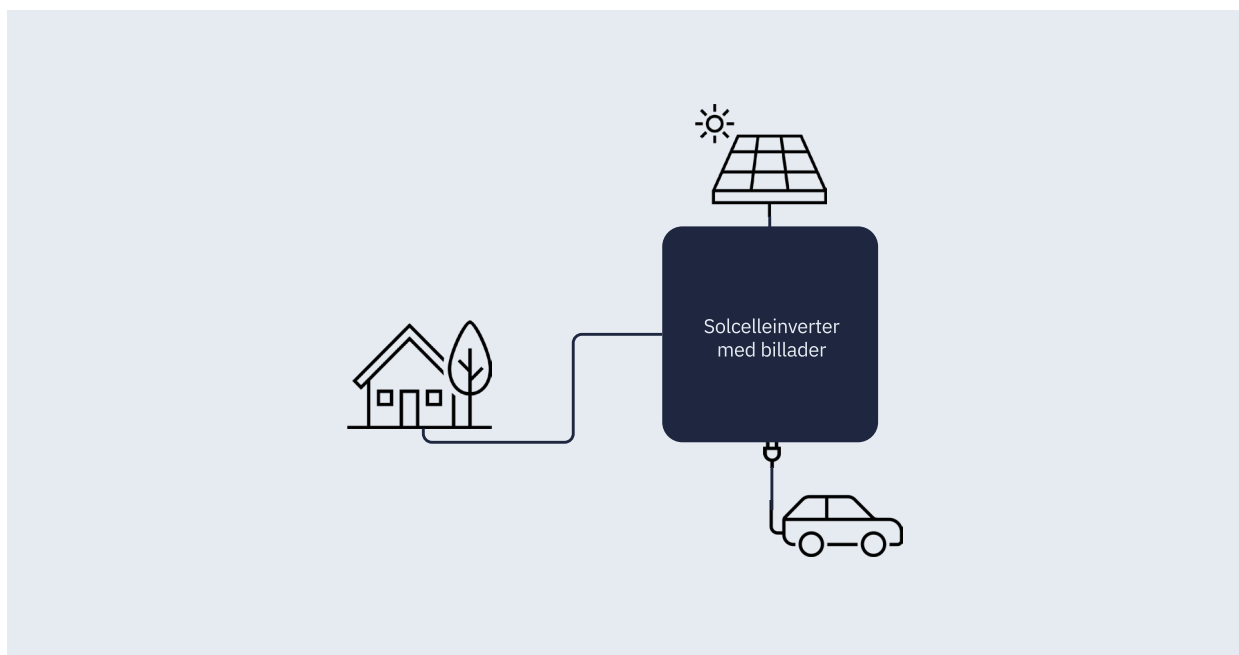
Batterianlæg kan også findes på [Green Power Danmarks positivliste \(PDF\)](#).

HTW Berlin publicerer [testresultater for batterier på det tyske marked \(PDF\)](#).



# Hvordan spiller ladebokse til elbiler sammen med solceller?

Ved at købe sin egen ladeboks er det muligt at lade elbilen direkte op fra egen installation og dermed udnytte solcellestøm til transportformål. Det skal helst ske direkte og ikke via et husstands batteri, da dette normalt er forholdsmæssigt mindre og hurtigt vil blive tømt.



Figur 8 – Solcelleinverter med indbygget lader til elbiler



Figur 9 – Eksempel på solcellekompatibel ladeboks (Zappi)

Ladeboksen bør om dagen kunne lade med en tilpas lav strømstyrke for at kunne udnytte solcelleanlæggets overproduktion og undgå at der skal suppleres med for meget el fra nettet – i praksis ned til 1,4kW (6A/230V). Om vinteren vil man med fordel kunne bruge billig nat-elektricitet til opladning efter et tidsskema. Ved natladning/billigstrømladning kan strømstyrken sættes noget op, da det typisk forøger ladevirkningsgraden, særligt når det er koldt.

Det er de færreste ladebokse på markedet, der kan justere ladestrømmen automatisk efter solcelleproduktion, men man kan eventuelt justere manuelt i nogle grove trin via bilens lade-opsætning.



# Varmeproduktion – de store forbrugere af el

De store forbrugere af el til varmeproduktion er varmepumpen eller brugsvandsbeholdere med evt. elpatron.

## Elvarmestyring

Normalt når der omtales batterisystemer, omfatter det en selvstændig AC-DC-konverter, der transformerer fra elnettet til batteriet og omvendt.

## Tidsprogram og cloud

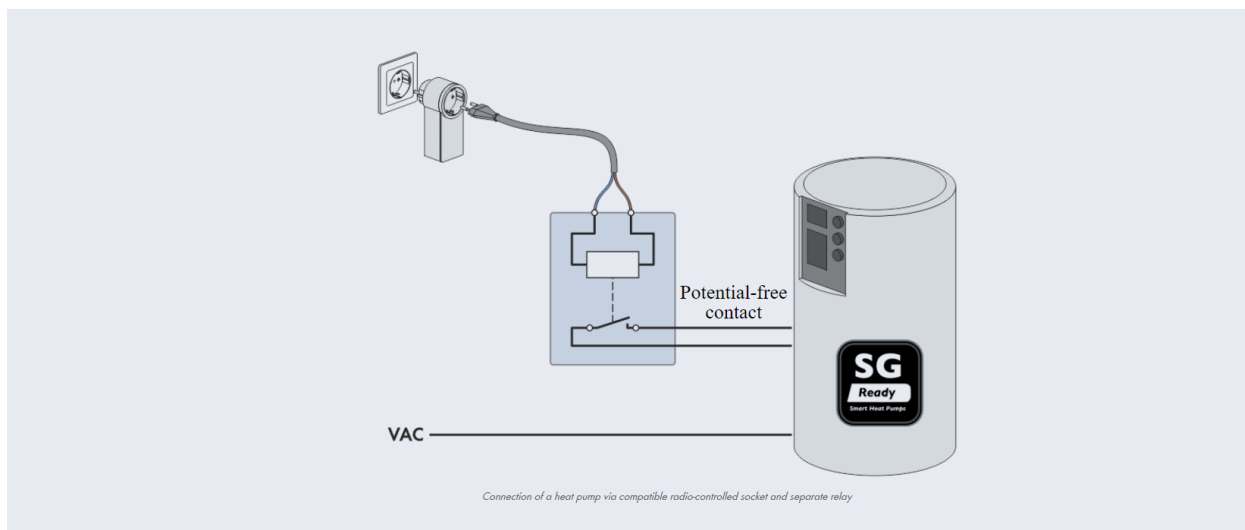
De fleste varmepumper har allerede i dag en mulighed for at tidsstyre dele af varmeproduktionen; enten ved at blokere driften i et specifikt tidsrum eller målrettet vælge, hvad der skal ske på dagsbasis hen over ugen, time for time. Mulighederne er forskellige fra producent til producent, og den specifikke enhed afgør, hvad der kan styres, og hvilken effekt det har. Derudover har flere af de nyeste varmepumper mulighed for opkobling til internettet og en cloud-løsning, hvor brugeren kan styre enheden ved hjælp af en app. Disse løsninger gør det også muligt at hente vejrudsigt og elpriser ind, så der kan laves en mere tilrettelagt varmeplan for produktionen af varme i de fordelagtige timer. Nogle producenter kræver betaling, for at slå disse funktioner til.

## SG Ready (Smart Grid interface)

Mange varmepumper kan styres indirekte via et såkaldt SG Ready interface, som typisk kan slukke for varmepumpen eller sætte driftstemperaturen op i forhold til normalt tilstand. Denne styring kræver et udvendigt relæ til at styre. Det kan for eksempel gøres via solcelleinverteren, der ofte har analoge udgange til styringsformål. En anden mulighed er at styre via en smart wi-fi-kontakt og potentialfrit relæ. Det kan ses i eksemplet herunder. Smarte kontakter bliver forklaret i afsnittet om intelligente løsninger i hjemmet.

## Termostater

En ting er at kunne styre varmekilden, men der er også gevinster ved at kunne gå skridtet videre og overstyre varmeafgiveren i huset. Det kan for eksempel være radiatorer eller gulvvarme. Der findes allerede i dag en række produkter (fx Danfoss Ally), der kan installeres og opsættes af slutbrugeren selv. De kan bruges til at arbejde sammen med varmeproduktionen og dermed sikre en mere effektiv varmeproduktion og hjælpe til med at udnytte fx gulvvarme som varmelager.

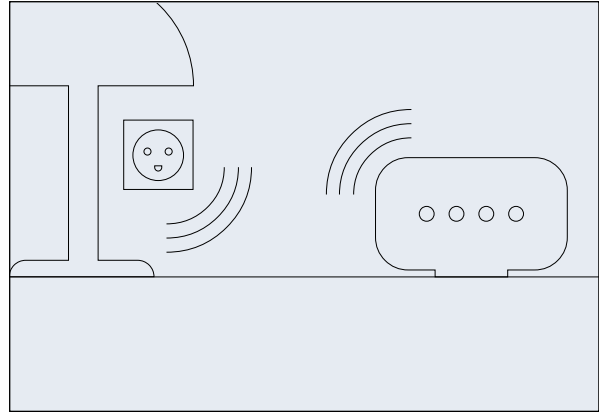


Figur 10 – Princip for styring af varmepumpe. Kilde: SMA

# Intelligente løsninger i hjemmet

## Styring af elforbrugende apparater

Der er kommet rigtig mange forskellige apparater på markedet de seneste år til intelligente løsninger i hjemmet. Fælles for mange af dem er, at de benytter de samme få kommunikationsprotokoller. Der findes både kablede og trådløse metoder: For de kablede forbindelser kan nævnes KNX, mens der er lidt flere trådløse, fx Zigbee, Z-wave og wi-fi. Fælles for de trådløse er, at de er skabt en fælles standard kaldet "Matter". Ambitionen er at de enkelte produkter kan kommunikere sammen lokalt uden at være afhængige af cloud-servere. Matter forventes at være en ny fællesvej til at nedbringe kommunikationsbarrieren mellem produkter fra forskellige producenter.



## Smarte kontakter

Enfasede elapparater, fx lamper, kan styres simpelt ved at indskyde en fjernstyret afbryder (kontakt) mellem vægudtag og apparatledning. Nogle har indbygget elmåler. De kan også bruges til at styre trefasede forbrug via en kontaktor (relæ). Der findes også typer til udendørs brug. Smarte kontakter kan selvfølgelig benyttes direkte til at tænde og slukke apparater, men kan også bruges til at generere et signal til en specifik overstyring af et produkt, som vist i figur 10 med eksemplet om SG Ready styring af varmepumpe. Her er det vigtigt, at der er en elektriker med ind over, så det bliver lavet korrekt.

## Smart meter

Næsten alle smart-home-systemer kræver en fortløbende måling af køb/salg til nettet. Normale målere giver ikke som udgangspunkt adgang til denne data. Man skal derfor enten montere et ekstra "smart meter" i serie med måleren eller købe et særligt datamodul, som findes til visse målere, fx HAN modul. Udbydere af denne type gs målere/ datamoduler er blandt andet:

- Watts
- Kamstrup
- SMA
- Fronius
- Xolta



Figur 11 – Smarte kontakter findes i mange fabrikater og har ofte indbygget elmåler

# Tre trin til at opbygge en overstyringsstrategi

Man kan opbygge en overstyringsstrategi med udgangspunkt i tre trin.

Kort sagt drejer det sig om at få afklaret hvilke enheder, der bruger meget strøm og på hvilke tidspunkter. For at få overblik over de konkrete muligheder i husstanden for at forbruge strømmen på de bedste tidspunkter kan følgende tjekliste benyttes for hver strømforbrugende enhed:

Ved overstyring forstås den samlede strategi og signalgivning til de genstande, der er koblet på husets elnet.

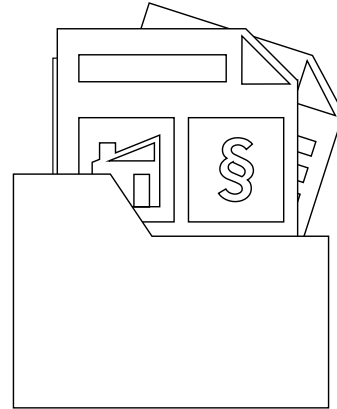


## TRIN A

Find først forbruget af enheden (både i Watt og kWh pr. dag) og hvornår den benyttes. Vurder om forbruget kan flyttes til andre timer med lavere elpris. Det kan også være en hjælp at den økonomiske gevinst anskueliggøres.

Typisk vil det være følgende fem apparater, der har det største potentiale: Varmepumpe (varme og varmt brugsvand), el-bil lader, opvaskemaskine, vaskemaskine og tørretumbler.

Husk også at det spiller en rolle at anvende de pågældende apparater hensigtsmæssigt: Fyldt (op)vaskemaskine, rigtig (op)vasketemperatur og -program, så den mest hensigtsmæssige drift opnås.



## TRIN B

Kortlæg hvilke styringsmuligheder enheden har. Det kan være

- mulighed for at udskyde brugen x antal timer eller specifikt vælge at tidsstyringen skal køre i nogle udvalgte statiske perioder.
- mulighed for at blive styret udefra med analoge signaler (evt. SG Ready).
- en smart-styring, som allerede er implementeret til en cloud-løsning, hvor der blot er behov for at tilslutte den husets internetforbindelse.

Som udgangspunkt er der flere frihedsgrader ved at vælge styring via en sådan intelligent platform, da der her er størst fleksibilitet. Det afhænger dog altid af det konkrete produkt, og hvor brugervenligt det er. Det er ikke altid plug-and-play og der er heller ikke garanti for, at denne opkobling i praksis er bedst. Alt efter enhedens konkrete forbrug og forbrugsmønster kan man også i nogle situationer nå ret langt blot ved at slå en tidsstyring til. Den økonomiske motivation for at overstyre og mere specifikt hvilken overstyring, der vælges, er en afvejning af, hvad det koster at realisere overstyringen kontra hvilken besparelse, der tilsvarende kan opnås.

## TRIN C

Det sidste trin omhandler kravene til den nye styring: Hvilke tilstande, der gør sig gældende for at enheden skal starte og hvilke rammer, der gør sig gældende, når den er startet. Startes enheden fx om formiddagen skal enheden være færdig inden kl. 17:00, eller startes den om aftenen, skal den være færdig inden kl. 05:00 næste morgen (inden spidslast).





# Det skal du overveje i din overstyringsstrategi

## Tidsstyring

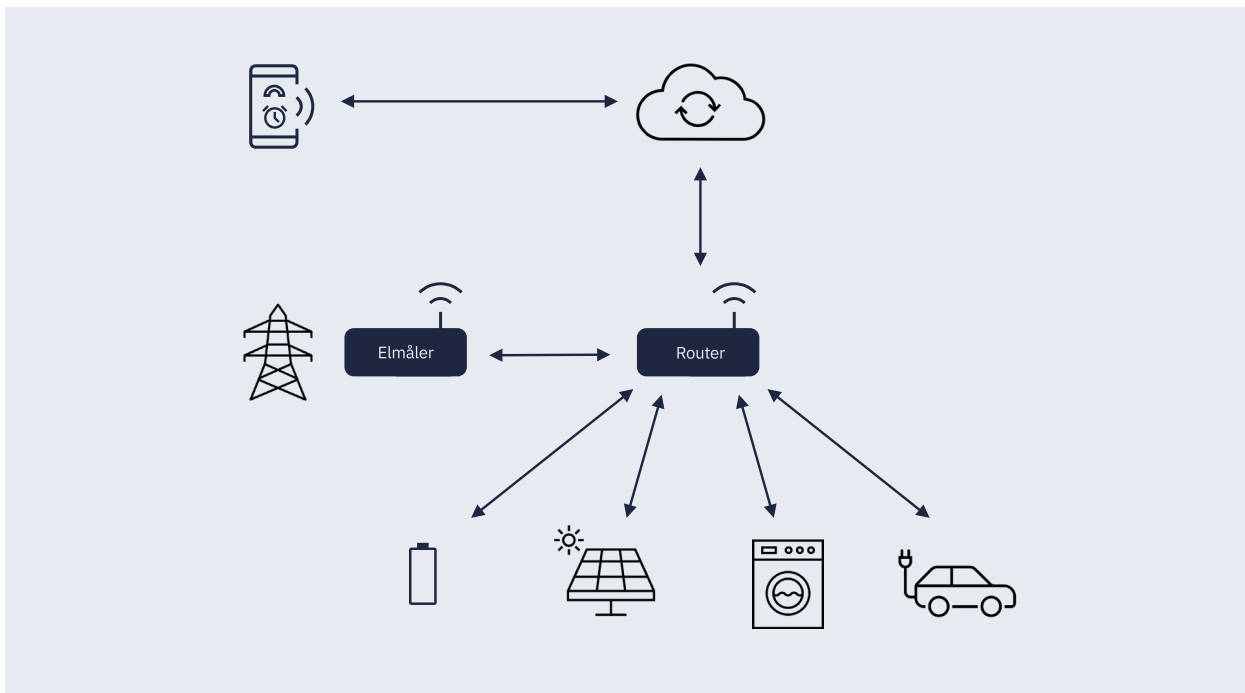
Vurder om den enkelte enhed som udgangspunkt skal benytte overskudsproduktion fra solcellerne eller billig strøm. Ved styring af flere forbrugende enheder, vil der ikke være nok solcellestøm til alle, og der opstår derfor behov for indbyrdes prioritering.

## Dynamisk styring

Dynamisk styring kan give den største besparelse, men det kræver et større stykke arbejde at få overstyret enhederne korrekt ud fra fx forbrug, vejrudsigt, prissignaler og tilstedeværelse.

## Standby-forbrug på enheder

Når en husholdning eller en bygning skal have implementeret intelligente løsninger og styring, kan det hurtigt løbe op i mange enheder – som controllere og gateways – hvis ikke der gøres en indsats for at minimere antallet. De har alle et standby-forbrug af strøm. Nogle producenter tager også en abonnementsbetaling for at låse op for de besparende tiltag. Vær derfor opmærksom på at både standby-forbrug og abonnement påvirker omkostningerne negativt.



Figur 12 – Eksempel på smart home opsætning. Elmåleren er vist med HAN modul, som via routeren sender signal til cloud(systemoperatør), og her beregnes energibalancen løbende vha. input fra forbrugs- og produktionsenheder. Brugeropsætning og styring foregår typisk via en app.

# Opsummering: Simple råd til konkrete løsninger

Der er ikke to husstande der er ens, men her er en samlet vurdering af muligheder afhængigt af installationer og energivaner. Det er simple råd, baseret på de gennemgåede tekniske muligheder:

- Elopvarmning/varmepumpe eller varmt vand: Overvej tidsstyring af varmeproduktion væk fra de dyreste timer. Varmtvandsbeholderens og husets træghed gør, at det næppe kan mærkes på komforten.
- Solcelleanlæg, som producerer mere end det årlige elbehov: Overvej batteri, som kan lagre nogle timers produktion, som så kan bruges i spidsbelastningsperioder. Batterier er dog stadig ret dyre, så man kan også overveje at få en elpatron i varmtvandsbeholder en til at udnytte overskudsproduktionen.
- Elbil og solceller: Overvej en intelligent ladestander, som kan reguleres efter overskydende solcellestrøm. Er der ikke nok solcellestrøm, så oplad bilen om natten i de billige timer.



# Sådan kan det se ud – cases og eksempler på beregninger

I tabellen vises forskellige cases, der anskueliggør forskellen på, om der er solceller (PV) og/eller batteri (BAT) til at producere strøm, og om der er store forbrug fra elbil (EB) og/eller varmepumpe (VP).

Cases		PV	PV + BAT	PV + BAT + EB	PV + BAT + EV + VP
Husholdning, elforbrug	<i>kWh el</i>	5.000			
Solcelleanlæg	<i>kWp</i>	5,67			
Batterikapacitet	<i>kWh el</i>	-	5		
Elbilforbrug	<i>kWh el</i>	-		3.000	
Varmtvandsforbrug	<i>kWh el</i>	-			1.019
Varmeforbrug	<i>kWh el</i>	-			2.987

Der ligger en række antagelser til grund for disse beregningseksempler. Beregningerne er derfor meget følsomme og kun vejledende. De mest følsomme størrelser er forbrug, forbrugsmønster og elprisen. Bemærk at ved varmepumpe er al el over 4000 kWh/år med reduceret elafgift, og derfor er den økonomiske besparelse størst i husholdninger uden elbaseret opvarmning.

I eksemplet er der benyttet følgende antagelser for driften uden overstyring:

- Referencehus med varierende timeforbrug af el, varme og varmt brugsvand.
- Profil for elbilsladning er konstrueret efter [disse beregninger](#) med opladning kl. 15:00 fast alle dage. Det antages, at bilen for det meste er væk i dagtimerne, men hjemme i weekender/ hjemmearbejdsdage. Det er altså et gennemsnitligt tidspunkt.
- Batteristyringen kører efter en simpel timebalance: Er der overskud lades der, er der underskud aflades der.



## Simpel overstyring

I denne beregning er der lagt tidsstyringer ind for batteri, elbil, varmepumpe (varmt brugsvand og varme). I eksemplerne er der benyttet følgende antagelser om styringsprioritering for brug af el; 1. Fra solceller, 2. Fra batteri og 3. Køb fra nettet, tidsstyret.

**Ved batteristyring** er der anvendt en logik, som sikrer, at der er strøm fra solcellerne på batteriet op til spidslastperioden til at dække de meget dyre timer med billigere solcellestøm – enten direkte eller fra batteriet. Timerne op til spidslastperioden benyttes til at oplade batteriet enten fra solcellerne eller fra nettet.

**Ved elbilstyring** forskydes opladningen af elbilen fra kl. 15:00 til fast kl. 2:00 om natten hvor strømmen typisk er billig.

**Ved varmtvandsbeholderstyring** flyttes hele varmtvandsproduktionen til at starte kl. 02:00 om natten, hvor strømmen typisk er billig.

Ved varmestyring slukkes for varmepumpen i spidslastperioden fra kl. 17:00 til kl. 21:00. Derved undgås den dyre periode.

Resultaterne af beregningen fremgår af tabellen:

Forbrug kWh/år		Besparelse per tiltag kr./år (eksempel)				
		TIDSSTYRING (uden PV og bat)	PV	PV+BAT	PV+BAT+ TIDSSTYRING	
5000	<i>Basis</i>	n.a.	4899	7465	7901	Bat.styring
8000	<i>Basis+EB</i>	1492	5013	7346	8594	EB styring
12006	<i>Basis+VP</i>	817	3454	4747	4977	Obs lav elafgift
15006	<i>Basis+VP+EB</i>	2309	3328	4485	4740	Obs lav elafgift

Resultaterne er baseret på et gennemsnit af el-spotpriser fra 2020, 2021, og 2022. Da der har været store udsving i priserne og generelt højere priser i 2021 og 2022, har det ikke været repræsentativt at benytte værdier herfra, og 2020-priser er omvendt for lave, hvorfor et gennemsnit er benyttet. Der er anvendt tariffer mm. fra 2023 med fuld afgift og reduceret afgift ved varmepumpe for det forbrug, der overstiger 4000 kWh/år.



### Indsigter om simpel overstyring

Konklusionen fra cases er, at der ikke er voldsomt meget at spare ved overstyring, når solcellerne og batteriet først har givet deres store besparelse – men da overstyring består af simple tiltag i form af tidsstyring, som formentlig kan udføres i en lang række komponenter og enheders selvstændige styring i dag, er det værd at tage med. Hvis der ikke er solceller og batteri, men kun tidsstyring, er der mest at hente hvis elbilopladning er i spil.

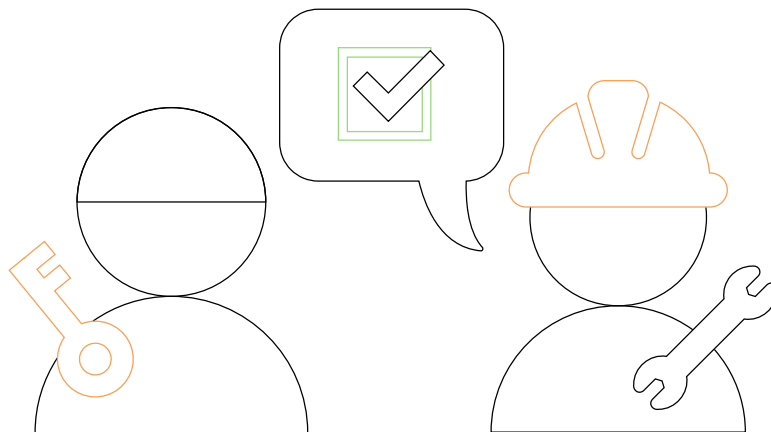
Batteristyringen, der gemmer strøm til spidslastperioden, er et økonomisk sikkert tiltag. Batteriet er den enhed, der først får glæde af optimeringsmulighederne og derved er potentialet ved de efterfølgende tidsstyringer ikke nær så store, som hvis man så isoleret på en tidsstyring uden solceller og batteri.

Det er mest økonomisk at lade batteriet med overkapacitet af solcellestrømmen først frem for at gemme batterikapacitet til billig natstrøm.

Det er dog fordelagtigt at flytte forbrug til natten hvis muligt – specielt hvis det er i perioder uden overskud af solenergi.

### Konklusion

- Konklusionen på beregningseksemplerne er, at det helt klart er solcellerne, som skaber den vigtigste økonomiske besparelse. Når der yderligere installeres batteri, opnås der en endnu større årlig besparelse.
- Der er besparelser selv ved basalt husholdningselforbrug, men solcelleanlægget skal ikke være for stort, hvis man vil undgå en lang tilbagebetalingstid. Dette skyldes, at direkte salg af solcelle-el ikke er særligt attraktivt ved mindre anlæg.
- Når elforbruget stiger, fx på grund af opladning af elbil, så stiger besparelsen. Dog kan den økonomiske besparelse falde, når der tilføjes en varmepumpe, idet en varmepumpe medfører lavere elafgift for alt forbrug over 4000 kWh.



# Ordliste

Inverter/vekselretter	<i>Omformer, der laver jævnstrøm om til vekselstrøm</i>
Konverter	<i>Generel betegnelse for omformer af elektricitet</i>
Hybridinverter	<i>Inverter, som både betjener solceller og batteri</i>
Ladeboks	<i>Strømutag specifikt til opladning af elbil</i>
AC-DC	<i>Eng.fork.: Vekselstrøm-Jævnstrøm</i>
Kontaktor	<i>Relæ til kraftige strømme</i>
Relæ	<i>Elektrisk aktiveret kontakt</i>
Enfaset/flerfaset	<i>Forsyning via en eller tre ledninger + returleder</i>
Wi-Fi	<i>Trådløst netværk</i>
Digital	<i>Måling/signal baseret på numeriske værdier (trin eller on/off)</i>
Analog	<i>Kontinuert, flydende måling/signal</i>
App	<i>Software/program applikation</i>
Smarthomesystem	<i>Generel betegnelse for system til styring af hjemmet</i>
HAN-modul	<i>Kommunikationsmodul til elmåler</i>
Smart meter	<i>Elmåler med indbygget kommunikation til styringsformål</i>
Skyen / Cloud	<i>Internet server hvor dataanalyse og beregning foregår</i>
SG-ready interface	<i>Elektriske tilslutninger for overstyring af et apparat</i>
Potentialfrit relæ	<i>Simpelt relæ som tænder eller slukker en strømkreds</i>
Kommunikationsprotokol	<i>Standard for, hvordan forskellige apparater snakker sammen</i>
“Logikken”	<i>Beskrivelse af aktion(er) ud fra målinger og beregninger</i>
Overstyring	<i>Tvangsmæssig styring af et apparat v.h.a. eksternt signal</i>
“Open source”	<i>Software, hvor man kan få adgang til kildekoden uden omkostninger</i>
Controller	<i>Elektronisk styreenhed, der styrer apparatet og bestemmer hvornår der fx skal tændes og slukkes.</i>
Gateway	<i>Elektronisk enhed, der konverterer digitale signaler til et fælles signal og ofte også har en controller indbygget</i>
Router	<i>Fælles knudepunkt for kommunikationen på det lokale netværk.</i>



## Om Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger samler og formidler viden om konkrete og praktiske muligheder for at reducere energiforbruget i bygninger.

Det sker ved, at Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger. Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.

Du er velkommen til at rette henvendelse om både overordnede emner og helt konkrete og praktiske spørgsmål:



For byggebranchen  
72 20 22 55



For private  
31 15 90 00



[www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)

[info@ByggeriOgEnergi.dk](mailto:info@ByggeriOgEnergi.dk)

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger